



Sociedad Mexicana de Recursos Forestales, A. C.



# Memoria de Extensos

## IX Congreso Mexicano de Recursos Forestales

23-26 de Noviembre del 2009, Oaxaca, Oax., México

SILVICULTURA COMUNITARIA: LEGADO CULTURAL Y TRABAJO EN ARMONÍA CON LA NATURALEZA



El Venado. Árbol del Tule, (Taxodium mucronatum, Ten) Santa María El Tule, Oaxaca, OC, 2009



**IX Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Silvicultura Comunitaria: Legado Cultural y Trabajo en Armonía con la Naturaleza.**

**ISBN: 978-607-7912-02-6**

**Recopiladores: Campos Ángeles Gisela Virginia, Velasco Velasco Vicente Arturo, Enríquez del Valle José Raymundo, Becerril Toral Adrián, Marini Zúñiga Francisco, Molina Luna Nancy Gabriela, Ruiz Luna Judith.**

**Editor: Dirección General de Educación Superior Tecnológica de la Secretaría de Educación Pública**

**Fecha de edición: Noviembre del 2009**

ISBN: 978-607-7912-02-6



9 786077 912026

# **SOCIEDAD MEXICANA DE RECURSOS FORESTALES A. C.**

## **Presidenta**

Dra. Patricia Hernández de la Rosa  
Colegio de Postgraduados

## **Vicepresidente**

Dr. Juan Manuel Chacón Sotelo  
Universidad Autónoma de Chihuahua

## **Secretario**

Dr. Raymundo Villavicencio García  
Universidad de Guadalajara

## **Tesorera**

Dra. Gisela V. Campos Ángeles  
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

## **Vocales**

Dr. Héctor M. de los Santos P.  
Colegio de Postgraduados

M. C. Antonio Mora Santacruz  
Universidad de Guadalajara

Dr. Concepción Luján Álvarez  
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Leonardo Sánchez Rojas  
Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Miguel A. Capó Arteaga  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

## **COMITÉ ORGANIZADOR**

Dra. Patricia Hernández de la Rosa  
**Presidenta de la SOMEREF**

Ing. Tito Santibáñez Miguel  
**Director del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca**

Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles  
**Presidenta del Comité Organizador**

C. P. Gisela Santiago Martínez  
**Administración de Finanzas**

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle  
**Comité Científico**

Dr. Vicente Arturo Velasco Velasco  
**Consejo Editorial**

Dr. Salvador Lozano Trejo  
**Coordinación de Simposios**

Ing. Adrián Becerril Toral  
**Apoyo Logístico**

M. C. Rosendo A, Velásquez Cabrera  
Lic. Eréndira García Revilla  
**Promoción y Vinculación**

## **COMITÉ CIENTÍFICO**

Dr. Gregorio Ángeles Pérez

Dr. Héctor Benavides Meza

Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles

Dr. Ernesto Castañeda Hidalgo

Dr. José Raymundo Enríquez del Valle

Dr. Martín Gómez Cárdenas

Dr. Jesús Jasso Mata

Dr. Javier López Upton

Dr. Salvador Lozano Trejo

M. C. Francisco Marini Zúñiga

M. C. Luis Anthony Tello Leysbeth

Dr. Vicente Arturo Velasco Velasco

Dr. Yuri Villegas Aparicio

## **INSTITUCIONES PARTICIPANTES**

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL-OAXACA

COLEGIO DE POSGRADUADOS

COMISIÓN FORESTAL PARA AMÉRICA DEL NORTE

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA, BOLIVIA

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD ALTAMIRANO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD VICTORIA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE EL SALTO, DGO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ZONGOLICA

PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

UNIVERSIDAD DE GUANTANAMO

UNIVERSIDAD DE LA SIERRA JUÁREZ

UNIVERSIDAD DEL MAR

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

## IX CONGRESO MEXICANO DE RECURSOS FORESTALES

### PRESENTACIÓN

El Congreso Mexicano de Recursos Forestales se ha realizado en ocho ocasiones, por las cuales se ha consolidado como el evento académico por excelencia del ámbito forestal mexicano. Poco a poco, se han incorporado más instituciones que acuden con el espíritu de propiciar el intercambio de experiencias y la cooperación científica. Por otra parte, se ha convertido en la oportunidad para que los estudiantes de niveles técnico, licenciatura y posgrado, conozcan a las personalidades académicas, quienes presentarán información actualizada del sector forestal, sus experiencias y en algunas ocasiones incluso establecer comunicación con ellos, para desarrollar trabajos, bajo su asesoría.

La diversidad de actividades que se involucran en el aprovechamiento del bosque, requiere que diversas áreas de especialización participen de manera complementaria para generar modelos de desarrollo forestal sustentable, del que se obtengan los bienes y servicios que requiere la sociedad.

El Concepto de Silvicultura Comunitaria se ha desarrollado con la participación de las comunidades que son dueñas de los recursos forestales, y que han adquirido conciencia del manejo sustentable de sus bosques. Oaxaca es un claro ejemplo de este tipo de trabajo, que encuentra su base en el tequio indígena, que consiste en aportar trabajo en beneficio de la comunidad, lo que la fortalece y al individuo le da sentido de pertenencia, y de identidad con su tierra, y otros elementos de la cultura de sus pueblos. Vista de esta manera, la silvicultura comunitaria, no sólo es compartir los beneficios del trabajo común, va más allá, al convertirse en una filosofía de respeto a la naturaleza y que es guía de sus acciones.

En esta ocasión, el evento está planteado para desarrollarse en cuatro días, incluyendo un día de recorrido de campo en la comunidad de Ixtlán de Juárez, que es una zona eminentemente forestal y con experiencia en silvicultura comunitaria.

Para el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, ha sido un gran honor ser aceptado como sede del IX Congreso Mexicano de Recursos Forestales. El Comité organizador local, en conjunto con la Mesa directiva de la SOMEREFEO y las instituciones colaboradoras, nos hemos esforzado porque en estos cuatro días de trabajo, disfruten, además, de una pequeña muestra de cultura que hemos preparado para ustedes y nos den la oportunidad de brindarles la hospitalidad y la magia del pueblo oaxaqueño.

Bienvenidos a Oaxaca

Dra. Gisela Virginia Campos Ángeles. Presidenta del Comité Organizador Local.

## CONTENIDO

Página

### **CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL MATORRAL SUBMONTANO DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

Canizales Velázquez Pamela Anabel, Alanís Rodríguez Eduardo, Aranda Ramos Rafael, Mata Balderas José Manuel, Uvalle Saucedá José Isidro, Jiménez Pérez Javier y Alanís-Flores Glafiro

1

### **CRECIMIENTO INICIAL DE PLANTACIONES DE PINOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁRBOLES DE NAVIDAD EN OAXACA**

Merecías-Cruz T., Cruz-Cruz, E. Leyva-López J. C. y Hernández-Sánchez L.

15

### **DESARROLLO DE UNA UNIDAD DE SERVICIOS EN EL ÁREA DE TURISMO DE NATURALEZA, COMO MODELO DE UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO DE LOS MUNICIPIOS DEL SUR DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, MÉXICO**

Platas Quiroga, C.A., Villalón Mendoza H., Moreno Degollado G., Garza Ocañas F. y González Saldivar, F. N.

26

### **DESCRIPCIÓN Y COMPARACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE *Prosopis laevigata***

Carrillo-Parra Artemio, František Hapla, Mayer Ingo, Koch Gerald y Villalón Horacio

38

### **EFFECTO DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA EN LA DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE GALERÍA EN EL NORESTE DE MÉXICO**

Canizales Velázquez Pamela Anabel, Alanís Flores Glafiro, Jiménez Pérez Javier, Alanís Rodríguez Eduardo, Aranda Ramos Rafael, Mata Balderas Manuel y Uvalle Saucedá José

50

### **ESTIMACIÓN DEL DIÁMETRO, ALTURA Y VOLUMEN A PARTIR DEL TOCÓN PARA PINÁCEAS EN DURANGO, MÉXICO**

Quiñónez Barraza Gerónimo, Cruz Cobos Francisco, Vargas Larreta Benedicto y Javier Hernández Francisco

66

### **ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Dioon holmgrenii* DE LUCA, SABATO & VÁZQ. TORRES EN LA SIERRA SUR, OAXACA**

Díaz Escamilla Pedro, Velasco García Mario Valerio y Sánchez de la Vega Guillermo

84

### **ESTUDIO DE PROCEDENCIAS DE CHILE SILVESTRE "PIQUÍN" (*Capsicum annuum L. var. aviculare*) DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN.**

Villalón Mendoza Horacio, Soto Ramos Juan Manuel, Ramírez Meráz Moisés, Medina Martínez Teodoro, Carrillo Parra Artemio, Garza Ocañas Fortunato y Martínez Muñoz Alfonso

103

### **EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE ACEITES ESENCIALES OBTENIDOS POR ARRASTRE DE VAPOR DE ACICULAS DE PINOS, PROBADOS EN *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* y *Candida albicans***

Toledo González Sandra Luz, Amaya Gutiérrez Maritza Nataly, Casas Solís Josefina, Domínguez Arias Rosa María, Sánchez Caldera Humberto Alejandro, Chávez Anaya José María, Villavicencio García Raymundo, Santiago Pérez Ana Luisa y Godínez Herrera José de Jesús

111

### **FORMATION OF CHROMOPHORIC GROUPS IN EUROPEAN OAKWOOD DURING VACUUM DRYINGSANDOVAL-**

Torres Sadoth

122



**INFLUENCIA DE CONTENEDORES BIODEGRADABLES DE FIBRA DE COCO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE PLANTAS DE *Tabebuia rosea* (Bertol) DC y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb**

Muñoz Flores H. Jesús, García Magaña J. Jesús, Coria Avalos Víctor Manuel, Nájera Rincón Miguel Bernardo y Jiménez Rodríguez Eleazar

139

***Juniperus spp.* EN BOSQUES PRODUCTORES DE HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES**

Nieto de Pascual Pola Cecilia, Zamora Martínez Marisela C. y Velasco Bautista Efraín

162

**RESPUESTAS DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DE PINOS EN SIMBIOSIS MÚLTIPLE CON HONGOS ECTOMICORRIZÓGENOS**

Garza Ocañas Fortunato, García Jiménez Jesús, Quiñónez Martínez Miroslava, Villalón Mendoza Horacio, Carrillo Puente Artemio, Martínez Muñoz Alfonso y Guevara Guerrero Gonzalo

177

## CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL MATORRAL SUBMONTANO DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Canizales Velázquez Pamela Anabel<sup>1</sup>, Alanís Rodríguez Eduardo<sup>1</sup>, Aranda Ramos Rafael<sup>2</sup>, Mata Balderas José Manuel<sup>2</sup>, Uvalle Saucedo José Isidro<sup>1</sup>, Jiménez Pérez Javier<sup>1</sup>, Glafiro Alanís-Flores<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León Correo-e: [pamcanizales@hotmail.com](mailto:pamcanizales@hotmail.com). <sup>2</sup> Sistemas de Innovación y Desarrollo Ambiental, S. C.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León

### RESUMEN

Las investigaciones concernientes al matorral submontano son escasas y se desconoce la riqueza y diversidad de sus recursos naturales. El estudio se desarrolló en siete zonas de la Sierra Madre Oriental (SMO) con historial de extracción selectiva de especies leñosas, con el objetivo de realizar la caracterización vertical y horizontal del matorral submontano, así como determinar la diversidad  $\alpha$ . Para el análisis se establecieron 73 sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup> con un sobre un gradiente altitudinal de 600 a 800 m, en los cuales se evaluaron todas las especies leñosas recabando información dasométrica como altura (h), diámetro ( $d_{0.10m}$ ) y cobertura de copa (N-S, E-O). Se determinaron los parámetros ecológicos de abundancia ( $A_r$ ), dominancia ( $D_r$ ), frecuencia ( $F_r$ ) e índice de valor de importancia (IVI), así como la estimación de los índices de Shannon ( $H'$ ) y Margalef ( $D_a$ ). Se registraron 23 familias, distribuidas en 52 especies y 42 géneros; la familia más representada fue Fabaceae con 15 especies. El ecosistema se conforma principalmente por las especies *Acacia rigidula*, *Bernardia myricaefolia* y *Acacia berlandieri*. Presenta un índice de diversidad de  $H'=3,0$ , lo cual indica que es un ecosistema muy diverso en relación a otros tipos de ecosistemas del noreste de México.

**Palabras clave:** *Acacia berlandieri*, *Acacia rigidula*, *Bernardia myricaefolia*, Fabaceae, noreste de México.

## ABSTRACT

Investigations about the submontane scrub ecosystem are insufficient and the richness and diversity of its natural resources are still poorly known. This study was conducted in seven areas of the Sierra Madre Oriental (SMO) with a history of selective removal of woody species, in order to assess the characterization of the vertical and horizontal submontane scrub ecosystem, and determine diversity  $\alpha$ . Sampling was carried out in 73 sites of 100 m<sup>2</sup> in an altitudinal range of 600-800 m, in which all woody species were assessed by obtaining dasometric information height (h), diameter ( $d_{0.10m}$ ) and cover (NS, EO). The ecological parameters of abundance ( $A_r$ ), dominance ( $D_r$ ), frequency ( $F_r$ ), importance value index (IVI) were determined, as well as, the Shannon ( $H'$ ) and Margalef ( $D_a$ ) indices. A total 23 families distributed in 52 species and 42 genera were found, Fabaceae being represented with 15 species. The most representative species were *Acacia rigidula*, *Acacia berlandieri* and *Bernardia myricaefolia*. A diversity index  $H'= 3,0$ , indicates that is submontane scrub is very diverse in relation to other types of ecosystems of northeastern Mexico.

**Key words:** *Acacia berlandieri*, *Acacia rigidula*, *Bernardia myricaefolia*, Fabaceae, northeastern Mexico.

## INTRODUCCIÓN

México es uno de los cinco países que posee mayor diversidad biológica en el mundo (Mittermeier *et al.*, 1997; SEMARNAT, 2006). Las regiones áridas y semiáridas de México son altamente diversas desde el punto de vista fisonómico (Rzedowski, 2006). El matorral submontano (Alanís *et al.*, 1996) considerando como una variante del matorral xerófilo (Rzedowski, 2006) es una formación arbustiva y subarbórea rica en sus formas de vida, característica de estas regiones (Alanís *et al.*, 1996).

El matorral es el ecosistema más abundante e históricamente más utilizado en las zonas áridas y semiáridas de México (García y Jurado, 2008). A lo largo de la historia se ha visto afectado por actividades antropogénicas, como extracción de especies vegetales para diferentes usos (seto, combustible, textil, medicinal y alimenticio) (Estrada y Marroquín, 1988a; Estrada *et al.*, 2004; Rzedowski, 2006; García y Jurado, 2008) de la misma manera ha sufrido de continua deforestación para establecer zonas de uso agrícola, industrial y urbano (Alanís *et al.*, 2008; Arriaga, 2009). Por otra parte, el uso ganadero es la práctica más frecuente, siendo el efecto más notable del pastoreo, la substitución paulatina de las plantas nativas (Rzedowski, 2006; García y Jurado, 2008). Tan sólo en los años de 1993 al 2002 el matorral sufrió una pérdida de 953 mil ha por cambio de uso de suelo, siendo el segundo ecosistema más afectado en México después de las selvas (SEMARNAT, 2006), y actualmente se ha observado un incremento en el cambio de uso suelo para el establecimiento de zonas urbanas.

Sin embargo los matorrales juegan un papel muy importante al ser uno de los principales tipos de vegetación del país, ya que cubre alrededor del 28,55% de la superficie del territorio mexicano (Palacio *et al.*, 2000). Por su parte el matorral submontano se encuentra en el noreste de México distribuido a lo largo de la Sierra Madre Oriental (SMO), desde Nuevo León hasta Hidalgo (Rzedowski, 2006), ocupando aproximadamente 11% de la superficie del estado de Nuevo León (Palacio *et al.*, 2000) albergando gran diversidad de organismos; algunas especies que lo conforman fungen como agentes en el control de la erosión (Estrada y Marroquín, 1988a; Estrada y Marroquín, 1988b; Foroughbakhch *et al.*, 2003) y efectúa una función primordial como área de transición entre las zonas de matorral desértico en las partes bajas y los bosques de encino-pino existentes en los taludes superiores de la SMO (Alanís *et al.*, 1995; Alanís *et al.*, 1996). Para el estado de

Nuevo León existen listados florísticos de matorral submontano realizados por diversos autores (INEGI, 1986; Alanís *et al.*, 1995; Alanís *et al.*, 1996; Estrada *et al.*, 2004) pero todavía existe poca información en relación a la caracterización estructural de dicho ecosistema (García y Jurado, 2008), por lo cual es necesario generar más información, así como sobre su diversidad y riqueza de especies (Arriaga, 2009). Los objetivos planteados en la presente investigación fueron los siguientes: 1) estimar la diversidad  $\alpha$  del matorral submontano en la SMO dentro del estado de Nuevo León, 2) evaluar la estructura vertical y 3) estimar los parámetros ecológicos de abundancia ( $A_i$ ), dominancia ( $D_i$ ), frecuencia ( $F_i$ ) e índice de valor de importancia (IVI).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca hidrológica Río Bravo-San Juan, posee elevaciones de 600-1400 m, el clima predominante es el semicálido, semiárido con una temperatura media anual mayor a 18°C (BS1hw). En su mayoría los suelos son tipo rendiza y litosol, y en menor proporción se encuentran castañozem lúvico y feozem calcárico (INEGI, 1986).

La comunidad vegetal representativa es el matorral submontano conformado principalmente por las especies *Helietta parvifolia*, *Cordia boissieri*, *Havardia pallens* y *Acacia rigidula* (Alanís *et al.*, 1996; García y Jurado, 2008).

El muestreo consistió en el establecimiento de 73 sitios de 100 m<sup>2</sup> cada uno; con la finalidad de obtener mayor representatividad del área se distribuyeron en siete zonas de la SMO donde no se tiene registro de actividades agrícolas o pecuarias, sólo la extracción selectiva de sus componentes leñosos. Los sitios de muestreo se localizan en los municipios de Monterrey, San Pedro Garza García, Guadalupe y General Escobedo, a una altitud de 600 a 800 m (Fig. 1).

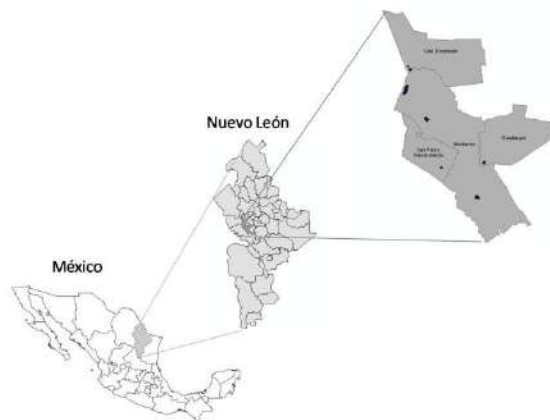


Figura 1. Localización del área de estudio.

Se incluyeron todas las especies leñosas  $\geq 1\text{cm}$  de diámetro ( $d_{0.10\text{m}}$ ), las especies herbáceas se descartaron dado que la época de muestreo no era adecuada para monitorear este grupo. Se obtuvo información dasométrica como: altura ( $h$ ), diámetro ( $d_{0.10\text{m}}$ ) y cobertura de copa (Norte-Sur, Este-Oeste). Mediante el análisis de la información se derivaron parámetros estructurales de la vegetación como: abundancia relativa ( $A_i$ ), frecuencia relativa ( $F_i$ ), área basal ( $G$ ), dominancia relativa ( $D_i$ ) e índice de valor de importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1950; Mueller y Ellenberg, 1974; Magurran, 2004), los cuales se estimaron mediante las siguientes ecuaciones matemáticas:

La abundancia relativa se obtuvo mediante la fórmula (1).

$$A_i = \frac{n}{N} * 100 \quad (1)$$

Donde  $A_i$  es la abundancia relativa de la especie  $i$  con respecto a la abundancia total,  $n$  es el número de individuos de la especie  $i$  y  $N$  el número total de individuos.

La dominancia relativa se obtuvo mediante la ecuación (2).

$$D_i = \frac{g}{G} * 100 \quad (2)$$

$$G = \sum_{i=1}^N g_i \quad (3)$$

Donde  $D_i$  es la dominancia relativa de la especie  $i$  respecto a la dominancia total,  $g$  es el área basal de la especie  $i$ , siendo  $G$  el área basal total, ecuación (3).

La frecuencia relativa se obtuvo mediante la fórmula (4).

$$F_i = \frac{m}{M} * 100 \quad (4)$$

Donde  $F_i$  es la frecuencia relativa de la especie  $i$  con respecto a la frecuencia total,  $m$  la frecuencia de la especies  $i$  en los sitios de muestreo y  $M$  el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia se obtuvo para cada especie, mediante la ecuación (5).

$$I.V.I. = A_i + D_i + F_i \quad (5)$$

Donde  $A_i$  es la abundancia relativa,  $D_i$  es la dominancia relativa y  $F_i$  la frecuencia relativa.

Para estimar la diversidad  $\alpha$  se utilizó el índice de Shannon (Shannon, 1948) y el índice de Margalef (Clifford y Stephenson, 1975). El índice de Shannon se estimó mediante la ecuación (6).

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i * \ln(p_i) \quad (6)$$

Donde  $S$  es el número de especies presentes,  $\ln$  es logaritmo natural y  $p_i$  es la proporción de las especies.

$p_i = n_i/N$ ; donde  $n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$  y  $N$  es el número total de individuos.

El índice de diversidad de Margalef se estimó con la ecuación (7).

$$D_a = \frac{(s-1)}{\text{Log}N} \quad (7)$$

De acuerdo a Pretzsch (1996) se interpretó la distribución de las especies en tres diferentes zonas de altura: zona I: 80%-100% de la altura máxima de la población, zona II: 50%-80%, zona III: 0-50%. Posteriormente se calculó el índice de distribución vertical de especies ( $A$ ), el cual cuantifica la diversidad de especies y su ocupación en el espacio

vertical en la población (Estrada *et al.*, 2005). El índice de distribución vertical se calculó de acuerdo a la fórmula (8).

$$A = -\sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} \cdot \ln(p_{ij}) \quad (8)$$

$$p_{ij} = n_{ij} / N \quad (9)$$

Donde S es el número de especies presentes; Z el número de zonas de altura y  $p_{ij}$  (9) la proporción de especies en cada zona de altura,  $n_{ij}$  es el número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j) y N el número total de individuos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros ecológicos

Se registraron un total de 23 familias distribuidas en 52 especies y 42 géneros, la familia Fabaceae fue la mejor representada con 15 especies, cantidad menor a la registrada por Estrada y colaboradores (2004) para la región centro de Nuevo León y cantidad menor para la región norte del estado de Nuevo León por Estrada *et al.* (2005), pero mayor para la registrada por García y Jurado (2008) en el matorral submontano con condiciones prístinas en Linares. Los elementos registrados son típicos de matorral submontano particularmente en el estado de Nuevo León (Alanís *et al.*, 1996; Estrada *et al.*, 2004; García y Jurado, 2008). Las especies más abundantes son *Acacia rigidula* (713 n/ha), *Acacia berlandieri* (320 n/ha), típicas del matorral submontano (Rojas, 1965; Alanís *et al.*, 1996; Estrada *et al.*, 2005; García y Jurado, 2008) y *Bernardia myricaefolia* (441 n/ha), la cual no destaca como especie predominante de este ecosistema para el estado de Nuevo León (Rojas, 1965; Alanís *et al.*, 1996; Estrada *et al.*, 2005; Rzedowski, 2006; García y Jurado, 2008), a diferencia de lo reportado por García y Jurado (2008) para el matorral submontano en condiciones prístinas donde *Helietta parvifolia*, *Randia rhagocarpa* y *Acacia rigidula* son las más abundantes.

Sas especies dominantes son *Cordia boissieri* ( $D_i=15,52\%$ ) lo cual concuerda con lo mencionado por Rzedowski (2006); así mismo se reportan a *Acacia rigidula* ( $D_i=10,42\%$ ) y



*Zanthoxylum fagara* ( $D_i=8,17\%$ ) como dominantes, a diferencia por lo encontrado por García y Jurado (2008) que señalan a *Helietta parvifolia*, *Gochnatia hypoleuca* y *Acacia greggii* como dominantes. Así mismo Alanís (1995), Treviño (1997) y Rzedowski (2006) refieren a *Helietta parvifolia* como una de las especies dominantes del matorral submontano del noreste del país, sin embargo, en el presente estudio presentó dominancia baja (0,06 %). La disminución de las poblaciones de *Helietta parvifolia* puede deberse principalmente a la importancia forestal de ésta, ya que a través de los años ha sido extraída para su utilización en la elaboración de viviendas, cercas y corrales, debido a la alta durabilidad y resistencia de la madera, además de ser utilizada también como planta forrajera (Foroughbakhch *et al.*, 2003), motivos por los cuales se ha visto reducida a un pequeño número de individuos aislados; caso contrario a lo mencionado por García y Jurado (2008) debido que su estudio fue realizado en matorral submontano en condiciones prístinas, por lo cual *Helietta parvifolia* se presentó como la especie más abundante, más predominante y de mayor valor ecológico. Para el presente estudio las especies con mayor índice de valor de importancia son *Acacia rigidula* (IVI=35,13%) (similar a lo reportado por Alanís *et al.*, 1995; García y Jurado, 2008), *Cordia boissieri* (IVI=30,45%) (Alanís *et al.*, 1995; Rzedowski, 2006) y *Zanthoxylum fagara* (IVI=21,59%) (Cuadro 1).

## IX CONGRESO MEXICANO DE RECURSOS FORESTALES

23 al 26 de Noviembre del 2009, Oaxaca, Oax., México

Cuadro 1. Parámetros ecológicos del matorral submontano en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León.

Nombre científico	Abundancia (N/ha)		Dominancia (m <sup>2</sup> /ha)		Frecuencia	IVI
	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Rel.	
<i>Acacia berlandieri</i> Benth	320,55	7,48	487,28	4,98	4,19	16,65
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	17,81	0,42	138,59	1,41	0,81	2,64
<i>Acacia greggii</i> A. Gray	28,77	0,67	126,23	1,29	1,08	3,04
<i>Acacia rigidula</i> Benth	713,70	16,66	1025,38	10,47	8,51	35,64
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	24,66	0,58	24,20	0,25	0,68	1,50
<i>Amyris texana</i> (Buckley) P. Wilson	1,37	0,03	0,06	0,00	0,14	0,17
<i>Arbutus xalapensis</i> H.B.K.	4,11	0,10	23,28	0,24	0,41	0,74
<i>Bauhinia macranthera</i> Benth. ex Hemsl.	8,22	0,19	8,63	0,09	0,27	0,55
<i>Bernardia myricaefolia</i> (Scheele) Wats.	441,10	10,30	421,87	4,31	5,54	20,15
<i>Bumelia celastrina</i> H.B.K.	95,89	2,24	158,97	1,62	2,57	6,43
<i>Caesalpinia mexicana</i> Gray.	86,30	2,01	145,25	1,48	2,97	6,47
<i>Castela texana</i> (T. & G.) Rose	1,37	0,03	0,47	0,00	0,14	0,17
<i>Celtis laevigata</i> Willd.	56,16	1,31	69,56	0,71	2,03	4,05
<i>Celtis pallida</i> Torr.	24,66	0,58	36,54	0,37	1,49	2,44
<i>Cercis canadensis</i> L.	6,85	0,16	48,18	0,49	0,14	0,79
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Johnst.	63,01	1,47	338,08	3,45	2,57	7,49
<i>Cordia boissieri</i> A.DC.	310,96	7,26	1527,36	15,59	7,97	30,83
<i>Croton torreyanus</i> Muell.	264,38	6,17	744,29	7,60	5,95	19,72
<i>Dasyliroton texanum</i> Scheele.	2,74	0,06	3,56	0,04	0,14	0,24
<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	6,85	0,16	27,85	0,28	0,41	0,85
<i>Diospyros texana</i> Scheele.	23,29	0,54	147,72	1,51	1,08	3,13
<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	8,22	0,19	6,25	0,06	0,27	0,53
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Barneby & Grimes	4,11	0,10	0,72	0,01	0,14	0,24
<i>Ehretia anacua</i> (Teran & Berl.) I.M. Johnst.	26,03	0,61	79,74	0,81	1,08	2,50
<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele.	110,96	2,59	156,49	1,60	3,24	7,43
<i>Frostiera angustifolia</i> Torr.	108,22	2,53	245,02	2,50	4,86	9,89
<i>Fraxinus greggii</i> Gray.	245,21	5,72	229,57	2,34	3,78	11,85
<i>Gochnatia hypoleuca</i> DC.	32,88	0,77	148,02	1,51	1,35	3,63
<i>Guaiacum angustifolium</i> Engelm.	13,70	0,32	11,62	0,12	0,68	1,11
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	187,67	4,38	411,62	4,20	2,70	11,29
<i>Helietta parvifolia</i> (Gray.) Benth.	5,48	0,13	5,85	0,06	0,27	0,46
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (R. & S.) Zucc.	95,89	2,24	52,64	0,54	4,19	6,97
<i>Lantana câmara</i> L.	120,55	2,81	89,06	0,91	4,05	7,78
<i>Leucaena</i> sp. Benth.	1,37	0,03	3,11	0,03	0,14	0,20
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I.M. Johnst.	276,71	6,46	543,20	5,55	5,68	17,68
<i>Litsea neovolontis</i> Bartlett.	9,59	0,22	27,26	0,28	0,54	1,04
<i>Mimosa malacophylla</i> Gray.	20,55	0,48	8,66	0,09	0,95	1,51
<i>Neoprinqulea integrifolia</i> (Hemsl.) S. Wats.	24,66	0,58	7,89	0,08	0,68	1,33
<i>Platanus occidentalis</i> L.	4,11	0,10	86,07	0,88	0,27	1,24
<i>Prosopis glandulosa</i> Tor.	8,22	0,19	77,261	0,79	0,41	1,39
<i>Quercus canbyi</i> Trel.	2,74	0,06	278,31	2,84	0,14	3,04
<i>Quercus laeta</i> Liemb.	2,74	0,06	233,77	2,39	0,27	2,72
<i>Quercus polymorpha</i> Cham & Schl.	1,37	0,03	101,70	1,04	0,14	1,21
<i>Quercus rysophylla</i> Weath.	5,48	0,13	58,95	0,60	0,27	1,00
<i>Randia laetevirens</i> Standl.	4,11	0,10	2,59	0,03	0,41	0,53
<i>Rhus</i> sp. L.	5,48	0,13	4,39	0,04	0,41	0,58
<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray.	10,96	0,26	7,68	0,08	0,54	0,87
<i>Senna</i> sp. Mill.	13,70	0,32	3,14	0,03	0,54	0,89
<i>Sophora secundiflora</i> (Ort.) DC.	56,16	1,31	152,06	1,55	2,43	5,30
<i>Yucca carnerosana</i> Trel.	6,85	0,16	2,66	0,03	0,41	0,59
<i>Yucca filifera</i> Chab.	64,38	1,50	451,93	4,61	3,51	9,63
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	302,74	7,07	803,68	8,21	6,62	21,89
<b>Suma</b>	<b>4283,56</b>	<b>100</b>	<b>9794,27</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Diversidad  $\alpha$** 

El matorral submontano estudiado presentó una diversidad de  $H' = 3,0$  de acuerdo al índice de Shannon, lo cual indica que es un ecosistema muy diverso en relación a otros tipos de ecosistemas del noreste de México (Treviño *et al.*, 2001; Corral *et al.*, 2005; Alanís *et al.*, 2008). El índice de riqueza de especies de Margalef ( $D_a$ ) indicó un valor de 6,34 y una riqueza específica ( $S$ ) de 52, lo cual indica que es relativamente alta. Lo anterior debido a que la extracción selectiva de algunos de sus componentes leñosos ha ocasionado que el

ecosistema evaluado presente diferentes estadios sucesionales conformando un mosaico donde se registraron desde especies pioneras con valores dasométricos bajos, hasta individuos adultos característicos de zonas prístinas, contrario a lo encontrado por García y Jurado (2008) quienes registraron una riqueza de tan sólo 16 especies en condiciones prístinas, ya que en un ecosistema sin ningún tipo de influencia, el reemplazo de especies se da en condiciones naturales de manera lenta (Arriaga, 2009). La relativa alta riqueza se deriva del hecho que algunos sitios estudiados incluyen elementos del ecosistema de bosque de encino debido que el matorral submontano es un ecosistema de transición por lo cual algunos sitios constituyen ecotonos con el bosque encino, y se presentan especies del mismo como *Quercus rysophylla*, *Q. polymorpha*, *Q. laeta*, *Q. canbyi*. Así mismo se presentan especies del matorral xerófilo colindante ubicado a altitudes menores que el matorral submontano.

### **Estructura vertical**

En el análisis de la estructura vertical mediante el índice vertical de especies (A) éstas se distribuyen en tres estratos. El estrato I se encuentra conformado por diversas especies del género *Quercus* (*Q. canbyi*, *Q. laeta* y *Q. polymorpha*, *Celtis laevigata*, *Platanus occidentalis* y *Yucca filifera*, especie con mayor número de individuos en el estrato y que obtuvo la altura máxima ( $h_{\max}= 13$  m) del ecosistema. El estrato II está conformado casi en su totalidad por *Yucca filifera*, *Diospyros texana*, *Quercus rysophylla*, *Havardia pallens* y *Platanus occidentalis*, siendo *Yucca filifera* la predominante, con una altura máxima de 9,7 m para el estrato. Por su parte el estrato III que fue el mejor representado, se encuentra conformado principalmente por *Acacia rigidula*, *Bernardia myricaefolia*, *Acacia berlandieri*, *Cordia boissieri* y *Zanthoxylum fagara*, alcanzando la altura máxima para el estrato *Cordia boissieri* con 6 m.

De acuerdo a la caracterización vertical del matorral submontano realizada por García y Jurado (2008), la altura máxima fue de 6 m para *Helietta parvifolia*, *Cordia boissieri* y *Fraxinus greggii*; en el presente estudio esta altura se alcanzó en el estrato III (bajo), debido a la presencia de especies altas como *Yucca filifera* y *Quercus* spp., no registradas en el estudio de García y Jurado (2008) y a que *Helietta parvifolia* en el presente estudio posee alturas inferiores a 6 m (1,7 a 2,4 m).

El estrato I posee una abundancia de 0,41%, el estrato II de 1,07% y el estrato III de 97,04% (Fig. 2), lo que indica que el ecosistema de matorral submontano con extracción selectiva de sus componentes leñosos en la SMO de Nuevo León es cohortal, es decir que predomina un sólo estrato (III).

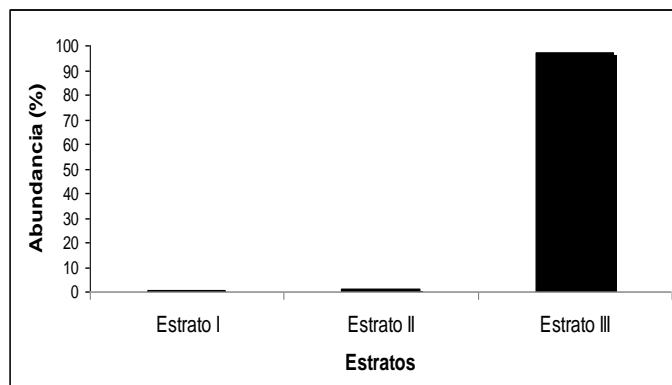


Figura 2. Distribución vertical de las especies.

## CONCLUSIONES

El matorral submontano en la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León con historial de extracción selectiva de sus componentes leñosos se encuentra conformado principalmente por *Acacia rigidula*, *Bernardia myricaefolia* y *Acacia berlandieri*, y las especies más importantes ecológicamente son *Acacia rigidula*, *Cordia boissieri* y *Zanthoxylum fagara*. Los elementos anteriores son claves para la identificación del matorral submontano en el estado de Nuevo León y que se caracteriza por presentar elementos de hasta 13 metros de altura. Se presenta como un ecosistema relativamente diverso y con gran riqueza de especies, lo cual es favorecido a su vez por la influencia de elementos de comunidades vegetales de bosque de encino y matorral xerófilo colindante. La estructura vertical presenta un estrato principal, el estrato III, el cual se encuentra conformado por especies arbustivas de hasta 6 m de altura. Asimismo destacan en el estrato I elementos característicos de bosque de encino debido algunos sitios estudiados representan ecotonos con la comunidad de matorral submontano estudiada. La presente investigación aporta información cuantitativa de la composición horizontal y vertical de los elementos florísticos del matorral submontano de la SMO.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración en campo de Raúl Pulido Pérez, Enrique Gómez Nacienceno, Raymundo Daniel Vega Aranda, José Cruz Ambriz Marín y Edgar Iván Aguirre Cuevas.

## REFERENCIAS

- Alanís, E.; Jiménez, J.; Aguirre, O.A.; Treviño, E.; Jurado, E.; González M.A. 2008. Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista Ciencia UANL* 11(1): 56-62.
- Alanís, E.; Jiménez, J.; Espinoza, D.; Jurado, E.; Aguirre, O.A.; González, M.A. 2008. Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(2): 81-87.
- Alanís, G.J.; Cano, G.; Rovalo, M. 1996. *Vegetación y Flora de Nuevo León. Una Guía Botánico-Ecológica*. Impresora Monterrey, S. A. de C. V. México. 251 p.
- Alanís, G.J.; Guzmán, M.A.; González, M.; Cano, G. 1995. *Flora Representativa de Chipinque. Árboles y Arbustos 1era. Parte*. Monterrey N.L., México. 40 p.
- Arriaga, L. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental* 1(1): 6-16.
- Clifford, H.; Stephenson, W. 1975. *An Introduction to Numerical Classification*. Academic Press. New York. 229 p.
- Corral, J.J.; Aguirre, O.A.; Jiménez, J.; Corral, S. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14(2): 217-228.
- Curtis, J.T.; McIntosh, R.P. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* (31): 434-455.
- Estrada, E.; Marroquín, J.S. 1988a. Leguminosas de Nuevo León. I. Sinopsis de las especies de Linares. *Reporte científico No. 9*. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, N. L. 49 p.

- Estrada, E.; Marroquín, J.S. 1988b. Leguminosas en el centro-sur de Nuevo León. Reporte científico Número especial 10. Facultad de Ciencias Forestales. U.A.N.L. Linares, N. L. 258 p.
- Estrada, E.; Villarreal J.; Jurado, E. 2005. Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. Acta Botanica Mexicana 73: 1-18.
- Estrada, E.; Yen, A.D.; Villarreal, J. 2004. Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 75: 73-85.
- Foroughbakhch, R.; Alvarado, M.A.; Núñez, A.; Hernández, J.; Rocha, A. 2003. Structural analysis and performance of *Helietta parvifolia* (Gray) Benth. in southeastern Nuevo Leon, Mexico. Interciencia 28(11): 651-655.
- García, J.; Jurado, E. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares N. L., México. Ra Ximhai 4(1): 1-21.
- INEGI. 1986. Síntesis Geográfica de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F. 170 p.
- Magurran, A. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK. 256 p.
- Mittermeier, R.A. y Goettsch, C. 1997. Megadiversidad: Los países biológicamente más ricos del mundo. Cemex, Ciudad de México.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons Ltd. New York. 547 p.
- Palacio, J.L.; Bocco, G.; Velázquez, A.; Mas, J.F.; Takaki, F.; Victoria, A.; Luna, L.; Gómez, G.; López, J.; Palma, M.; Trejo, I.; Peralta, A.; Prado, J.; Rodríguez, A.; Mayorga, R.; González, F. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (43): 183-203.
- Pretzsch, H. 1996. Strukturvielfalt als Ergerbnis Waldbaulichen Handels. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung, Nehresheim. pp. 134-154.
- Rojas, P. 1965. Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 124 p.

- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ª Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. El Medio Ambiente en México 2005: en resumen. México. 91 p.
- Shannon, C. 1948. The Mathematical Theory of Communication. En Shannon, C.E.; Weaver, W. (Ed). Univ. of Illinois Press. pp. 134-154.
- Treviño, E.J.; Akca, A.; Jurado, E.; Barajas, L. 1997. Análisis retrospectivo y situación actual de la vegetación del municipio de Linares, N. L., México. En memorias del VIII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Mérida, Venezuela.
- Treviño, E.J.; Cavazos, C.; Aguirre, O.A. 2001. Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. Madera y Bosques 7(1): 13-25.

## CRECIMIENTO INICIAL DE PLANTACIONES DE PINOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁRBOLES DE NAVIDAD EN OAXACA

Merecías-Cruz T.<sup>1</sup>, Cruz-Cruz, E.<sup>2</sup> Leyva-López J. C.<sup>3</sup> y Hernández-Sánchez L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tesista del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca No 23, Sta. Cruz Xoxoxotlán, Oax.

<sup>2</sup>Investigador INIFAP, Campo Experimental Valles Centrales, Oax.

<sup>3</sup>Profesor investigador del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca No 23, Sta. Cruz Xoxocotlán, Oax

### RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el crecimiento y supervivencia inicial de plantaciones de *Pinus ayacahuite* Ehren., *P. cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm., en tres localidades de Oaxaca con fines de producción de árboles de navidad. Las variables evaluadas en las plantas fueron: altura, diámetro de copa, diámetro de base y porcentaje de supervivencia. *Pinus ayacahuite* presentó el mayor porcentaje de supervivencia en Benito Juárez, la mayor altura y área de copa se registró en Santa María Suchixtlán, en diámetro de base fue mayor en Lázaro Cárdenas. En *P. cembroides*, la supervivencia, la altura y el área de copa, fueron mayores en Santa María Suchixtlán, en diámetro de base fue mayor en Benito Juárez. La altura, área de copa y diámetro de base obtenidos en *P. greggii*, fueron mayores en comparación a *P. ayacahuite* y *P. cembroides* en Santa María Suchixtlán.

**Palabras Clave:** *Crecimiento inicial, árboles de navidad, Pinus ayacahuite* Ehren., *P. cembroides* Zucc., *P. greggii* Engelm.

### SUMMARY

The objectives of this research were to evaluate the growth and survival percentage of three species of pine: *Pinus ayacahuite* Ehren., *P. cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm., for Christmas trees in Oaxaca. The variables recorded were plant height, cover and stem diameter. *P. ayacahuite* had the highest value of plant survival in Benito Juárez and plant height was higher in Santa María Suchixtlán and Lázaro Cárdenas than in Benito Juárez. Plant cover was higher in Santa María Suchixtlán and similar result was found in stem diameter in Lázaro Cárdenas. *P. cembroides* presented better result in Santa María



Suchixtlán compared with Benito Juárez. *Pinus greggii* grew faster than *P. ayacahuite* and *P. cembroides* in Santa María Suchixtlán.

**Key Words:** *Growth initial, christmas trees, Pinus ayacahuite* Ehren., *P. cembroides* Zucc., *P. greggii* Engelm.

## INTRODUCCIÓN

México es un país que demanda un gran número de árboles de navidad en las épocas navideñas; sin embargo, la cantidad que se produce en nuestro país no es insuficiente para satisfacer la demanda de este producto, ya que de los 1, 600,000 árboles que se demanda solo se produce 600, 000 unidades (Carrillo *et al.*, 2000). Esto ocasiona la importación de árboles de Canadá y Estados Unidos, lo que representa una fuga de divisas (SEMARNAT, 2000; Carrillo *et al.*, 2000). La implementación de programas para el establecimiento de plantaciones con especies nativas para la producción de árboles de navidad en México, podría ser una alternativa para cubrir la demanda de este producto en el mercado interno.

*Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. greggii* han demostrado tener una buena aceptación como árboles de navidad para los consumidores mexicanos y además son nativas del país (Ruiz *et al.*, 1998; Carrillo *et al.*, 2000; Merlín y Prieto, 2002); por ello, es posible realizar plantaciones con estas especies en estados de la republica que cumplan con sus condiciones ambientales.

Debido a lo anterior la presente investigación se realizó en el estado de Oaxaca con el objetivo de encontrar respuestas de adaptación inicial en *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. greggii* para árboles de navidad en tres condiciones ambientales diferentes.

## MATERIALES Y METODOS

Las plantaciones se establecieron en tres localidades de Oaxaca: Lázaro Cárdenas, San Miguel el Grande; Santa María Suchixtlán, San Andrés Sinaxtla y Benito Juárez, Santa Catarina Lachatao. El estudio se inicio en julio de 2007 y con él se pretendió encontrar respuestas en supervivencia y crecimiento inicial de los pinos en distintos ambientes. Para ello, se realizaron tres mediciones, de las cuales la primera se hizo al inicio de la

plantación, la segunda después de tres meses y la tercera después de ocho meses. Para la toma de datos se utilizó un diseño de muestreo sistemático en Lázaro Cárdenas y Benito Juárez, en Santa María Suchixtlán se censaron todos los individuos. Las variables dasométricas medidas fueron: altura total, diámetro de copa y diámetro de base, todas estas dadas en centímetros.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Supervivencia

En *P. ayacahuite*, el mayor porcentaje de supervivencia se obtuvo en Benito Juárez y el menor se dio en Lázaro Cárdenas (Figura 1). Lo anterior muestra una posible desadaptación que se registró en la muerte de plantas de esta especie a una temprana edad (Sorensen y Miles, 1974); aunque, puede confundirse con otros factores como el manejo de la plántula, humedad disponible en el momento de la plantación y la frecuencia en la ocurrencia de las lluvias. De acuerdo con INIFAP (1997), las condiciones ambientales de Lázaro Cárdenas son apropiadas para el desarrollo de *P. ayacahuite*.

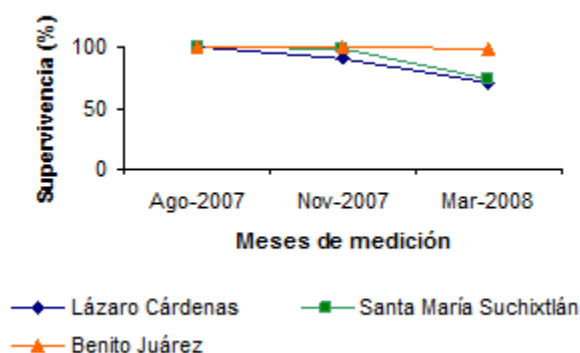


Figura 1. Porcentaje de supervivencia de *P. ayacahuite*, en Lázaro Cárdenas, Santa María Suchixtlán y Benito Juárez.

*P. cembroides* mostró un 100% de supervivencia en las condiciones ambientales de Santa María Suchixtlán hasta el octavo mes. Los resultados demuestran que es una especie que tiene la capacidad de adaptarse y resistir a condiciones climáticas difíciles (Ruiz *et al.*, 1998). En esta localidad la erosión es severa, los suelos son pobres en materia orgánica y con bajos contenidos de N, P y microelementos. En Benito Juárez la supervivencia fue de 96% (Figura 2).

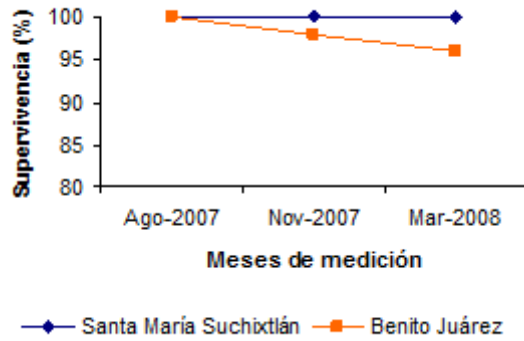


Figura2. Porcentaje de supervivencia de *P. cembroides*, en Santa María Suchixtlán y Benito Juárez.

*P. greggii* presentó un 96% de supervivencia en Santa María Suchixtlán hasta el mes de noviembre 2007; sin embargo, en marzo 2008 la supervivencia se encontró en un 79% (Figura 3). La posible escasez de agua implicó la mortandad de más plantas, ya que la mayor mortalidad se dio en los meses de diciembre a marzo, siendo uno de los meses más secos para esta localidad, considerando que el agua tiene un efecto directo en el desarrollo de cualquier especie vegetal (Kramer, 1969).

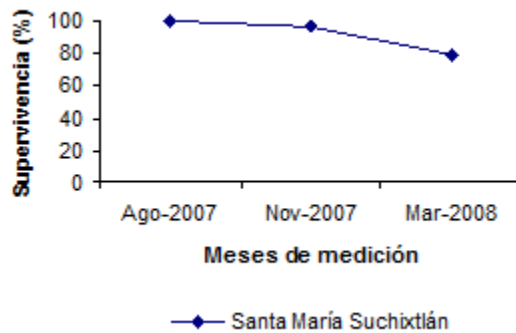


Figura 3. Porcentaje de supervivencia de *P. greggii*, en Santa María Suchixtlán.

### Crecimiento en altura, área de copa y diámetro de base

El crecimiento de *P. ayacahuite* en altura y área de copa fue mayor en Santa María Suchixtlán y en diámetro de base en Lázaro Cárdenas (Figura 4, 5, 6). Con estos datos es posible decir que a mayor altitud y baja temperatura el crecimiento inicial (altura y área de copa) es lento en *P. ayacahuite* en las plantaciones de Lázaro Cárdenas y Benito Juárez, ya que se encuentran a 2770 y 3034 msnm con temperaturas que oscilan entre 3-16°C y 2-14°C respectivamente, mientras que la plantación en Santa María Suchixtlán se encuentra a 2189 msnm, con temperaturas que van de 6.5 y 22°C.

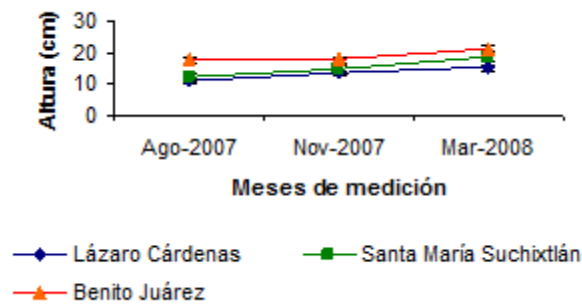


Figura 4. Crecimiento en altura de *P. ayacahuite*, en Lázaro Cárdenas, Santa María Suchixtlán y Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

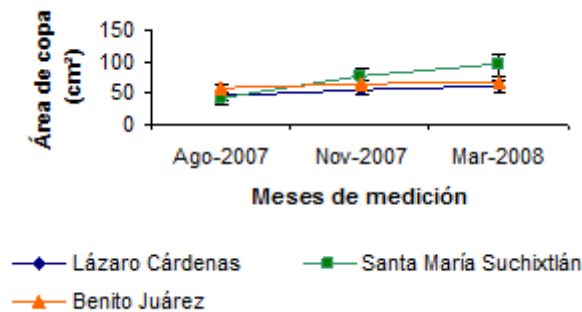


Figura 5. Crecimiento en área de copa de *P. ayacahuite* en Lázaro Cárdenas, Santa María Suchixtlán y Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

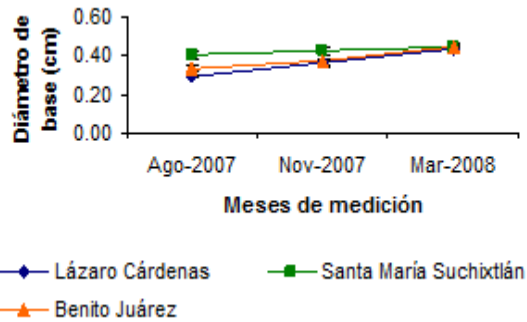


Figura 6. Crecimiento en diámetro de base de *P. ayacahuite*, en Lázaro Cárdenas, Santa María Suchixtlán y Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

*P. cembroides* presentó un mayor crecimiento en altura y área de copa en Santa María Suchixtlán hasta el mes de noviembre 2007, ocho meses después el crecimiento en altura y diámetro de base se favoreció en Benito Juárez (Figura 7, 8, 9). De esta manera es posible explicar que la escasez de agua en Santa María Suchixtlán, en los meses de diciembre a marzo haya repercutido en el crecimiento, lo contrario a lo que ocurrió en Benito Juárez, en donde el crecimiento se vio favorable de diciembre a marzo, puesto que esta última localidad es más húmeda. Estos resultados sustentan a lo planteado por Kramer (1969) quien explica que el agua tiene un efecto directo en cualquier proceso vegetal.

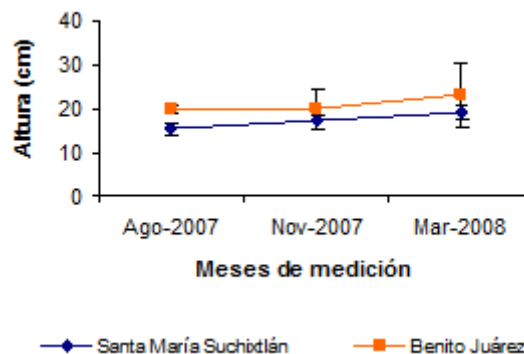


Figura 7. Crecimiento en altura de *P. cembroides*, en Santa María Suchixtlán y Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

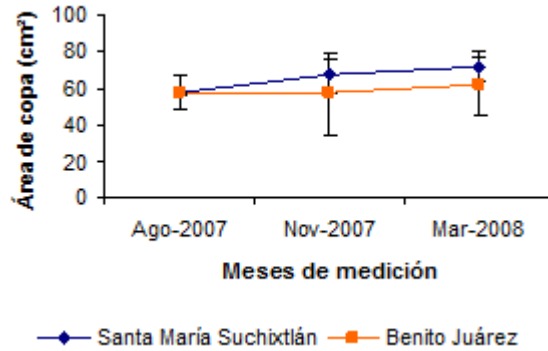


Figura 8. Crecimiento en área de copa de *P. cembroides*, en Santa María Suchixtlán y Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

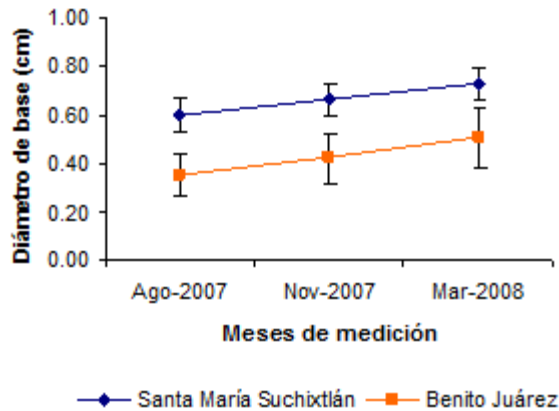


Figura 9. Crecimiento en diámetro de base de *P. cembroides*, en Santa María Suchixtlán y Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

*Pinus greggii* presentó mayores valores en crecimiento en altura, área de copa y diámetro de base hasta el octavo mes de su establecimiento, en comparación con *P. ayacahuite* y *P. cembroides*, evaluados en Santa María Suchixtlán (Figura 10, 11, 12). Estos resultados concuerdan con López *et al.* (2000) quien señala que *P. greggii* es una especie de rápido crecimiento.

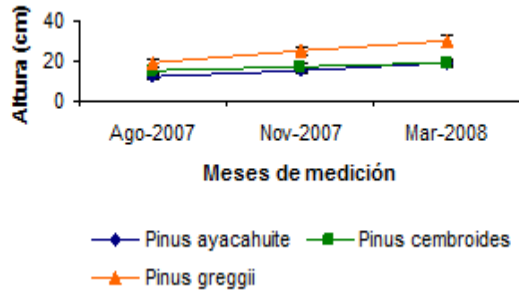


Figura 10. Crecimiento en altura de *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. greggii* en Santa María Suchixtlán (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

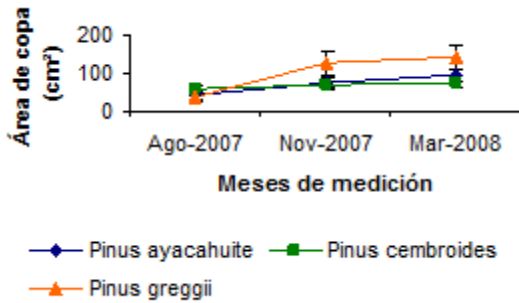


Figura 11. Crecimiento en área de copa de *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. greggii* en Santa María Suchixtlán (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

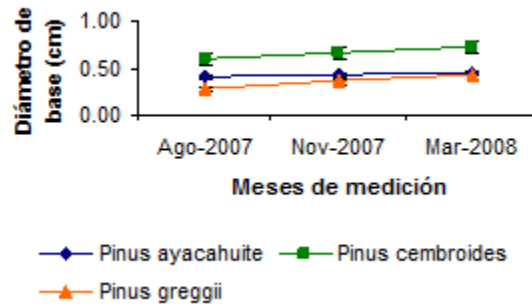


Figura 12. Crecimiento en diámetro de base de *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. greggii*, en Santa María Suchixtlán (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

En la localidad de Benito Juárez se evaluó *P. ayacahuite* y *P. cembroides*. De acuerdo con los resultados obtenidos, el crecimiento ha sido igual en altura para ambas especies, mientras que en la variable área de copa el crecimiento fue mayor en *P. ayacahuite*; sin embargo, en diámetro de base el mayor crecimiento se dio en *P. cembroides* (Figura 13, 14, 15).

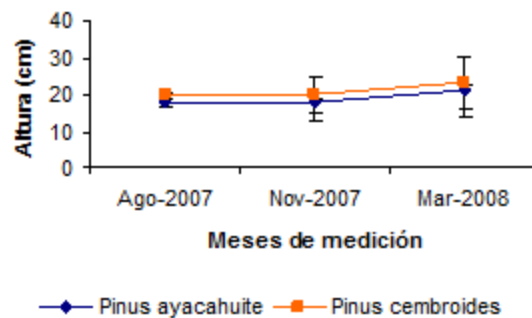


Figura 13. Crecimiento en altura de *Pinus ayacahuite* y *P. cembroides* en Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).



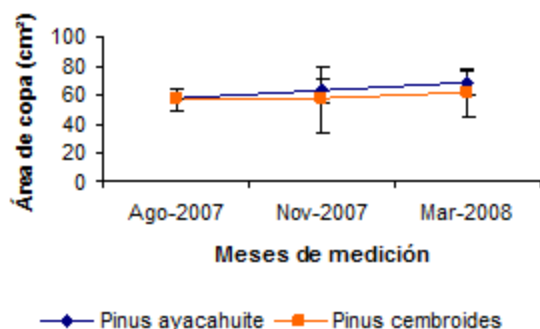


Figura 14. Crecimiento en área de copa de *Pinus ayacahuite* y *P. cembroides* en Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

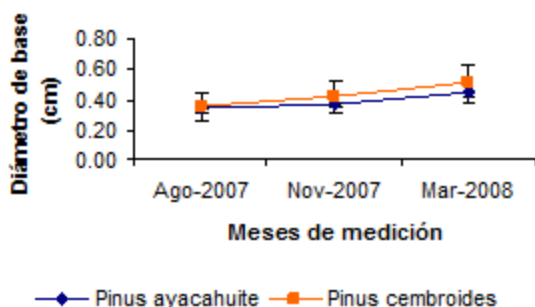


Figura 15. Crecimiento en diámetro de base de *Pinus ayacahuite* y *P. cembroides* en Benito Juárez (intervalos de confianza al 95% de probabilidad).

## CONCLUSIONES

Al octavo mes de la plantación *P. ayacahuite* presentó la mayor supervivencia en Benito Juárez comparado con Lázaro Cárdenas.

*Pinus cembroides* se mantuvo con un 100% de supervivencia hasta el octavo mes en la localidad de Santa María Suchixtlán mientras que en Benito Juárez con 96%.

El porcentaje de supervivencia de *Pinus greggii* en Santa María Suchixtlán fue de 78.6% al octavo mes de la plantación.

El mayor crecimiento en altura y área de copa de *P. ayacahuite* al octavo mes se dio en la localidad de Santa María Suchixtlán; sin embargo, para el diámetro de base el mayor incremento se presentó en la localidad de Lázaro Cárdenas.

Los mayores incrementos en altura y diámetro de base en *P. cembroides* fueron mayores en Benito Juárez, el incremento en área de copa fue mayor en Santa María Suchixtlán.

*P. greggii* tuvo un mayor crecimiento en altura, área de copa y diámetro de base en comparación con *Pinus ayacahuite* y *P. cembroides* establecidos en Santa María Suchixtlán.

El incremento en altura de *P. ayacahuite* y *P. greggii* en la localidad de Benito Juárez fue igual para ambas especies; la cobertura fue mayor en *P. ayacahuite* y en diámetro de base en *P. cembroides*.

## LITERATURA CITADA

Carrillo, A. F., Vera, C. G. y Magaña, T. O. S. 2000. Producción de árboles de navidad en contenedores. Folleto de investigación del CEVAMEX. SAGARPA-INIFAP.

INIFAP. 1997. Plantaciones comerciales de árboles de navidad con *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw. In. Tecnología llave en mano. SAGAR-INIFAP. División Forestal. México, D. F. pp.29-30.

Kramer, P. J. 1969. Plant and soil water relationships: A modern synthesis McGrawhill book, Nueva York. p. 482.

López, U. J., Mendoza, A. H., Vargas, J. J., Jasso, H. J. y Gómez, G. M. 2000. Variación morfológica de plántulas e influencia del pH del agua de riego en doce poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. Madera y Bosques 6(2): 81-94.

Merlín, B. E. y Prieto, R. J. A. 2002. Producción de árboles de navidad en regiones semiáridas del Norte de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto técnico No.17. Campo Experimental Valle de Guadiana. Durango. p. 26.

Ruiz, Muñoz, M., Gómez, C. M., Castellanos, B. J. F. y Fierros, G. A. M. 1998. Selección de procedencias de *Pinus oaxacana* y *Pinus greggii* para la protección y restauración de suelos en la Mixteca Alta Oaxaqueña. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Informe Interno. p. 94.

SEMARNAT. 2000. Plantaciones comerciales de árboles de navidad con *Pinus ayacahuite* Var. *Veitchii*. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. Nota Técnica No 1.

Sorensen, F. C., and R. S. Miles. 1974. Self-pollination effects on Douglas-Fir and ponderosa pine seed and seedlings. *Silvae Genet.* 23: 135-138.

## **DESARROLLO DE UNA UNIDAD DE SERVICIOS EN EL ÁREA DE TURISMO DE NATURALEZA, COMO MODELO DE UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO DE LOS MUNICIPIOS DEL SUR DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, MÉXICO**

Platas Quiroga, C.A.<sup>1</sup>, Villalón Mendoza, H.<sup>2</sup>, Moreno Degollado, G.<sup>1</sup>, Garza Ocañas, F.<sup>2</sup> y  
González Saldívar, F. N.<sup>2</sup>

### **RESUMEN**

Conscientes de que la calidad de vida en el área metropolitana de Monterrey, N. L., se ha deteriorado en buena medida por el hacinamiento, las cada vez más pobres condiciones ambientales, el crecimiento de la mancha urbana y la demanda de opciones de recreación y encuentro con la naturaleza, en el Centro de Producción de la U. A. N. L., se ha puesto en marcha, en coordinación con autoridades municipales, un proyecto de conservación de recursos y generación de empleos basado en los principios del Turismo Responsable en la Naturaleza en el municipio de Iturbide, N. L. El proyecto pretende dar las pautas para la generación de un modelo de uso racional de los bosques del Sur del Estado de Nuevo

León. El sitio donde se ubica el proyecto eco turístico contempla la infraestructura con los servicios básicos para turismo rural y donde se ofrecerán servicios como renta de cabañas para alojamiento, de área para conferencias, reuniones, cursos, simposios, visitas guiadas por los lugares estratégicos, ciclismo de montaña, caminatas, eventos tradicionales. Actualmente se está trabajando en conjunto con diferentes áreas de la Universidad relacionadas como son Facultad de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Forestales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Arquitectura y Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, realizando estudios para la conservación y manejo de los ecosistemas y su biodiversidad, se incluyen proyectos encaminados a planificar y regular el aprovechamiento de los recursos naturales, tanto en lo que se refiere a usos consuntivos como a las actividades recreativas, así como hacer del conocimiento público las actividades que se realizan en el área, que ayude a lograr las metas de conservación y protección, y acciones tendientes a promover actitudes positivas mediante un espacio como el propuesto que representa una alternativa atractiva para el desarrollo de las actividades de capacitación empresarial en conjunto con actividades de turismo de naturaleza.

**Palabras clave:** Turismo de naturaleza, sustentabilidad, bosque, recursos naturales.

## **ABSTRACT**

Aware that the quality of life in the metropolitan area of Monterrey, N. L., it has deteriorated in good measured by the accumulation, the more and more poor environmental conditions, the growth of the urban stain and the demand of recreation options and encounter with the nature, in the Centro de Producción Agropecuaria of the U. A. N. L., has started, in coordination with municipal authorities, a project of conservation of resources and generation of employments based on the principles of the Responsible Tourism in the Nature in the municipality of Iturbide, N. L. The project seeks to give the rules for the generation of a model of rational use of the forests of the South of the State of Nuevo León, vital for the recharge of the aquifer mantels, capture of carbon, flora and fauna habitat, promoting the conservation of the resources among public land, communities and rural areas of the south of the State, in those which the original vocation: agricultural, forest and acuícola, it has been relegated by their low profitability, this by means of the creation

of a lodging offer and non concentrated recreation and of small scale, having the infrastructure and the basic services for rural tourism, rent of cabins, area for conferences, symposia, visits guided by the strategic places, mountain cycling, walks, among other, generating one spills economic to the lenders of services of the town and hosts, harmonizing the economic profitability with the environmental responsibility. At the moment one is working together with different areas of the University related as they are Biological Sciences School, Sciences of the Earth School, Forest Sciences School, Veterinary Medicine and Zootecnia School, Architecture School and Sciences Physique Mathematics School, carrying out studies for the conservation and handling of the ecosystems and their biodiversity, projects are included guided to plan and to regulate the use of the natural resources, so much in what refers to consuming uses as to the recreational activities, as well as to make of the public knowledge the activities that are carried out in the area that helps to achieve the conservation goals and protection, and work guide to promote positive attitudes by means of a space as the one proposed that it represents an attractive alternative for the development of the activities of managerial training together with activities of nature tourism.

**Key words:** Nature tourism, sustainability, forest, natural resources

## INTRODUCCIÓN

El Turismo es una de las actividades más importantes de la economía mundial; ha estado ligado al cambio de tendencia de la humanidad por preocuparse por la conservación del medio ambiente, en donde el turista está ahora en busca de experiencias únicas acorde a sus nuevos gustos, necesidades y preferencias. Esto da origen a una nueva alternativa de turismo (alternativo o ecoturismo); es un turismo que esta en contacto directo con la naturaleza, preocupado por la conservación de los recursos naturales y sociales del área que se visita.

Conscientes de que la calidad de vida en las grandes ciudades, como Monterrey, Nuevo León y su área metropolitana, se ha deteriorado en gran medida por el crecimiento de la mancha urbana, el hacinamiento y las cada vez más pobres condiciones ambientales y un ritmo de vida muy acelerado, lo que ha derivado en una demanda de opciones de recreación y encuentro con la naturaleza; la Universidad Autónoma de Nuevo León ha

puesto en marcha un proyecto de conservación de recursos, basado en los principios del Turismo Responsable en la Naturaleza, en una extensión de 500 hectáreas de bosque con que cuenta en el municipio de Iturbide, en el sur del Estado de Nuevo León.

Además de pretender dar las pautas para la generación de un modelo de uso racional de los bosques del sur del Estado de Nuevo León. Se desea trabajar en tareas vitales para la recarga de mantos acuíferos, conservación de flora y fauna, captura de carbono, entre muchas otras actividades. Se busca que la operación de los bosques propiedad de la Universidad, sea un prestador de servicios turísticos, en estas áreas, funcione como ejemplo dinámico y como herramienta de conservación y desarrollo entre ejidos, comunidades y zonas rurales del sur del Estado.

La actividad ecoturística es una actividad económica alternativa y sustentable, que bien planeada y organizada es de bajo impacto ambiental y muy productiva a corto, mediano y a largo plazo, sin poner en riesgo los recursos naturales. Esto acelera el desarrollo socioeconómico de la región sin ser necesariamente una amenaza para la biodiversidad regional. El turismo sustentable promueve la cultura ambiental y propicia el desarrollo comunitario integral.

Además el ecoturismo es también el detonador de otros proyectos comunitarios y la punta de lanza de nuevas formas de financiar la conservación de los recursos naturales de preservar los usos y costumbres regionales. Por último y no menos importante, es el hecho de que esta actividad desarrollada adecuadamente, es un valiosísimo factor de integración comunitaria.

El objetivo es la creación de una oferta de alojamiento y recreación no concentrada y de pequeña escala, pero coordinada con el nivel local y comercial que permita al habitante de las grandes ciudades tener acceso a una forma de vida y esparcimiento diferentes en el bosque de las montañas de Iturbide, N. L., compensando sus presiones de la vida en ciudad. Promover la comprensión de la realidad de las comunidades anfitrionas de Iturbide, N. L., derrama económica a los prestadores de servicios de la localidad y anfitriones y armonizar la rentabilidad económica con la responsabilidad ambiental.

Se pretende enriquecer el acervo de historias de éxito y contribuir a la difusión de esta visión de respeto por la naturaleza. Asimismo, fomentar la protección de los entornos naturales, al hacer compatibles la conservación y el desarrollo de los servicios turísticos.

Como valor agregado de importancia; activar la economía regional y la organización y gestión local.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El sitio donde se ubica el proyecto eco turístico es en el Campus Ecológico UANL, ubicado en el municipio de Iturbide N. L., colindando con el Ejido Santa Rosa y con la carretera Linares- San Roberto en el km 39, con una extensión de 900 ha, con vegetación de tipo boscosa, predominando los pinos y encinos y contando con una topografía irregular y montañosa, lo que lo hace más atractivo al turista. El cual contempla la infraestructura con los servicios básicos para turismo rural y donde se ofrecerán servicios como renta de cabañas para alojamiento, de área para conferencias, reuniones, cursos, simposios, visitas guiadas por los lugares estratégicos, ciclismo de montaña, caminatas, eventos tradicionales.

La educación ambiental forma parte básica del proyecto ecoturístico, en la concepción que se le dará a estas actividades será sobre un contenido hacia la resolución de problemas concretos del medio ambiente, a través de una participación activa y responsable de cada individuo y de la colectividad. Además se considera la capacitación y asesoría para el desarrollo de infraestructura turística a prestadores de servicios de alojamiento y de otra oferta complementaria en el Estado.

Respecto a las actividades ecoturísticas que se proponen se puedan realizar está el ecoturismo como una nueva forma de ver al turismo tradicional, vinculándolo con la naturaleza en términos ecológicos. El ecoturismo se considera como una nueva tendencia, un segmento económico del mercado, algo que practica la gente convivir con la naturaleza, ya sea observando aves o realizando caminatas a través del bosque.

En este enfoque se adapta el turismo tradicional a una relativa nueva forma de gastar el tiempo y el dinero de los turistas; y su base sigue siendo económica. Y como en el turismo tradicional las comunidades anfitrionas no han jugado un papel decisivo, en esta adaptación tampoco se les considera como un factor preponderante.

Parte medular del concepto "turismo sustentable" es la conservación de la naturaleza. Para garantizar que ello ocurra, se diseñaron una serie de estudios de impacto ambiental que permiten prever el posible impacto de llevar a cabo el proyecto y diseñar un sistema perpetuo de monitoreo y evaluación.

El municipio de Iturbide, N.L. cuenta con 3,300 habitantes aproximadamente distribuidos en 46 localidades con menos de 200 habitantes cada una, su vegetación es variada ya que la Sierra Madre Oriental cruza casi todo el municipio formando valles y cañones, predominante de bosques, se pueden encontrar cedros, pinos, encinos, álamos, etc. y árboles frutales como nogal, manzano, duraznos, chabacano y otros. En cuanto a su fauna, en las montañas existen osos, pumas, venados, jabalíes, zorras, tejones, armadillos y un extenso en especies de aves, como águilas, auras y gavilanes. En el valle de Santa Rosa se encuentra un pintoresco pueblecito recostado en las laderas; además cuenta con cascadas de agua como La Purísima y con paseos en las riveras del río que nace en el Cañón de San Antonio de Peñitas, al norte existe un lugar llamado La Salitrera, en donde se encuentra una magnífica gruta.

La U.A.N.L. pretende aportar información clave para su desarrollo del proyecto en particular pero que sirva de base para el municipio y su comunidad. El objetivo será analizar y presentar las variables que condicionan la realización de una futura inversión, destacando aquellos que exhiban mayores niveles de complejidad y estableciendo con la mejor claridad si los resultados analíticos garantizan la factibilidad de su ejecución y operación, tanto técnica, social, económica y ecológica. Así como determinar los recursos necesarios y la forma en que se deberá administrar.

Para la realización del proyecto se integran las diversas Facultades de la misma UANL, para el desarrollo de los programas relacionados con la actividad:

#### UBICACIÓN (Facultad de Arquitectura, UANL)

Se determinó la ubicación de las áreas de alojamiento (cabañas), campismo y ciclismo de montaña, diseño de cabañas, área de Campismo, senderos y miradores, diseño de la estructura base del observatorio astrológico, señalización del Campus.

#### PROGRAMA DE MANEJO Y CONSERVACION (Facultad de Ciencias Biológicas, UANL).

El programa de conservación y manejo, conceptualizado como el documento rector y de planeación establece las acciones mediante las cuales se pretende alcanzar los objetivos de conservación y manejo de los ecosistemas y su biodiversidad, teniendo como objetivo preservar los hábitats naturales de la región y los ecosistemas frágiles, asegurando el equilibrio y la continuidad de sus procesos evolutivos y ecológicos, así como conservar la diversidad biológica existente y lograr el aprovechamiento racional y sostenido de sus recursos naturales.



Se incluyen todas las acciones encaminadas a garantizar la continuidad de los procesos naturales, ya sea a través de mecanismos de protección estricta o por medio de prácticas de manejo de las poblaciones o el hábitat. Asegurar la permanencia de los recursos naturales del área, permitiendo los procesos evolutivos naturales que les dieron origen y garantizar la conservación de la diversidad biológica del área, brindar mayor conocimiento acerca de los recursos naturales para enfatizar su protección y conservación, así como de los cambios que suceden en el área a través del tiempo y su relación con las actividades humanas, contar con la información técnica necesaria acerca de los recursos del área, para facilitar y hacer más eficiente su protección y manejo.

Se incluyen los proyectos encaminados a planificar y regular el aprovechamiento de los recursos naturales, tanto en lo que se refiere a usos consuntivos como a las actividades recreativas para proteger los recursos naturales del área mediante el uso racional de los mismos, que coincidan con los objetivos generales y de conservación del área.

Acciones: Elaborar módulos demostrativos sobre el manejo de los recursos naturales, estimular y apoyar la ejecución de programas adecuados de manejo de recursos, promover el establecimiento de viveros de flora silvestre y forestales, promover y coordinar visitas y reuniones de funcionarios, investigadores y organismos no gubernamentales, sostener reuniones periódicas de coordinación con las presidencias municipales y con los representantes locales del gobierno estatal y federal, establecer y desarrollar programas de recreación de bajo impacto

#### EDUCACIÓN AMBIENTAL Y DIFUSIÓN

Para hacer del conocimiento público las actividades que se realizan en el área, que ayude a lograr las metas de conservación y de protección, en este subprograma se incluyen todas las acciones tendientes a promover actitudes positivas y hacer del conocimiento de toda la importancia del área. Con el objetivo de promover la participación y colaboración de los propietarios, usuarios del área y público en general en los programas de conservación y manejo del área.

Acciones: diseñar, desarrollar y presentar exposiciones itinerantes sobre el área y temas de interés, organizar talleres, pláticas y reuniones, desarrollar actividades y materiales educativos para el ámbito formal, promover la participación de organismos relacionados con la educación, desarrollar un programa educativo para los visitantes, diseñar y

desarrollar la infraestructura de uso público y de atención al visitante, diseñar y producir una publicación periódica con información relacionada con el área, elaborar y colocar la señalización básica de la zona, establecer módulos de atención al público y registro de visitantes, capacitar guías e intérpretes.

#### CONOCIMIENTO GEOLÓGICO (Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL)

a) Estudio geológico: determinar y cartografiar las formaciones existentes en el área del Campus. Se han identificado ya las siguientes 5: Formación Méndez, San Felipe, Agua Nueva, Cuesta del Cura y Tamaulipas Superior.

b) Estudio estructural: reconocer la estructura geológica y los sistemas de fallas y fracturas. Se identificó un sinclinal con dirección norte-sur.

c) Estudio de estabilidad de los cortes del camino de acceso. Existen algunos deslizamientos y caídos. Se realizará el estudio cinemático de cada zona deslizada y en general de todo el camino, con la finalidad de asegurar estos; proponiendo medidas de remediación y saneamiento.

d) Estudio de hidrogeológico: se identificarán los tipos de acuíferos existentes en las formaciones geológicas, para saber la disposición de agua para el parque. Se tienen identificados ya algunos manantiales.

e) Estudio morfológico: se determinaron ya algunos sitios factibles para la construcción de cabañas; deberá realizarse la topografía a detalle.

f) Construcción de miradores: se determinaron ya los sitios factibles para la construcción de miradores en el área.

#### PASEO GEOLÓGICO (Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL)

a) Elaboración de una columna estratigráfica de las formaciones geológicas, para mostrar en pequeños bloques las formaciones geológicas con sus respectivas edades, fósiles, origen, ambiente de formación, espesores, etc.

b) "Stands" o maquetas geológicas en cada formación geológica para explicar sus edades, fósiles, origen, ambiente de formación, espesores, etc.

c) Mapa geológico y estructural del parque para mostrar la distribución de las formaciones geológicas existentes.

#### OBSERVATORIO CIENTÍFICO Y CULTURA ASTRONÓMICA (Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UANL)

Dar a la comunidad en general una cultura científica e información sobre fenómenos Naturales, Instalando Un Observatorio Científico, el cual contenga lo siguiente: Observatorio Astronómico, Observatorio Meteorológico y Observatorio sísmico, donde se puedan realizar observaciones de fenómenos astronómicos e investigaciones de índole astronómico.

DETERMINACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO EN LA UANL (Facultad de Ciencias Forestales, UANL).

El criterio de selección de los proyectos sobre captura de carbono es contar con el componente indispensable de presencia de externalidades, el cual exige que deberán generar y activar el desarrollo local, brindando beneficio económico y social (Harmon, 2001).

Determinar la capacidad de captura de carbono en especies arbóreas y arbustivas para evaluar la provisión de servicios ambientales proporcionados por la Universidad Autónoma de Nuevo León, determinar el porcentaje de carbono capturado a nivel especie arbórea y arbustiva en las áreas verdes de la Universidad Autónoma de Nuevo León, evaluar la cantidad de carbono capturado en las áreas de la UANL.

PROGRAMA TURISTICO (Escuela Industrial “Álvaro Obregón”, UANL)

La participación de la EIAO-UANL en el proyecto es de mucha importancia ante la Corporación para el Desarrollo Turístico del Estado de Nuevo León, quien promueve su participación en proyectos de desarrollo regional como el presente y la UANL cumple con los objetivos académicos, de investigación y de vinculación con la sociedad, ya que cuenta con el recurso humano necesario para participar como: promotores turísticos, supervisores de publicidad y medios, guías, coordinadores de relaciones públicas turísticas, ventas de los paquetes, organizadores de eventos, servicio social, etc.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El Estado de Nuevo León cuenta con bellezas naturales, grandes obras de infraestructura y empresas exitosas de servicios turísticos, por lo que el turismo con sus principios de sustentabilidad representa una gran alternativa para incrementar el desarrollo económico y de progreso social y cultural a sus habitantes.

El Estado se enfrenta a otro desafío que es el de impulsar el desarrollo del turismo sustentablemente en los Municipios fuera del área metropolitana de Monterrey, debido a la

insuficiencia en la oferta de servicios turísticos y a la carencia de cultura turística de calidad entre sus habitantes.

La ley federal de turismo en su artículo 17 establece que la Secretaría de Turismo promoverá acuerdos de coordinación para que los gobiernos de las entidades federativas y de los Municipios asuman funciones operativas para promover la planeación, programación, fomento y desarrollo del turismo en forma armónica.(Sectur-2).

Un turismo bien planeado, desarrollado y gestionado ofrece oportunidades a los Municipios del Estado permitiendo entre otras cosas: mejorar el ingreso tributario para incrementar la infraestructura, equipamiento y desarrollo de obras sociales, sin desvirtuar el patrimonio cultural de la zona, estimular el crecimiento de negocios de los empresarios locales y expandirse en otras actividades como agricultura, pesca, artesanías, manufactura, etc., mejorar el nivel de vida de sus residentes sin que haya pérdidas de la identidad cultural o problemáticas ambientales y degradación de la naturaleza, fomentar el desarrollo de nuevas y mejores instalaciones comerciales y culturales que podrán ser usadas por la comunidad y sus visitantes, Justificar y contribuir al financiamiento de conservación de zonas arqueológicas, etc.

Tradicionalmente, Nuevo León destaca como un destino para negocios, convenciones y exposiciones debido a su notable posicionamiento en el ámbito económico. De hecho, el 80% de los visitantes llegan al Estado por esa razón. Sin embargo, Nuevo León también ofrece oportunidades para desarrollar, fomentar y promover nuevas atracciones turísticas en el área metropolitana, así como oportunidades para crecer y desarrollar nuevos centros turísticos en torno a la actividad cinegética y por sus bellezas naturales en las actividades del turismo alternativo tales como ecoturismo, turismo de aventura y turismo rural.

Aún cuando se cuenta con el comienzo de la Sierra Madre Oriental, región montañosa imponente, cuevas y cavernas, ecosistemas que van desde desiertos a regiones con vegetación fabulosa y fauna variada proponiendo al turista el espacio perfecto para disfrutar de las diversas actividades que ofrece el Ecoturismo y el turismo de aventura, y su historia reflejada en los edificios y monumentos de los municipios, el Estado presenta debilidad por su ubicación geográfica, ya que carece de oferta del icono del turismo, el segmento de sol y playa que actualmente ocupa el primer lugar de preferencia a nivel nacional entre los destinos turísticos.

Monterrey cuenta con una amplia variedad de lugares de esparcimiento como, museos, centros nocturnos, auditorios, tiendas departamentales, etc. Sin embargo, Nuevo León presenta una baja oferta de tour operadores en el Estado y prestadores de servicios fuera del área metropolitana de Monterrey, por lo que tendrá que afrontar el desarrollo de éstos para conformarse con una entidad con vocación turística.

Monterrey, esta posicionado como un destino de turistas atraídos por el segmento de negocios (lunes a jueves) presentando, perfil de ejecutivos nivel socioeconómico medio y alto, el resto de los municipios se presentan como destinos de fines de semana y temporada de vacaciones (puentes, semana santa, navidad, etc.) principalmente para los visitantes regiomontanos.

“Las tendencias del turismo a nivel mundial se han ido modificando, actualmente existe un segmento importante de turistas que buscan estar en contacto con la naturaleza y que buscan disfrutar de experiencias diferentes. Las tarifas del transporte han disminuido, la población esta envejeciendo sanamente, lo que permite al Estado de Nuevo León ofrecer una gran diversidad de atracciones para esta potencial demanda sobretodo en las actividades de turismo ecológico, de aventura, cultural, etc.” (Sectur-3).

El Estado de Nuevo León debe tomar en cuenta que existe una desmedida competencia en la actividad turística, aunque participa con la ciudad de monterrey la cual esta posicionada en la vanguardia tecnológica tanto en su infraestructura como en su equipamiento, los Estados vecinos también cuentan con grandes extensiones de montaña, flora, fauna, presas, cultura, etc. y complementan su oferta con otras ventajas con ríos, sol y playa, pero la amenaza principal es que iniciaron y priorizaron esta importante actividad desde hace años. (Sectur-3).

Se considera que la zona de monterrey puede ser un mercado potencial el cual podrá contar con estos servicios de esparcimiento (turismo de naturaleza) en la zona cercana como lo es Iturbide, sin necesidad de ir a lugares mas lejanos que les represente días de viaje ya que su limitante es la falta de tiempo, en este caso Iturbide se encuentra en una ubicación adecuada para contrarrestarlo, a 3 hrs. aproximadamente de la Ciudad de Monterrey, permitiendo realizar mas frecuentemente este tipo de actividades. Ahora bien, habrá que actualizar datos para conocer las nuevas expectativas de los visitantes, así como determinas las permanencias, periodicidades, precios, etc., (Secretaría de Turismo, 2002)

En cuanto a localización en este caso seleccionamos el ámbito de área rural, se están realizando los diseños de construcción y dimensiones de las instalaciones, de acuerdo al estudio de mercado en cuanto a los gustos y preferencias del consumidor.

El sitio donde se ubicará el proyecto ecoturístico será en el bosque Campus Iturbide de la UANL, ubicado en el municipio de Iturbide N. L., con vegetación de tipo boscosa, predominando los pinos y encinos y contando con una topografía irregular y montañosa, lo que lo hace más atractivo al turista. Se contrarian tres cabañas con capacidad de 8 personas cada una. Actividades a desarrollar mediante la implementación de infraestructura y apoyo logístico al proyecto.

## **CONCLUSIONES**

Se contará con una unidad de servicio de la Universidad, que será autofinanciable y redituable, asumiendo con una imagen hacia la sociedad de orgullo para el estado de Nuevo León, al realizar actividades productivas que permiten la conservación de la naturaleza y el desarrollo sustentable de la sociedad.

Se obtendrá un equipo muy calificado de guías en la naturaleza, capaces de operar grupos nacionales o extranjeros con excelente calidad. Este personal deberá estar plenamente calificado tres meses después de que se inicie el proyecto.

Se habrán integrado a la actividad cualquier persona capaz de prestar un servicio conexo (alimentos, transporte, etc.)

El proyecto de turismo de naturaleza es factible de aplicarse en el Municipio de Iturbide, N. L., sirviendo éste como un ejemplo de desarrollo sustentable para aplicarse a los municipios del sur del estado de Nuevo León.

El proyecto de turismo de naturaleza ya esta impactando positivamente en la cultura turística de los habitantes del municipio de Iturbide, N. L.

## **REFERENCIAS**

Hernández Díaz, E, 2004. Proyectos Turístico. Editorial Trillas.

Cárdenas Tabares F. 2003. La Segmentación del Mercado Turístico. Editorial Trillas.

Secretaría de Turismo-1. 2002. Resultados de Estudio de opinión pública sobre temas de Coyuntura turística: Ecoturismo. México.

Secretaría de Turismo-2. Plan y Gestión de Desarrollo de turismo Municipal.

**IX CONGRESO MEXICANO DE RECURSOS FORESTALES**  
23 al 26 de Noviembre del 2009, Oaxaca, Oax., México

Secretaría de Turismo -3. Programa Sectorial de Turismo 2004 – 2009.

Espinosa Castillo, M. 2005. Anteproyectos de investigación turística. Editorial Trillas.

Chávez de la Peña, J. 2005. Ecoturismo TAP. Editorial Trillas.

Molina, S. 2005. Turismo, metodología para su planificación. Editorial Trillas

## DESCRIPCIÓN Y COMPARACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE *Prosopis laevigata*

Artemio Carrillo-Parra<sup>1\*</sup>, Hapla František<sup>2</sup>, Ingo Mayer<sup>3</sup>, Gerald Koch<sup>3</sup> y  
Horacio Villalón<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Profesor-Investigador, Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Carr. Nal. Km. 145 Linares, Nuevo León, México. <sup>2</sup>Departamento de Biología y de Productos de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales y Ecología Forestal. Büsgenweg 4, D-37077, Goettingen, Alemania. <sup>3</sup>Instituto para la Investigación de la Biología y la Protección de la Madera, Centro de Investigación Federal del Bosque y Productos Forestales. Leuschnerstraße 91, D-21031 Hamburgo, Alemania.

\* Correspondencia del autor: arte\_carr@hotmail.com

### RESUMEN

Se realizó una caracterización anatómica del duramen de la madera de mezquite (*Prosopis laevigata*) que se desarrolla naturalmente en el Noreste de México; se determinó el diámetro de los vasos en la madera temprana y en la madera tardía, así como el grosor y la longitud de los radios mediante un microscopio de luz él cual cuenta con una cámara digital. Se encontró que los vasos están arreglados en patrones no específicos y que existe diferencia en el diámetro medio medido tangencialmente de la madera temprana (116  $\mu\text{m}$ ) en comparación con el encontrado en la madera tardía ( $\mu\text{m}$  44), se observó que los vasos tienen un arreglo principalmente en forma semi-porosa o difusa, el crecimiento se encuentra limitado por una banda de parénquima marginal. La mayor parte de los vasos se encontraban impregnados de goma; los radios eran multiseriados con 5 células de ancho y longitud de 285  $\mu\text{m}$ . Había cristales en las células de los radios y células del parénquima. La longitud media de la fibra fue de 975  $\mu\text{m}$  y el grosor de la pared de las fibras fue de 13  $\mu\text{m}$  en promedio.

**Palabras clave:** anatomía de la madera, *Prosopis laevigata*, vasos, duramen y fibras.



## ABSTRACT

Anatomical heartwood characteristics of *Prosopis laevigata* species grown naturally in northeast Mexico were determined; the histometrical evaluations were carried out by light microscopy coupled with a digitized-image analysis system. It was found that the growth ring boundaries of semi-ring-porous or diffuse-porous wood are often marked by a marginal parenchyma band. The vessels are arranged in non-specific patterns and there are differences between the average (tangential) diameter of earlywood (116  $\mu\text{m}$ ) and latewood (44  $\mu\text{m}$ ). In these samples most of the vessels were filled with an amber-coloured gum; crystals were found in both ray cells and axial parenchyma cells but no silica compounds were observed. The average fiber length was 975  $\mu\text{m}$  and the thickness of a single cell wall of a fiber was 13  $\mu\text{m}$  on average.

**Keywords:** Wood anatomy, *Prosopis laevigata*, vessels, heartwood and fiber.

## INTRODUCCIÓN

El género *Prosopis* comprende alrededor de 44 especies de árboles y arbustos que se les pueden encontrar en forma natural en zonas áridas y semi-áridas de todo el mundo (Burkart 1976; Villalba 1985; Villagra 2002; USDA 2007). Su madera ha sido utilizada ampliamente en una diversidad de productos, incluyendo postes para cerca, pisos, muebles, carretas, casas, leña y para la producción de carbón (Felker 1981; Rodríguez y Maldonado 1996). En México éste género cubre casi 3 millones de hectáreas que corresponde el 1.51% del territorio nacional (Palacio-Prieto *et al.* 2000). En especial la especie *P. laevigata* cubre algunas localidades de los estados de Guerrero, Querétaro, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Veracruz, Nuevo León, Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco y Zacatecas, México. satisfaciendo muchas necesidades a los pobladores de las áreas rurales (INE 1994). A pesar de factores que han degradado las áreas donde las especies de

*Prosopis* prosperan, como el sobrepastoreo del ganado y la agricultura en general, que reducen el número de árboles, éstas especies todavía desempeñan un papel muy importante en la economía de los pobladores y en el ambiente (Pasiiecznik *et al.* 2004).

La descripción anatómica de la madera de algunas especies de *Prosopis* ha sido realizada por varios autores (Iqbal y Ghouse 1983; Villalba 1985; Castro 1994; Villagra y Roig-Juñent 1997; Richter y Dallwitz 2000; López *et al.* 2005; Scholz *et al.* 2005) y los valores muestran grandes diferencias resultado quizás de las múltiples condiciones ambientales donde prosperan. El objetivo principal del presente estudio fue el determinar las características anatómicas de la madera de *Prosopis laevigata* que se desarrolla en el Noreste de México y realizar comparaciones con las especies del mismo género que han sido descritas con anterioridad.

## MATERIALES Y METODOLOGÍA

El estudio anatómico de la madera de arboles de *P. laevigata* fue realizada de secciones de madera obtenidas a partir de la altura de 0.3 y hasta 2 m, los sitios de colecta son descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Información del origen de las muestras.

Origen (No.)	Rancho Saltilleros 1	Rancho San Lorenzo 2	Ejido La Reforma 3	Ejido Santa Gertrudis 4
Municipio	China	General Teran	Linares	Doctor Arroyo
Latitud	25° 24'23"	25° 20'18"	24° 42'05"	23° 54'48"
Longitud	99°10'22"	99°31'00"	99°32'05"	100°10'14"
Temperatura °C *	22 - 24	22 - 24	20 - 22	16 - 20
Precipitación (mm)*	512	631	759	300 - 600
Altura arboles(m)**	6.24	8.2	8.44	6.7
Diámetro medio DBH*** (m)	0.35	0.34	0.36	0.5

Las probetas para el análisis anatómico fueron suavizadas durante una hora en agua hirviendo, de las cuales se obtuvieron secciones de aproximadamente 20 µm de grosor de los cortes transversal, radial y tangencial. Para determinar la longitud

de la fibra, piezas de madera con las características de palillos de dientes fueron maceradas con la solución de Jeffery, la cual consiste en una mezcla de ácido nítrico y ácido crómico diluido al 10% colocado a una temperatura de 60°C. Se utilizó un microscopio Nikon Eclipse E600 equipado con una cámara digital Dxm 1200 y el programa de computación Lucia (Lucia imagen versión 4.82). Los datos generados por el programa fueron exportados a una hoja de cálculo de Microsoft Excel. La caracterización de la madera se realizó con base al listado de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA) que determina las características anatómicas para las especies latifoliadas (IAWA 1989). Para el análisis estadístico de la información se realizaron al menos 400 mediciones de cada una de las estructuras anatómicas (Hapla y Saborowski 1987). Se calculó la media, desviación estándar para el diámetro del vaso, número de vasos por milímetro cuadrado, la altura del radio, la anchura del radio, y la longitud de la fibra. Otras características de madera, como los tipos de poros fueron también obtenidas. La Figura 1 muestra el procedimiento para la medición de los vasos, radios y fibras realizadas en el presente estudio. Se caracterizó el parénquima axial así como la presencia de gomas y cristales. Los resultados obtenidos para esta especie fueron comparados con la información disponible para otras especies del mismo género.

## RESULTADOS

Se encontró que la madera es semi-porosa o porosidad difusa. La distribución de los vasos no presenta un patrón característico, también se observó que la mayoría de los vasos se encuentran principalmente en grupos de dos, tres y cuatro vasos Figura 2. El tamaño de éstos fue diferente tanto en la madera temprana como en la tardía, en la madera temprana se encontró un diámetro medio de 116  $\mu\text{m}$  (máximo 224  $\mu\text{m}$ , mínimo 20  $\mu\text{m}$ , desviación estándar 27) mientras que en la madera tardía fue de 46  $\mu\text{m}$  (máximo 141  $\mu\text{m}$ , mínimo 13  $\mu\text{m}$ , desviación estándar 27). Considerando el diámetro de los vasos, su distribución y la longitud de los elementos de los mismos como una respuesta adaptativa para eficientizar el transporte del agua sobre todo en especies que se desarrollan donde existe un

estrés hídrico como el caso de *P. laevigata*. Según la Figura 3 las frecuencias en las clases del diámetros de los vasos para la madera temprana fueron las de 40, 100 y 140  $\mu\text{m}$ , mientras que en la madera tardía fue la clase 40 $\mu\text{m}$  (Figura 4).

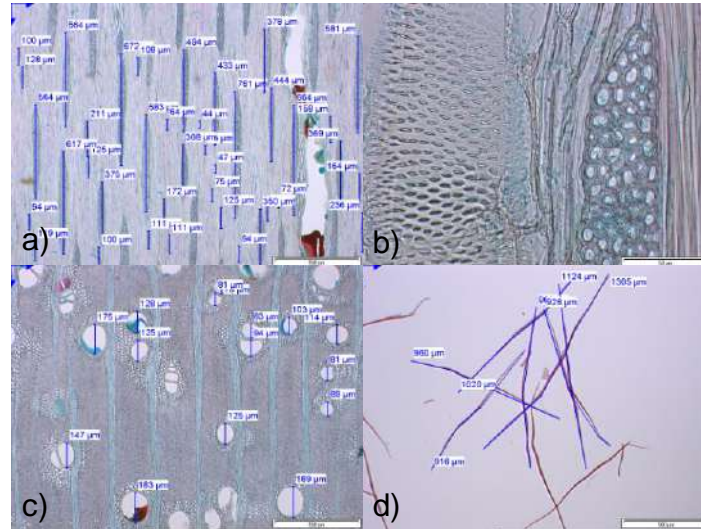


Figura 1. Procedimiento realizado para la medición de los vasos, radios y fibras presentes en la madera de *Prosopis laevigata*.



Figura 2. Vista de vasos en la madera de *Prosopis laevigata*, se aprecia que algunos de ellos se encuentran impregnados con goma.

Se encontró que los radios no se están agregados, y la mayoría son multiseriados, formados principalmente por 5 células (máximo 6, mínimo 3, desviación estándar

1), la longitud promedio encontrada fue de 283  $\mu\text{m}$  (máximo 884, mínimo 43  $\mu\text{m}$ , desviación estándar 176), las clases en altura que mostraron mayor frecuencia fueron las de 50 y 150  $\mu\text{m}$  (Ver figura 5).

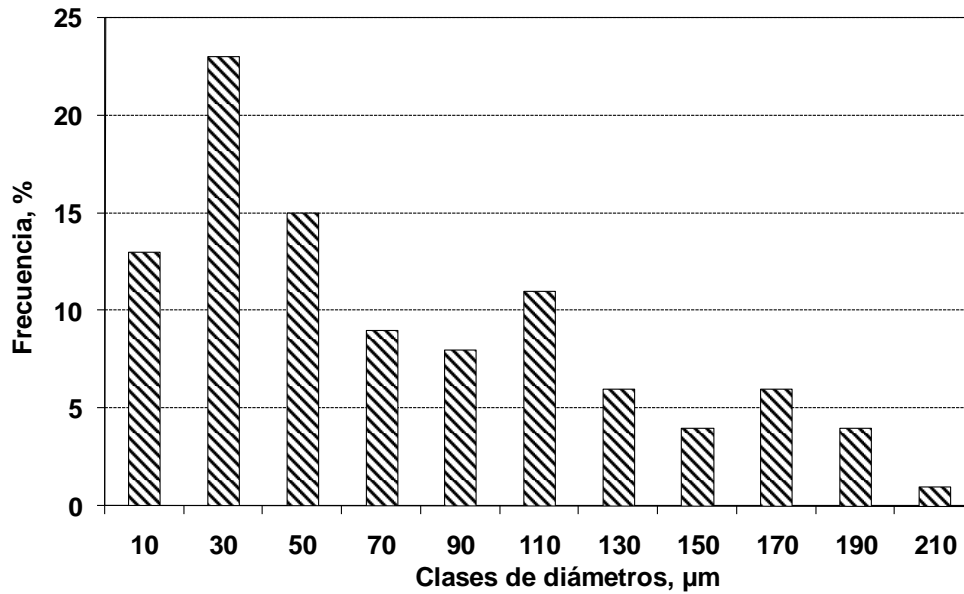


Figura 3. Distribución de cada una de las clases de diámetros de los vasos en madera temprana presentes en la madera de *Prosopis laevigata*.

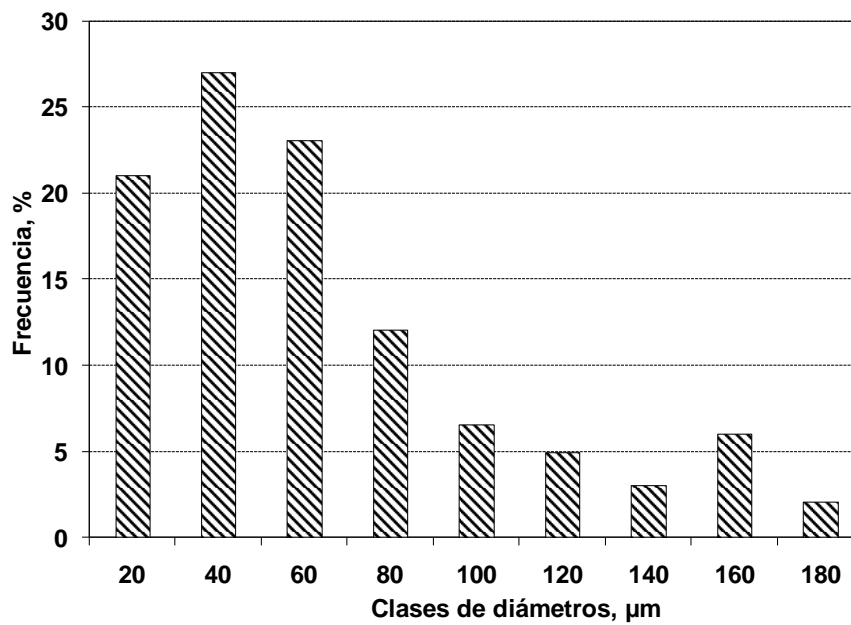


Figura 4. Distribución de cada una de las clases de diámetros de los vasos en madera tardía presentes en *Prosopis laevigata*.

Las fibras observadas fueron no septadas y paredes gruesas con una media de 13  $\mu\text{m}$ , y de longitud media de 973  $\mu\text{m}$  (máximo 1312  $\mu\text{m}$ , mínimo 589, desviación estándar: 158), se encontró que más del 80% de las fibras se encuentran distribuidas en las clases de longitud correspondiente a 1000, 1200 y 1400  $\mu\text{m}$  (Figura 6).

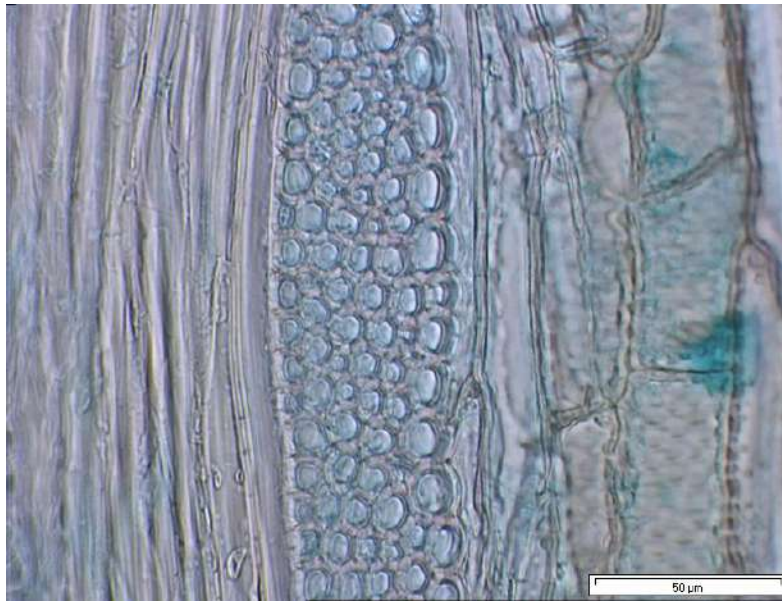


Figura 5. Vista tangencial de la madera de *Prosopis laevigata*, se puede apreciar los radios multiseriados con 5 células en la parte más ancha.

El parénquima axial es principalmente apotraqueal, sin embargo el parénquima paratraqueal se puede presentar en bandas o agregados difusos. Existen gomas color ámbar que se encuentran en los vasos y en el parénquima radial. Se observaron cristales de oxalato de calcio en las células de los radios y en el parénquima axial.

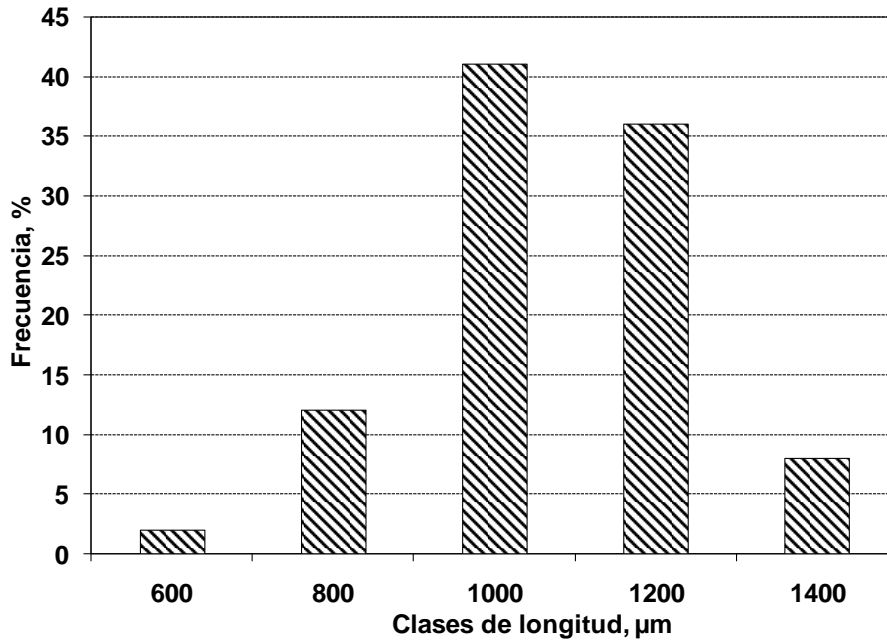


Figura 6. Distribución por clases en el tamaño de la fibra de la madera de *Prosopis laevigata*

## DISCUSIÓN

Los resultados mostrados en el presente trabajo de investigación corresponden a el promedio de 12 árboles colectados en cuatro diferentes localidades del noreste de México, y al ser comparados con las dimensiones de las estructuras anatómicas de otras especies podemos decir que mientras en algunas estructuras presenta valores mayores como la longitud de la fibra con valor medio de 975  $\mu\text{m}$  (excepto por *P. kuntzei*), así como en el diámetro de los vasos 116  $\mu\text{m}$  (excepto por *P. pallida*) para otras estructuras presenta valores relativamente menores como el número de vasos por milímetro cuadrado que fue de 10 (excepto por *P. pallida* con 5.19), de lo anterior se puede encontrar que el diámetro y el número de vasos por milímetro cuadrado son adaptaciones sumamente importantes para que las especies puedan prosperar en las condiciones imperantes en el área de desarrollo.

**IX CONGRESO MEXICANO DE RECURSOS FORESTALES**  
**23 al 26 de Noviembre de 2009, Oaxaca, Oax., México**

Tabla 2. Diámetro de los vasos ( $\mu\text{m}$ ), número de vasos  $\text{mm}^{-2}$ , longitud de los elementos del vaso ( $\mu\text{m}$ ), diámetro de punteaduras intervasculares ( $\mu\text{m}$ ), longitud de fibras ( $\mu\text{m}$ ), número de radios  $\text{mm}^{-1}$ , altura de los radios ( $\mu\text{m}$ ), ancho de radios (número de células) y presencia de cristales de 10 especies de *Prosopis*.

Estructura	a*	b	c	d	d	e	f	f	g	h
	<i>P. laevigata</i>	<i>P. kuntzei</i>	<i>P. nigra</i>	<i>P. pallida</i>	<i>P. alpataco</i>	<i>P. argentina</i>	<i>P. flexuosa</i>	<i>P. chilensis</i>	<i>P. strombulifera</i>	<i>P. spicigera</i>
Diámetro de vasos ( $\mu\text{m}$ )**	116 (20-224)	63 (11-93)		140 +/- 5	58 (10-152)	40 (8-127)	80 (20-140)	94 (27-200)	104 (10-191)	
Número de vasos $\text{mm}^{-2}$	10 (7-12)	12 (5-18)		5.19 +/- 2.42	52 (14-80)	142 (69-230)	30 (13-47)	94 (20-256)	193 (120-304)	
Longitud de elemento de vaso ( $\mu\text{m}$ )	100 (52-192)	200 (82-322)			72-248	76-294	140 (100-170)	172 (80-243)	136 (64-216)	116-220
Tamaño de punteadura intervasculares ( $\mu\text{m}$ )	3 (2-5)		5...7							
Longitud de la fibra ( $\mu\text{m}$ )	975 (589-1312)	1257 (557-1775)			752 (404-1015)	532 (279-838)	920	100 (648-1680)	667 (391-1606)	448-1600
Número de radios $\text{mm}^{-1}$	8 (6-10)			6.5 +/- 1.2	8.5	7.6	5	48 $\text{mm}^{-2}$	90 $\text{mm}^{-2}$	
Altura de los radios ( $\mu\text{m}$ )	285 (43-884)	244 (129-380)	500...1000		282 (56-856)	438 (51-1000)	300 (150-450)			
Ancho de los radios (número de células)	5 (3-6)	4 (1-6)	3...5							
Presencia de cristales	***	$\text{Ca}_2\text{C}_2\text{O}_4$								

\* Fuente: a) Resultado de la presente investigación, b) Scholz *et al.* (2005), c) Richter y Dallwitz (2000), d) Lopez *et al.* (2005), e) Villagra y Roig (1997), f) Villalba (1985), g) Castro (1994) y h) Iqbal y Ghouse (1983). \*\* vasos en Madera temprana, \*\*\* Presencia de cristales.



## CONCLUSIONES

La madera de *P. laevigata* presenta una distribución difusa de los vasos, los límites de los anillos anuales estuvieron frecuentemente delimitadas por una banda de parénquima marginal. La longitud promedio de las fibras no fue mayor a 1 mm. Resultado de la comparación de las dimensiones de diferentes estructuras anatómicas de 9 especies de este mismo género, se encuentra que la especie de *P. laevigata* presenta valores mayores para algunas características como diámetro de los vasos y menores como el número de vasos por milímetro cuadrado. Se sugiere se siga investigando las dimensiones de las características anatómicas de este género y buscar correlación con diferentes variables físicas del ambiente como precipitación, temperatura y ubicación geográfica.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por el apoyo financiero para la realización del presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Burkart, A. (1976). "A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae)." *Journal of Arnold Arboretum*. 57: 219-249; 450-525.
- Castro, M. A. (1994). *Maderas argentinas de Prosopis. Atlas anatómico*. Secretaría General de la Presidencia de la Nación. República de Argentina: 101 pp.
- Felker, P. (1981). "Uses of tree legumes in semiarid regions." *Economic Botany* 35(2): 174-186.
- Hapla, F. and J. Saborowski (1987). "Stichprobenplanung für holzanatomische Untersuchungen." *Holz als Roh- und Werkstoff* 45: 141-144.

IAWA, C. (1989). "IAWA list of microscopic features for hardwood identification." IAWA Bulletin 10(3): 219--332.

INE (1994). Mezquite *Prosopis* spp. cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. México.

Iqbal, K. and A. K. M. Ghouse (1983). "An analytical study on cell size variation in some arid zone trees of India: *Acacia nilotica* and *Prosopis spicigera*." IAWA Bulletin n.s. 4 (1): 46--52.

López, B. C., S. Sabaté, et al. (2005). "Wood anatomy, description of annual rings, and responses to ENSO events of *Prosopis pallida* H.B.K., a wide-spread woody plant of arid and semi-arid lands of Latin America " Journal of Arid Environments 61: 541-554.

Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, et al. (2000). "La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000." Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. UNAM 43: 183-203.

Pasiecznik, N. M., P. J. C. Harris, et al., Eds. (2004). Identifying tropical *Prosopis* species: A field guide. Hidra. Coventry, UK ISBN 0 905343 34 4.

Richter, H. G. and M. J. Dallwitz (2000). "Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish."

Rodríguez, F. C. and A. L. J. Maldonado (1996). "Overview of past, current and potential uses of mesquite in Mexico." In: Felker R. Moss J. (Eds) *Prosopis*; Semiarid Fuel Wood and Forage Tree Building Consensus for the Disemfranchised. Center from Semi-arid Forest Resources. Texas A&M University. Washington. DC. EEUU. pp 6.41-6.52.

Scholz, G., C. Bues, et al. (2005). "Holzeigenschaften und Verwendungspotentiale der Baumarten *Prosopis Kuntzei* Harms. und *Schinopsis cornuta* Loes. aus dem Chaco Paraguays." Holztechnologie 46(3): 18-25.

USDA (2007). ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Online Database] National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxgenform.pl?language=en> National Germplasm Resources Laboratory,.

Villagra, P. E., R. Villalba & J. A. Boninsegna (2002). "Dendrocronología de los algarrobales de la zona árida Argentina." SECEDOC: 53-57.

Villagra, P. E. and F. A. Roig-Juñent (1997). "Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* growing under different edaphic conditions." IAWA Journal 18 (1): 37-51.

Villalba, R. (1985). "Xilem structure and cambial activity in *Prosopis flexuosa* D.C." IAWA Bulletin n.s 6: 119-130.

## EFFECTO DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA EN LA DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE GALERÍA EN EL NORESTE DE MÉXICO

Canizales Velázquez Pamela Anabel<sup>1</sup>, Alanís Flores Glafiro<sup>2</sup>, Jiménez Pérez Javier<sup>1</sup>,  
Alanís Rodríguez Eduardo<sup>1</sup>, Aranda Ramos Rafael<sup>3</sup>, Mata Balderas Manuel<sup>3</sup>, Uvalle  
Sauceda José<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. E-mail: [pamcanizales@hotmail.com](mailto:pamcanizales@hotmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León

<sup>3</sup>Sistemas de Innovación y Desarrollo Ambiental, S. C.

### RESUMEN

El presente estudio evaluó la riqueza, diversidad, distribución vertical de especies y similitud de áreas con diferentes grados de afectación por la actividad turística en el Río Ramos, México. El objetivo fue evaluar el efecto de las actividades turísticas en la diversidad y estructural vertical del estrato arbóreo en el bosque de galería. Se clasificaron tres áreas con diferentes grados de afectación de acuerdo a Suzán. Los resultados demostraron que la riqueza no ha sido afectada por la actividad turística, no obstante las áreas fueron diferentes en la composición, diversidad y estructura vertical.

Palabras clave: afectación, turística, estrato arbóreo.

### ABSTRACT

The present study evaluated the richness, diversity, vertical structure and similarity of areas with different degrees of affectation by tourism in the Ramos River, Mexico. The aim was to evaluate the effect of tourism on diversity and vertical structure of the arboreal layer in the gallery forest. We classified three areas with different degree of affectation according to Suzán. The results showed that the richness has not been affected by tourism, however the areas differed in species composition, diversity and vertical structure.

Key words: affectation, tourism, arboreal layer.

## INTRODUCCIÓN

Los ríos han constituido a lo largo de la historia focos preferenciales de concentración de poblaciones, como consecuencia las comunidades que se desarrollan en los márgenes de los cauces de los ríos, arroyos y canales conocidos como bosques de galería (Treviño *et al.*, 2001) han sido sometidos a una intensa presión antropogénica; debido a lo anterior y a su relevancia ecológica, estos han sido ampliamente estudiados en diversas partes del mundo (Naiman y D'ecamps, 1997; Apan *et al.*, 2002; Richardson *et al.*, 2007; Allan, 2004; Alanís *et al.*, 2009). Asimismo, el cambio de uso de suelo tiene un gran impacto en la diversidad de los ecosistemas (Burton y Samuelson, 2008) actualmente los bosques de galería en todo el mundo son cada vez más amenazados por esta condición y por la expansión (Allan, 2004; Burton y Samuelson, 2008) Las zonas riparias son utilizadas en gran manera para la práctica de actividades antropogénicas, como agricultura (Knopf, 1988) (eliminación de vegetación para implantación de cultivos, contaminación de aguas con productos fitosanitarios, etc.), ganadería, minería (Allan, 2004), industria, transporte (Naiman y D'ecamps, 1997), actividades recreativas (Allan, 2004; Knopf *et al.*, Johnson y Carothers, 1982; Washitani, 2001), comunicación y urbanización (Treviño *et al.*, 1997), que en conjunto han causado la alteración o degradación de muchos ecosistemas riparios (Treviño *et al.*, 1997), además de factores ambientales como el clima, la hidrología y la estructura de las cuencas riparias que pueden afectar la estructura de la población y conservación de las especies riparias dominantes (Suzán *et al.*, 2007).

El presente estudio se llevó a cabo en el Río Ramos, ubicado en el Noreste de México en los municipios de Allende y Montemorelos en Nuevo León; dicho sistema hidrológico representa uno de los de mayor importancia en el centro del estado por su cercanía al Área Metropolitana de Monterrey una de las ciudades más pobladas y económicamente importantes de México (Martínez *et al.*, 2003). Debido a la importancia escénica de los ríos y al papel fundamental que en términos ecológicos, hidrológicos y de biodiversidad desempeñan los bosques de galería, es fundamental proteger dichos ecosistemas y determinar las condiciones que presentan las comunidades vegetales, ya que en ellos se desarrollan especies que poseen un gran valor ecológico (Canizales, 2008). Además los corredores forestales a menudo son considerados el principal instrumento mediante el cual

se atenúan los efectos de la pérdida y fragmentación del hábitat (Lees y Peres, 2007). En México las especies que se ubican directamente en cauces de ríos y sistemas hidrológicos con flujo perenne son el sabino o ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), especie longeva y de alta sensibilidad a disturbios ecológicos y climáticos (Villanueva *et al.*, 2006), el álamo de río (*Platanus* spp.), el alamillo (*Populus* spp.) y el sauce (*Salix* spp.), entre otras especies arbóreas (Alanís *et al.*, 1996). El análisis estructural y la caracterización de ecosistemas forestales contribuyen a implementar medidas de conservación y de restauración para áreas con diferentes grados de perturbación (Aguirre *et al.*, 2003; Jiménez *et al.*, 2001). La hipótesis fue que las actividades turísticas modifican la diversidad, riqueza y estructura vertical del estrato arbóreo del bosque de galería en el Noreste de México. Los objetivos del presente estudio fueron (1) evaluar la riqueza de especies arbóreas del bosque de galería en 3 áreas con diferente impacto turístico, (2) estimar la diversidad  $\alpha$  (alfa) y  $\beta$  (beta), (3) evaluar la estructura vertical (la disposición de las plantas de acuerdo a sus formas de vida en los diferentes estratos de la comunidad).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Río Ramos pertenece a la cuenca Río Bravo-San Juan que forma parte de la Región hidrológica Río Bravo se ubica en dos regiones fisiográficas del estado de Nuevo León, la Provincia de la Sierra Madre Oriental y la Provincia de la Llanura Costera del Golfo Norte y nace en la Sierra Madre Oriental; sus aguas fluyen sobre la Llanura Costera del Golfo, cubriendo una superficie de 96, 293 ha. Su origen se ubica en el parteaguas de la Sierra Mauricio donde se generan dos corrientes la de Lagunillas de carácter permanente que fluye por el Cañón de las Adjuntas en dirección SE y una corriente intermitente que fluye por el Cañón de Corral de Piedra en dirección SE. Ambas corrientes se unen en el punto conocido como Las Adjuntas y de ahí se dirigen en dirección SE ya con el nombre de Río Ramos. Considerando el cauce principal del Río Ramos desde Las Adjuntas recorre 87,9 Km hasta el poblado El Porvenir y luego se dirige en dirección N-NE, hasta su desembocadura al Río San Juan. El cauce principal del Río Ramos de manera general se origina a 800 msnm en la Sierra Madre Oriental y vierte sus aguas al Río San Juan a los 300 msnm (INEGI, 1968).

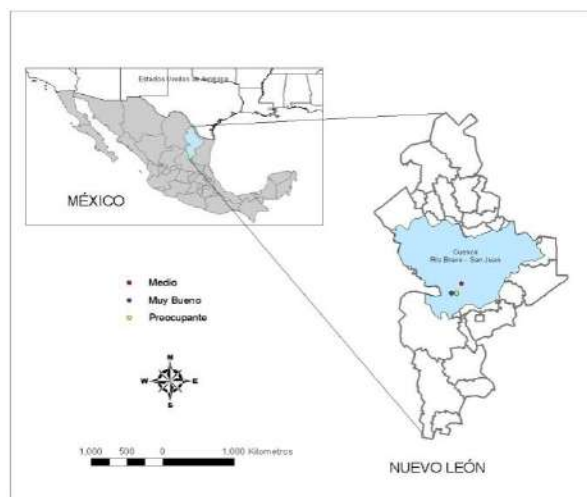


Figura 1. Localización del área de estudio.

Para cumplir los objetivos planteados se seleccionaron tres áreas con diferentes características ecológicas. Cada área presentó diferentes grados de afectación por las actividades turísticas de acuerdo a la clasificación de Suzán (2007), se establecieron cuatro sitios de muestreo de  $250 \text{ m}^2$  en cada área, con una equidistancia de 10 m en las cuales se midieron todos los individuos con un diámetro normal ( $d_{1.30 \text{ m}} \geq 5 \text{ cm}$ ) y las variables dasométricas evaluadas fueron la especie, la altura total ( $h$ ) y el diámetro ( $d_{1.30 \text{ m}}$ ). Los criterios utilizados para determinar el grado de afectación de cada área por las actividades turísticas fue una modificación de Suzán (2007): 1) Existencia de vegetación herbácea ribereña, 2) que la ribera del río esté relativamente inalterada, 3) Presencia de especies arbóreas de diferentes clases diamétricas, 4) Ausencia de modificaciones o alteraciones para fines agrícolas o ganaderos y 5) Ausencia de contaminación en las riberas del río y agua (evidencia de basura, fogatas, deposición fecal humana, así como otros tipos de residuos). Si todas las características se encontraron presentes en el área se consideró como “Muy buena”, si presentó de 3 a 4 características se consideró “Media” y si sólo presentó de 1 a 2 fue considerada “Preocupante”.

Mediante el análisis de la información se derivaron parámetros estructurales de la vegetación como abundancia relativa ( $A_i$ ), frecuencia relativa ( $F_i$ ), área basal ( $G$ ), dominancia relativa ( $D_i$ ) e índice de valor de importancia ( $IVI$ ) (Curtis y McIntosh, 1950; Mueller-Dombois

y Ellenberg, 1974; Magurran, 2004). Los cuales se estimaron mediante las siguientes ecuaciones matemáticas.

La abundancia relativa se obtuvo mediante la fórmula (1).

$$A_i = \frac{n}{N} * 100 \quad (1)$$

Donde  $A_i$  es la abundancia relativa de la especie  $i$  con respecto a la abundancia total,  $n$  es el número de individuos de la especie  $i$  y  $N$  el número total de individuos.

La dominancia relativa se obtuvo mediante la ecuación (2).

$$D_i = \frac{g}{G} * 100 \quad (2)$$

$$G = \sum_{i=1}^N g_i \dots \quad (3)$$

Donde  $D_i$  es la dominancia relativa de la especie  $i$  respecto a la dominancia total,  $g$  es el área basal de la especie  $i$  y  $G$ , ecuación (3) es el área basal total.

La frecuencia relativa se obtuvo mediante la fórmula (4).

$$F_i = \frac{m}{M} * 100 \quad (4)$$

Donde  $F_i$  es la frecuencia relativa de la especie  $i$  con respecto a la frecuencia total,  $m$  la frecuencia de la especies  $i$  en los sitios de muestreo y  $M$  el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia se obtuvo para cada especie, mediante la ecuación (5).

$$I.V.I. = A_i + D_i + F_i \quad (5)$$

Donde  $A_i$  es la abundancia relativa,  $D_i$  es la dominancia relativa y  $F_i$  la frecuencia relativa.

Para estimar la diversidad  $\alpha$  se utilizó el índice de Shannon y Wiener (Shannon, 1948) y el índice de dominancia de Simpson (Magurran, 1988). La riqueza de especies se evaluó



mediante los índices de Margalef (Clifford y Stephenson, 1975) y Menhinick (Whittaker, 1977). El índice de Shannon y Wiener se estimó mediante la ecuación (6).

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i) \quad (6)$$

Donde  $S$  es el número de especies presentes,  $\ln$  es logaritmo natural y  $p_i$  es la proporción de las especies.

$p_i = n_i/N$ ; donde  $n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$  y dividido entre  $N$  que es el número total de individuos.

El índice de Simpson se estimó mediante la ecuación (7).

$$\lambda = \sum p_i^2 \quad (7)$$

Donde  $p_i$  es la proporción de la especie  $i$ .

Además se estimaron los índices de Equitatividad (Magurran, 1988) y Complemento de Simpson (Magurran, 1988). El índice de Equitatividad se estimó mediante la ecuación (8).

$$E = \frac{H'}{\ln S} \quad (8)$$

Donde:  $H'$  = índice de diversidad de Shannon,  $\ln S$  = logaritmo del número de especies ( $S > 1$ ), el Complemento de Simpson mediante la ecuación (9).

$$1 - \lambda = 1 - \sum p_i^2 \quad (9)$$

Donde el resultado varía de 0 a 1 (donde 1 denota mayor diversidad).

El índice de diversidad de Margalef se estimó con la ecuación (10).

$$D_a = \frac{(s-1)}{\text{Log}N} \quad (10)$$

y el de Menhinick con la fórmula (11).

$$D_b = \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (11)$$

Donde  $s$  es el número de especies y  $N$  el número total de individuos.

La diversidad  $\beta$  se estimó mediante la similitud entre las áreas evaluadas y se determinó por medio del índice cuantitativo de Morisita-Horn (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) empleando la ecuación (12).

$$I_{MH} = \frac{2\sum(an_i * bn_j)}{(da + db)aN * bN} \quad (12)$$

Donde  $an_i$  es el número de individuos de la  $i$ -ésima especie en el sitio A,  $bn_j$  es el número de individuos de la  $j$ -ésima especie en el sitio B.

Para determinar las diferencias significativas entre sitios en la diversidad de especies se utilizó la prueba de  $t$  de Hutchenson (Magurran, 1988; Corral *et al.*, 2002). Dicha prueba se estimó mediante la ecuación (13).

$$t = \frac{(H'_1 - H'_2) / (\text{var } H'_1 + \text{var } H'_2)^{1/2}}{\text{var } H' = \left[ \sum pi(\ln pi)^2 - (\sum pi \ln pi)^2 \right] / N + (S - 1) / 2N^2}$$

$$g.l. = \frac{(\text{var } H'_1 + \text{var } H'_2)^2}{\left[ (\text{var } H'_1)^2 / N_1 \right] + \left[ (\text{var } H'_2)^2 / N_2 \right]} \quad (13)$$

Donde  $H'_1$  es la diversidad del sitio 1 y  $H'_2$  es la diversidad del sitio 2;  $\text{var } H'_1$  es la varianza de la diversidad calculada para el sitio 1 y  $\text{var } H'_2$  es la varianza de la diversidad calculada para el sitio 2;  $g.l.$  son los grados de libertad que se debe de utilizar para obtener el valor de  $t$  calculada ( $t_c$ ).

De acuerdo a Pretzsch (1996) se interpretó la distribución de las especies en tres diferentes zonas de altura: zona I: 80%-100% de la altura máxima de la población, zona II: 50%-80%, zona III: 0-50%. Y posteriormente se calculó el índice de distribución vertical de especies ( $A$ ) el cual cuantifica la diversidad de especies y su ocupación en el espacio vertical en la población (Jiménez *et al.*, 2001). El índice de distribución vertical se calculó de acuerdo a la fórmula:

$$A = -\sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} \cdot \ln(p_{ij}) \quad (14)$$

$$p_{ij} = n_{ij} / N \quad (14)$$

Donde  $S$  es el número de especies presentes;  $Z$  el número de zonas de altura y  $p_{ij}$  (13) la proporción de especies en cada zona de altura,  $n_{ij}$  es el número de individuos de la misma especie ( $i$ ) en la zona ( $j$ ) y  $N$  el número total de individuos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros ecológicos

La Tabla 1 muestra los valores absolutos y relativos de abundancia (N/ha), dominancia ( $m^2/ha$ ), frecuencia y valor de importancia de las especies arbóreas. El área denominada Muy Buena presenta la mayor abundancia (970 N/ha) y los parámetros ecológicos muestran que las especies *Taxodium mucronatum* y *Platanus occidentalis* son las más abundantes con 50,52% y 48,45% respectivamente y de mayor valor ecológico con un  $IVI > 104\%$ . La especie de menor valor ecológico en el área Muy Buena es *Juglans mollis* (12,21%). Por otra parte en las áreas Media y Preocupante *Taxodium mucronatum* es la especie más abundante y de mayor valor ecológico ( $> 232\%$ ); las especies de menor importancia ecológica son *Cephalanthus salicifolius* (16,98%) y *Prosopis glandulosa* (20,35%) respectivamente. La especie más dominante en todas las áreas fue *Taxodium mucronatum* debido a que presentó grandes dimensiones diamétricas, ya que son especies predominantes de estos ecosistemas (Villanueva *et al.*, 2006; Alanís *et al.*, 1996).

**IX CONGRESO MEXICANO DE RECURSOS FORESTALES**  
23 al 26 de Noviembre de 2009, Oaxaca, Oax., México

Especie	Abundancia N/ha		Dominancia m <sup>2</sup> /ha		Frecuencia Rel.	IVI
	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.		
<b>Muy buena</b>						
<i>Taxodium mucronatum</i>	490	50,52	97,43	88,77	44,44	183,73
<i>Juglans mollis</i>	10	1,03	0,08	0,07	11,11	12,21
<i>Platanus occidentalis</i>	470	48,45	12,25	11,16	44,44	104,06
<b>Total</b>	<b>970</b>	<b>100</b>	<b>109,76</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
<b>Media</b>						
<i>Taxodium mucronatum</i>	460	88,46	145,56	99,62	44,44	232,53
<i>Psidium guajava</i>	10	1,92	0,04	0,03	22,22	24,17
<i>Cephalanthus salicifolius</i>	30	5,77	0,15	0,10	11,11	16,98
<i>Platanus occidentalis</i>	20	3,85	0,37	0,25	22,22	26,32
<b>Total</b>	<b>520</b>	<b>100</b>	<b>146,12</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
<b>Preocupante</b>						
<i>Taxodium mucronatum</i>	510	96,23	95,00	90,70	66,67	253,60
<i>Populus tremuloides</i>	10	1,89	7,85	7,49	16,67	26,05
<i>Prosopis glandulosa</i>	10	1,89	1,88	1,80	16,67	20,35
<b>Total</b>	<b>530</b>	<b>100</b>	<b>104,74</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Tabla 1. Parámetros ecológicos

### Diversidad alfa ( $\alpha$ )

De acuerdo a los índices de Menhinick y Margalef el área Muy Buena ( $D_b = 0,30$  y  $D_a = 0,44$ ) presentó la menor riqueza y el área Media ( $D_b = 0,55$  y  $D_a = 0,76$ ) la mayor riqueza; de acuerdo al índice de diversidad de Shannon el área Muy Buena ( $H' = 0,74$ ) fue la más diversa y el área Preocupante ( $H' = 0,18$ ) la de menor diversidad. El índice de dominancia de Simpson muestra que el área Preocupante ( $\lambda = 0,93$ ) se encuentra dominada por pocas especies y el área Muy Buena ( $\lambda = 0,49$ ) presenta homogeneidad en el número de especies y dichas especies se presentan de manera equitativa o uniforme ( $E: 0,67$ ), contrario a lo obtenido en el área Preocupante ( $E: 0,16$ ) (Tabla 2).

ÍNDICES	ÁREA		
	Muy Buena	Media	Preocupante
Riqueza específica	3	4	3
Menhinick	0,30	0,55	0,41
Margalef	0,44	0,76	0,50
Shannon	0,74	0,47	0,18
Equitatividad	0,67	0,34	0,16
Simpson	0,49	0,79	0,93
Complemento de Simpson	0,51	0,21	0,07

Tabla 2. Índices de diversidad

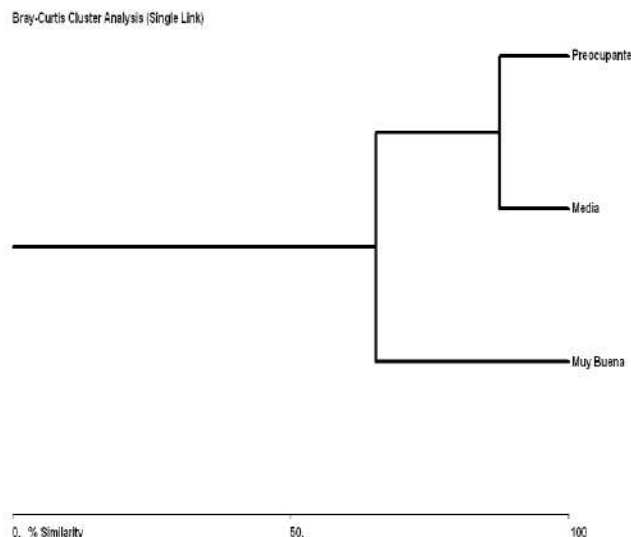
### Diversidad beta ( $\beta$ )

Mediante el índice de Morisita-Horn, se estimó la similitud entre las áreas de muestreo obteniendo la mayor similitud para las áreas Media y Preocupante ( $I_{MH}= 99,30\%$ ) y la menor para las áreas Muy buena y Preocupante ( $I_{MH}= 68,62\%$ ) (Tabla 3) dicha influencia se debe a la alta sensibilidad del índice en la abundancia de la especie dominante (Curtis y McIntosh, 1950). Esta información indica que existe diferencia entre las abundancias de las distintas especies en las áreas Muy Buena y Preocupante, las cuales disminuyen o aumentan de acuerdo a las condiciones ecológicas de la misma (Suzán *et al.*, 2007).

ÍNDICE MORISITA-HORN ( $I_{MH}$ )	ÁREA	
	Muy Buena	Media
Preocupante	68,62%	99,30%
Media	72,86%	

Tabla 3. Índice de Morisita-Horn para similitud/disimilitud entre áreas.

Igualmente se analizó la similitud entre áreas mediante el índice de similitud de Bray & Curtis (1957), el resultado se expresa por medio de un dendrograma (Figura 2) obteniendo como resultado dos grupos donde las áreas Media y Preocupante presentan una alta similitud, mientras que el área Muy Buena se muestra diferente en relación a las otras dos áreas.



## Figura 2. Dendrograma de similitud de Bray & Curtis

La prueba de  $t$  de Hutchenson determinó de acuerdo a la diversidad de especies, que el área Media presenta igualdad tanto con el área Preocupante como con el área Muy Buena; mientras que las áreas Preocupante y Muy Buena presentaron diferencia (Tabla 4) indicando con ello que existe un disminución significativa en la diversidad de especies conforme aumentan las condiciones de disturbio en las áreas, mostrando que el área Media presenta un disturbio avanzado por la pérdida de diversidad biológica de tal manera que puede llegar a situación de Preocupante en poco tiempo si no se establecen programas de manejo y restauración.

<b>PRUEBA DE T DE HUTCHENSON</b>	<b>G.L.</b>	<b>T<sub>C</sub></b>	<b>T<sub>T</sub></b>	
Preocupante/Media	97.34	1.70	1.98	Igualdad
Preocupante/Muy buena	149.95	3.28	1.96	Diferencia
Medio/Muy buena	135.90	1.40	1.96	Igualdad

Tabla 4. Prueba de  $t$  de Hutchenson para diferencias significativas entre áreas

### Distribución vertical de especies

La distribución vertical de las especies muestra que el estrato III es el mejor representado en todas las áreas con alrededor del 50%, siendo el área Muy Buena la de mayor heterogeneidad de especies, sin embargo el área Preocupante se encuentra constituida en su mayoría por la especie *Taxodium mucronatum* lo que sugiere que existe una disminución en las clases menores de las especies arbóreas que conforman la comunidad de bosque de galería, ya que la mortalidad de plántulas aumenta en condiciones de hábitats perturbados (Suzán *et al.*, 2007) siendo esta área la más influida turísticamente (Tabla 5).

Especie	Muy buena		Media		Preocupante	
	No. Ind.	%	No. Ind.	%	No. Ind.	%
	<b>Estrato I</b>					
<i>Taxodium mucronatum</i>	7	7,22	3	5,77	8	15,09
<i>Platanus occidentalis</i>	3	3,09				
<b>Suma</b>	<b>10</b>	<b>10,31</b>	<b>3</b>	<b>5,77</b>	<b>8</b>	<b>15,09</b>
<b>Estrato II</b>						
<i>Taxodium mucronatum</i>	15	15,46	20	38,46	18	33,96
<i>Platanus occidentalis</i>	20	20,62				
<i>Prosopis glandulosa</i>					1	1,89
<i>Populus tremuloides</i>					1	1,89
<b>Suma</b>	<b>35</b>	<b>36,08</b>	<b>20</b>	<b>38,46</b>	<b>20</b>	<b>37,74</b>
<b>Estrato III</b>						
<i>Taxodium mucronatum</i>	27	27,84	23	44,23	25	47,17
<i>Juglans mollis</i>	1	1,03				
<i>Platanus occidentalis</i>	24	24,74	2	3,85		
<i>Psidium guajava</i>			1	1,92		
<i>Cephalanthus salicifolius</i>			3	5,77		
<b>Suma</b>	<b>52</b>	<b>53,61</b>	<b>29</b>	<b>55,77</b>	<b>25</b>	<b>47,17</b>
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>100</b>	<b>52</b>	<b>100</b>	<b>53</b>	<b>100</b>

Tabla 5. Distribución vertical de especies.

## CONCLUSIÓN

Las diferentes actividades turísticas realizadas en las áreas muestreadas han mostrado un efecto desfavorable en la estructura vertical y diversidad del estrato arbóreo del bosque de galería, ya que la diversidad arbórea disminuyó en áreas con mayor influencia turística, además de presentar una disminución en la distribución vertical de especies en el estrato III, ya que existe mayor mortalidad de plántulas en áreas con mayor presencia turística y por consiguiente más perturbadas. Por lo anterior se rechaza la hipótesis y se concluye que las actividades turísticas modifican la diversidad y estructura vertical del estrato arbóreo del bosque de galería en el Noreste de México. Sin embargo no se mostró efecto en la riqueza de especies. La información referente a la estructura y composición de las comunidades de bosque de galería es de gran relevancia debido que representan áreas de continuas perturbaciones por actividades turísticas y condiciones ambientales, por lo que información pertinente a la situación actual de dichos ecosistemas brinda una perspectiva general de su condición ecológica y otorga los elementos básicos para desarrollar estrategias y planes de conservación de estas áreas prioritarias. Una estrategia importante es la implementación de medidas para disminuir la afluencia turística hacia las áreas con menor perturbación turística de tal manera que dichas áreas logren restablecerse y utilizarlas como zonas núcleo de corredores riparios ya que en estas zonas se observaron brinzales de *Taxodium mucronatum*, mientras que en áreas de mayor perturbación es necesario establecer vigilancia suficiente para evitar que en dichas áreas aumente la perturbación; entre las medidas principales se encuentran la colocación de sanitarios públicos ya que las deposiciones fecales humanas a la orilla del río es un problema muy grave, así como la colocación de depósitos de residuos sólidos que han deteriorado fuertemente este corredor biológico, además de establecer áreas exclusivas para acampar en las cuales no se rebase la capacidad de carga y mantener el flujo de turistas controlado en las diferentes áreas del río y realizar la zonificación ecológica del área para brindar la protección adecuada a este valioso corredor biológico.



## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Dr. Marco Aurelio González Tagle por su apoyo en los análisis estadísticos.

## REFERENCIAS

- Aguirre, O.A., J. Jiménez, H. Kramer, A. Akça. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *CIENCIA UANL* 6(2): 219-225.
- Alanís, G.J., G. Cano, M. Rovalo. 1996. *Vegetación y Flora de Nuevo León. Una Guía Botánico-Ecológica*. Impresora Monterrey, S. A. de C. V. Pp. 137.
- Alanís, E., J. Jiménez, O. Aguirre, E. Treviño, E. Jurado, M. González. 2008. Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL* 9(1): 56-62.
- Allan, J.D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 35: 257–84.
- Apan, A.A., S.R. Raine y M.S. Paterson. 2002. Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning* 59(1): 43-57.
- Bray, J.R. y J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* (27): 325–349.
- Burton, M.L. y L.J. Samuelson. 2008. Influence of urbanization on riparian forest diversity and structure in the Georgia Piedmont, US. *Plant Ecology* 195(1): 99-115.
- Canizales, P.A. 2008. Estudio de comunidades riparias con diferentes grados de afectación por la actividad antropogénica en el Río Ramos, Nuevo León, México. Tesis de licenciatura. FCB-UANL.
- Clifford, H. y W. Stephenson. 1975. *An introduction to numerical classification*. Academia Press, London.
- Corral, J., O.A. Aguirre, J. Jiménez, J.J. Návar. 2002. Muestreo de diversidad y observaciones ecológicas del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña “El

- Cielo”, Tamaulipas, México. Revista Chapingo. Serie forestales y del ambiente. Universidad Autónoma Chapingo (8)2:125-131.
- Curtis, J. T. y R. P. McIntosh. 1950. The inter relation of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* (31): 434-455.
- INEGI. 1986. Síntesis Geográfica de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F. 170 p.
- Jiménez, J., O. Aguirre, H. Kramer. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 10 (2):355-366.
- Johnson, R.R. y S.W. Carothers. 1982. Riparian habitats and recreation: interrelationships and impacts in the Southwest and Rocky Mountain Region. U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Eisenhower Consortium Bulletin 12.
- Knopf, F., R.R. Johnson, T. Rich, F.B. Samson y R.C. Szaro. 1988. Conservation of riparian ecosystems in the United States. *Wilson Bulletin* 100(2): 272-284.
- Lees, A. C. y C. A. Peres. 2007. Conservation value of remnant riparian forest corridors of varying quality for Amazonian birds and mammals. *Conservation Biology* 2(1): 1-11.
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 p.
- Magurran, A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK. 256 p.
- Martínez, A., I. Cantú, R. Aranda. 2003. El medio ambiente y los recursos naturales de Nuevo León. *Ciencia UANL* 6(1):3-4.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons Ltd., New York.
- Naiman, R.J. y H. D'écamps. 1997. The ecology of interfaces: Riparian zones. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 28: 621-658.
- Pretzsch, H. 1996. Strukturvielfalt als Ergerbnis waldbaulichen Handels. *Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung, Nehresheim*. Pp. 134-154.
- Richardson, D.M., P.M. Holmes, K.J. Esler, S.M. Galatowitsch, J.C. Stromberg, S.P. Kirkman, P. Pysek y R.J. Hobbs. 2007. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions* 13: 126–139.

- Shannon, C. 1948. The mathematical theory of communication. En C.E. Shannon; W. Weaver (Ed). Univ. of Illinois. Press. Pp. 134-154.
- Suzán, H., G. Enríquez, G. Malda. 2007. Population structure of the Mexican baldcypress (*Taxodium mucronatum* Ten.) in Queretaro, Mexico. *Forest Ecology and Management* 242: 243–249.
- Treviño, E.J., C. Cavazos, O.A. Aguirre. 2001. Distribución y estructura de los bosques de galería en dos ríos del centro sur de Nuevo León. *Madera y Bosques* 7(1): 13-25.
- Villanueva, J., J. Cerano, D.W. Stahle, M.D. Therrell, L. Vázquez, R. Morán, B.H. Luckman. 2006. Árboles viejos del Centro-Norte de México. Importancia Ecológica y Paleoclimática. Folleto Científico No. 20. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango. 46 p.
- Washitani, I. 2001. Plant conservation ecology for management and restoration of riparian habitats of lowland Japan. *Population Ecology* 43(3): 189–195.
- Whittaker, R. H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. En: *Evolutionary biology*. Vol.10. Hecht M.K., Steere W. C., Wallace B. (Ed.), Plenum. Pp. 1-67.

# ESTIMACIÓN DEL DIÁMETRO, ALTURA Y VOLUMEN A PARTIR DEL TOCÓN PARA PINÁCEAS EN DURANGO, MÉXICO

Gerónimo Quiñónez Barraza<sup>1</sup>, Francisco Cruz Cobos<sup>2</sup>, Benedicto Vargas Larreta<sup>2</sup>,  
Francisco Javier Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumno de Maestría en Ciencias en Desarrollo Forestal Sustentable, Instituto Tecnológico de El Salto. Durango, México [geronimo2723@yahoo.com.mx](mailto:geronimo2723@yahoo.com.mx), <sup>2</sup>Profesor investigador del Instituto Tecnológico de El Salto. Durango, México.

## RESUMEN

Cuando una masa forestal ha sido intervenida silvícolamente y sólo se tiene la evidencia de las dimensiones de los tocones es necesario estimar a través de relaciones alométricas las estructuras en cuanto a diámetro y altura así como el volumen de los árboles cuando estaban en pie. El diámetro del tocón es una variable adecuada para poder predecir el diámetro normal, la altura y el volumen de los árboles. En el presente trabajo se ajustaron 12 modelos matemáticos para predecir el diámetro normal, la altura total y el volumen del fuste a partir del diámetro del tocón para las especies *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. teocote* y *Quercus sideroxila* en el Ejido San Diego de Tezains, municipio de Santiago Papatzi, Durango, México, utilizando una muestra de 267 árboles derribados y empleando para ello modelos lineales y no lineales. Los resultados indican que el diámetro normal y la altura total pueden ser modelados con precisión con una regresión lineal simple, mientras que el volumen con una logarítmica. Así mismo se observa que existe similitud entre especies en las relaciones de las variables estudiadas. Los resultados obtenidos pueden aplicarse en la reconstrucción de escenarios después de una intervención silvícola o de la ocurrencia de fenómenos naturales catastróficos.

Palabras clave: altura de fuste, diámetro normal, diámetro del tocón, modelo matemático, relaciones alométricas, volumen de fuste.

## ABSTRACT

When a forest area has been controlled forestry and only there is had the evidence of the dimensions of the stumps it is necessary to estimate across allometric relationships the structures as for diameter and height as well as the volume of the trees when they were in natural condition. The stump diameter is a variable adapted to be able to predict

the breast diameter, the height and the volume of the trees. In this study, 12 equations for predicting diameter at breast height, total height and stem volume from stump diameter inside bark for the species *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. teocote* and *Quercus sideroxyla* in the Ejido San Diego de Tezains, Santiago Papasquiario, Durango, Mexico, using a sample of 267 demolished trees and using for it linear and not linear models. The results indicate that the diameter at breast height and the height can be described with relatively high accuracy with a simple linear model, while the volume was also estimated with high precision by use of a logarithmic equation. Likewise is observed that similarity exists between species in the relations of the studied variables. The obtained results can be applied in the reconstruction of scenes after an forestry intervention or Or of the occurrence of natural catastrophic phenomena.

Key words: height of stem, breast diameter, diameter of the stump, mathematical model, volume of the stem.

## **INTRODUCCIÓN**

Una de las actividades más comunes en biometría forestal es la estimación de volumen de árboles, las ecuaciones que predicen el volumen de árboles individuales en base a algunas variables independientes de fácil medición en el campo, son herramientas matemáticas fundamentales para la estimación de las existencias volumétricas en bosques, y en consecuencia, se convierten en una herramienta básica en la toma de decisiones en manejo forestal, debido a que generalmente los bosques son valorados económicamente en función de la cantidad de madera que producen (Robinson y Wood, 1994).

Para calcular el volumen de un árbol o de una masa forestal se emplean variables como el diámetro normal, tanto para calcular el volumen de los árboles como para definir la estructura de la masa, o simplemente para seleccionar los árboles a medir en un inventario de acuerdo a un determinado diseño de muestreo. En ocasiones, cuando un árbol ha sido cortado, sólo permanece el tocón como variable indicativa de sus dimensiones, por lo que es necesario utilizar el diámetro de éste como medida predictiva del diámetro normal o el volumen (McClure, 1968).

Baes y Gra (1990) plantean tres aspectos por los cuales es necesario conocer la relación entre el diámetro del tocón y el diámetro a 1.30 m: a) se puede determinar el volumen extraído de cortas furtivas usando las tablas de volumen local, b) si no se

recogió la información o se perdió, se puede determinar la distribución de los diámetros y área basal de parcelas y rodales y, c) se puede determinar el volumen extraído en grandes extensiones.

La literatura disponible sobre la predicción del volumen del árbol en función del diámetro del tocón es relativamente escasa. La mayoría de los trabajos desarrollados presentan tablas, gráficos o ecuaciones que predicen solamente el diámetro normal a partir del diámetro del tocón (McClure, 1968; Bylin, 1982; Weigel y Johnson, 1997). En estos casos la estimación del volumen suele realizarse en dos fases: en primer lugar se predice el diámetro normal en función del diámetro del tocón y a continuación se obtiene el volumen del árbol utilizando una tarifa de cubicación local (Bylin, 1982). Sin embargo, existen casos en los que esta tarifa no está disponible o no puede ser elaborada, por lo que es necesario utilizar una herramienta más general que permita la estimación directa del volumen a partir del diámetro del tocón medido. Así, Myers (1963); Nyland (1975); Bylin (1982); Parresol (1998) relacionaron esta última variable con el volumen del árbol. Todos los estudios citados han sido realizados con datos de diferentes especies forestales de Norteamérica.

En México, el único trabajo realizado hasta el momento es el de (Corral *et al.*, 2007), quienes realizaron una investigación del uso del diámetro del tocón para estimar el diámetro normal y volumen del fuste para algunas especies del género *Pinus* en la región forestal de El Salto, Durango.

El objetivo del presente trabajo fue ajustar 12 modelos matemáticos para predecir el diámetro normal, la altura total y el volumen del fuste en función del diámetro del tocón para *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. teocote*, *P. leiophylla*, *P. ayacahuite* y *Quercus sideroxila* en el ejido San Diego de Tezains, municipio de Santiago, Papasquiario, Durango. México.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Descripción del área de estudio

El ejido San Diego de Tezains se ubica en la región noroeste del estado de Durango, en la Sierra Madre Occidental; está comprendido dentro de los municipios de Santiago Papasquiario, Tepehuanes, Topia, Canelas y Otáez (Programa de Manejo Forestal, 2006), pero la mayor parte de su superficie está dentro del municipio de Santiago Papasquiario Figura1.

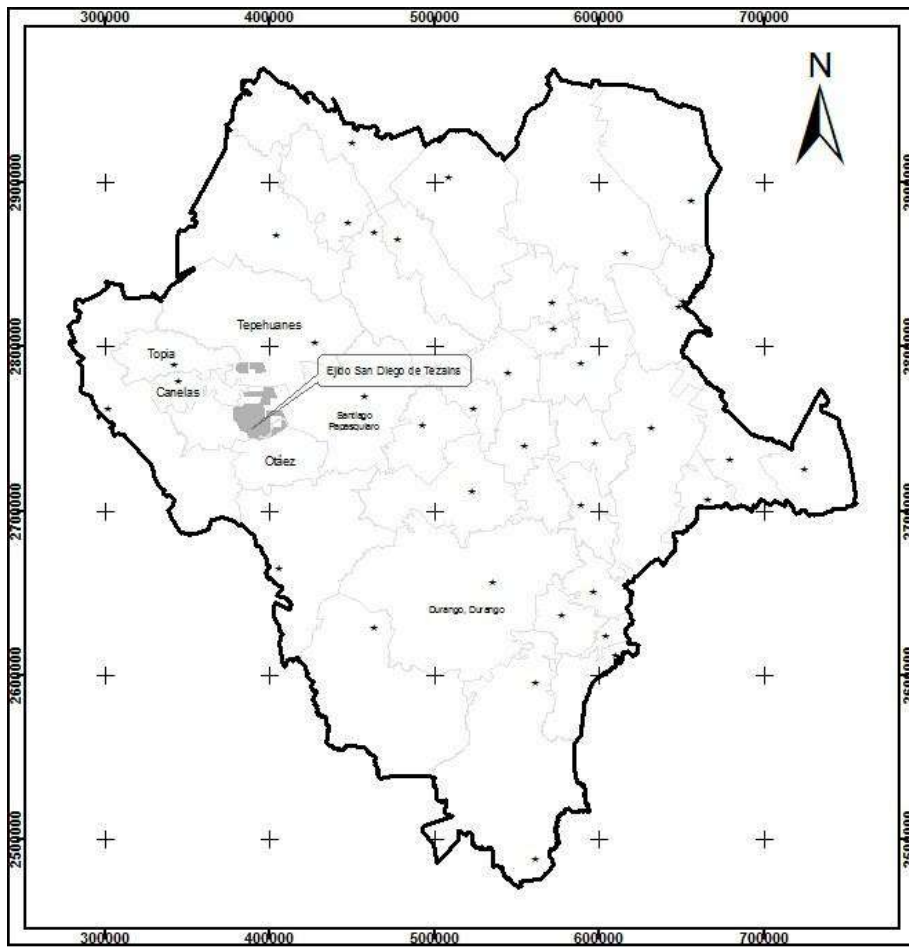


Figura 7. Ubicación del área de estudio.

Las coordenadas extremas del área de estudio se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 3. Coordenadas extremas de ubicación del área de estudio.

PUNTO	UTMX	UTMY	LATITUD	LONGITUD
1	377653.00	2743710.00	24° 48' 16.98" N	106° 12' 37.63" W
2	377653.00	2790530.00	25° 13' 38.91" N	106° 12' 52.58" W
3	410445.00	2790530.00	25° 13' 47.25" N	105° 53' 20.76" W
4	410445.00	2743710.00	24° 48' 25.17" N	105° 53' 09.81" W

Los tipos de climas en el área son templado, cálido húmedo y templado subhúmedo, con una precipitación media anual de 1375 mm (García, 1981). Las temperaturas medias varían desde los 8° C en las zonas más altas hasta los 24° C en las zonas bajas en las cuales la altitud media apenas llega a los 600 m. La geología predominante es 99.82% compuesto de riolita toba ácida, Tom (R-Ta) y 0.18% compuesto de aluvial, Q (al) (INEGI, 1993). Las asociaciones de suelo predominantes son litosol, cambisol, luvisol, regosol, feozem, cromicos, háplicos y eutricos. Los principales tipos de vegetación en el área son los bosques de pino-encino, los cuales

cubren dos terceras partes de la superficie del ejido (Programa de Manejo Forestal, 2006).

#### Caracterización de la base de datos

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó una base de datos de 267 árboles derivados de análisis troncales que se obtuvieron en el año 2006. Dicha base de datos se compone de 46, 73, 54, 30, 27 y 37 observaciones para las especies de *Pinus arizonica* (Pa), *durangensis* (Pd), *teocote* (Pt), *leiophylla* (Pl), *ayacahuite* (Pa) y *Quercus sideroxila* (Qs), respectivamente.

Los datos se obtuvieron derribando el árbol a la altura mínima posible del tocón, extrayendo tres secciones hasta llegar al diámetro normal (1.30 m), siendo las dos primeras de 30 cm y la tercera el complemento para el diámetro normal. Posteriormente se obtuvieron secciones de 2 m hasta llegar a la punta del árbol. Se midió el diámetro normal y la longitud total del árbol derribado; en cada sección se midieron los diámetros y longitudes correspondientes. Los volúmenes de las trozas fueron calculados con la fórmula de Smalian [1] y la parte final con la del cono [2]:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} h \quad [1]$$

$$V = \frac{S_b \cdot h}{3} \quad [2]$$

Donde:

$S_1$  = Superficie menor ( $m^2$ )

$S_2$  = Superficie mayor ( $m^2$ )

$S_b$  = Superficie de la base ( $m^2$ )

$h$  = Longitud (m)

$V$  = Volumen ( $m^3$ )

Posteriormente se sumaron los volúmenes individuales de cada sección para determinar el volumen total del fuste limpio. En el Cuadro 2 se presentan los estadísticos de diámetro del tocón (dtoc), diámetro normal (dn), altura total (ht) y volumen del fuste (vf) de la base de datos utilizada.

#### Modelos utilizados

Los modelos utilizados son los recomendados por (Diéguez *et al.*, 2003; Benítez *et al.*, 2004; Corral *et al.*, 2007), los cuales se presentan en el Cuadro 3.



Cuadro 4. Valores de los estadísticos descriptivos de la base de datos.

Variable	Estadístico	Especie					
		<i>Pa</i>	<i>Pay</i>	<i>Pd</i>	<i>Pl</i>	<i>Pt</i>	<i>Qs</i>
Observaciones		46	27	73	30	54	37
dtoc	Min	19.00	18.00	17.00	21.00	19.00	18.00
	Max	68.00	69.00	64.00	63.00	62.00	67.00
	Media	36.83	41.44	35.04	37.87	35.00	36.95
	STD	13.08	13.86	12.13	13.45	10.66	14.37
	CV	0.36	0.33	0.35	0.36	0.30	0.39
dn	Min	14.00	12.00	13.00	13.00	13.00	11.00
	Max	51.00	50.00	46.00	52.00	49.00	48.00
	Media	27.24	28.63	24.89	27.03	25.04	25.81
	STD	10.42	10.15	9.48	10.89	9.21	10.62
	CV	0.38	0.35	0.38	0.40	0.37	0.41
ht	Min	8.30	9.37	8.53	10.64	7.85	6.44
	Max	30.51	24.31	26.53	27.55	26.60	22.36
	Media	18.05	17.39	16.32	16.89	15.13	12.27
	STD	4.91	4.66	4.81	5.13	4.31	4.16
	CV	0.27	0.27	0.29	0.30	0.29	0.34
vf	Min	0.09	0.08	0.08	0.10	0.08	0.04
	Max	2.38	2.11	2.34	2.80	2.35	2.06
	Media	0.76	0.69	0.58	0.72	0.55	0.45
	STD	0.66	0.60	0.56	0.70	0.53	0.48
	CV	0.86	0.87	0.96	0.97	0.96	1.06

Donde: dtoc = diámetro del tocón (cm), dn = diámetro normal (cm), ht = altura total (m), vt = volumen de fuste (m<sup>3</sup>), Min = valor mínimo, Max = valor máximo, STD= Desviación estándar, CV= Coeficiente de variación, *Pa*, *Pay*, *Pd*, *Pl*, *Pt* y *Qs* fueron descritas anteriormente.

Cuadro 5. Modelos utilizados para predecir el diámetro normal (dn), altura total (ht) y volumen del fuste (vf) en función del diámetro del tocón (dtoc).

Modelo	Ecuación
M1	$dn = a + b(dtoc) + \varepsilon$
M2	$dn = a + b(dtoc)^2 + \varepsilon$
M3	$dn = a + b_1(dtoc) + c(dtoc)^2 + \varepsilon$
M4	$\ln(dn) = a + b \ln(dtoc) + \varepsilon$
M5	$ht = a + b(dtoc) + \varepsilon$
M6	$ht = a + b(dtoc)^2 + \varepsilon$
M7	$ht = a + b(dtoc) + c(dtoc)^2 + \varepsilon$
M8	$\ln(ht) = a + b \ln(dtoc) + \varepsilon$
M9	$v = a + b(dtoc) + \varepsilon$
M10	$v = a + b(dtoc)^2 + \varepsilon$
M11	$v = a(dtoc)^b + \varepsilon$
M12	$\ln(v) = a + b \ln(dtoc) + \varepsilon$

Los modelos utilizados excepto el modelo M11 son lineales en sus parámetros, por lo que su ajuste se realizó a través del método de mínimos cuadrados ordinarios, empleando el procedimiento REG del programa estadístico SAS (SAS Institute INC, 2003) mientras que para el modelo no lineal se utilizó el procedimiento MODEL, del mismo programa.

#### Metodología de ajuste

Hair *et al.* (1999) señalan que no siempre los modelos que mejor se ajustan a la muestra realizan las mejores estimaciones de los valores reales, por lo que el objetivo de un análisis de regresión no es encontrar el mejor ajuste sólo para la muestra sino desarrollar el modelo que mejor describa la población en su conjunto. Por esta razón una medida utilizada para evaluar el valor teórico de la regresión es el error o residuo, es decir la diferencia entre la variable dependiente efectiva y su valor predictivo. El análisis de los residuos permite además, calcular los estadísticos más comunes; en este contexto, la capacidad de ajuste se analizó a partir de los residuos y de cuatro estadísticos utilizados con frecuencia en modelización forestal (Prodan *et al.*, 1997; Gadow y Hui, 1999; Castedo y Álvarez, 2000; Diéguez *et al.*, 2003; Corral *et al.*, 2007): Sesgo Promedio ( $\bar{e}$ ), Raíz del Error Medio Cuadrático ( $REMC$ ), Coeficiente de Determinación Ajustado ( $R^2_{adj}$ ) y Coeficiente de Variación (CV).

$$\bar{e} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \right] \quad [3]$$

$$REMC = \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-p} \right]} \quad [4]$$

$$R^2_{adj} = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right] * \left( \frac{n-1}{n-p} \right) \quad [5]$$

$$CV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{Y_i - \bar{Y}}{n-1} \right)^2}{\bar{Y}}} \quad [6]$$

Donde:

$Y_i, \hat{Y}_i, \bar{Y}$  = Valores observado, predicho y medio de la variable dependiente

$n$  = Número de observaciones

$p$  = Número de parámetros del modelo

El sesgo evalúa la desviación del modelo respecto de los valores observados, la raíz del error medio cuadrático analiza la precisión de las estimaciones, el coeficiente de determinación ajustado refleja la variabilidad total que es explicada por el modelo teniendo en consideración el número total de parámetros a estimar, y el coeficiente de variación explica la variabilidad relativa con respecto a la media, lo cual sirve para la rápida comparación de los modelos candidatos (Burnham y Anderson, 2000; Diéguez *et al.*, 2003).

Además, se analizaron gráficamente los residuos frente a los valores predichos de la variable dependiente con la finalidad de detectar valores atípicos o tendencias extrañas en los datos. Este análisis es muy útil para determinar si los ajustes se adecuan a los datos (Huang, 2002).

## RESULTADOS

### Relación diámetro normal – diámetro del tocón

Los valores de los estimadores de los modelos para el caso de la relación del diámetro normal en función del diámetro del tocón se muestran en el Cuadro 4, observándose que el modelo con mejor ajuste es el M4 para todas las especies.

Para conocer la significancia de los parámetros de los modelos seleccionados utilizando una confiabilidad del 95%, en el Cuadro 5 se muestran los valores de los parámetros  $a$  y  $b$  (Estimador), error estándar del parámetro calculado (EE), el valor calculado del estadístico  $t$  de student ( $t$ ) y la significancia del parámetro ( $Pr > t$ ).

En la Figura 2 se muestran los valores predichos frente a los residuos obtenidos con el modelo M4. Se puede observar que la distribución de los errores no sigue un patrón definido, lo que permite asumir que el modelo no presenta problemas de heterocedasticidad, mientras que el rango de los valores residuales es pequeño en todos los casos.

Cuadro 6. Parámetros y estadísticos de los modelos ajustados para la relación diámetro normal – diámetro del tocón (dn – dtoc).

Sp	Modelo	a	b	c	$\bar{E}$	REMC	$R^2_{adj}$	CV
Pa	M1	-1.62	0.78		$1.6^{-15}$	1.91	0.97	7.02
	M2	12.59	0.01		$-8.7^{-17}$	2.71	0.93	9.96
	M3	-3.79	0.91	-0.0016	$2.0^{-15}$	1.91	0.97	7.03
	M4	-0.57	1.07		$3.2^{-15}$	1.91	0.97	7.02
Pay	M1	-1.28	0.72		$-1.3^{-15}$	1.78	0.97	6.21
	M2	13.29	0.01		$-7.0^{-16}$	2.35	0.95	8.21
	M3	-0.67	0.69	0.0003	$-3.0^{-15}$	1.81	0.97	6.34
	M4	-0.55	1.05		$3.6^{-16}$	1.74	0.98	6.09
Pd	M1	-1.72	0.76		$-3.5^{-16}$	2.22	0.94	8.95
	M2	11.9	0.01		$-3.4^{-16}$	2.77	0.91	11.14
	M3	-3.66	0.87	-0.0014	$9.2^{-16}$	2.23	0.94	8.97
	M4	-0.60	1.07		$1.2^{-15}$	2.22	0.95	8.94
Pl	M1	-3.05	0.79		$-1.2^{-15}$	2.16	0.96	7.99
	M2	11.35	0.01		$-1.3^{-15}$	2.31	0.96	8.55
	M3	1.94	0.52	0.0035	$4.6^{-16}$	2.13	0.96	7.87
	M4	-0.72	1.10		$-3.06^{-16}$	2.09	0.97	7.76
Pt	M1	-4.43	0.84		$-6.0^{-16}$	2.07	0.95	8.28
	M2	10.42	0.01		$9.3^{-16}$	2.30	0.94	9.19
	M3	-0.69	0.63	0.0029	$1.3^{-15}$	2.06	0.95	8.23
	M4	-0.92	1.16		$1.5^{-15}$	2.03	0.94	8.12
Qs	M1	-0.88	0.73		$-1.2^{-15}$	2.27	0.95	8.81
	M2	12.28	0.01		$1.2^{-15}$	2.95	0.92	11.43
	M3	-3.26	0.86	-0.0017	$7.1^{-16}$	2.29	0.95	8.86
	M4	-0.57	1.06		$1.4^{-15}$	2.27	0.95	8.78

Dode: Sp = especie, a, b y c = Parámetros de los modelos;  $\bar{E}$  = Sesgo promedio; REMC = Raíz del Cuadrado Medio del Error,  $R^2_{adj}$  = Coeficiente de determinación ajustado; CV = Coeficiente de Variación.

Cuadro 7. Errores estándar, valor de t y significancia de los parámetros de ajuste del modelo M4.

Sp	Modelo	Parámetro	Estimador	EE	t	Pr>t
Pa	M4	a	-0.57	0.11	-5.40	<0.0001
		b	1.07	0.03	36.11	<0.0001
Pay	M4	a	-0.55	0.12	-4.58	0.0001
		b	1.05	0.03	31.91	<0.0001
Pd	M4	a	-0.60	0.10	-6.13	<0.0001
		b	1.07	0.03	38.25	<0.0001
Pl	M4	a	-0.72	0.13	-5.35	<0.0001
		b	1.10	0.04	29.42	<0.0001
Pt	M4	a	-0.92	0.15	-6.26	<0.0001
		b	1.16	0.04	27.91	<0.0001
Qs	M4	a	-0.57	0.14	-4.19	0.0002
		b	1.06	0.04	27.62	<0.0001

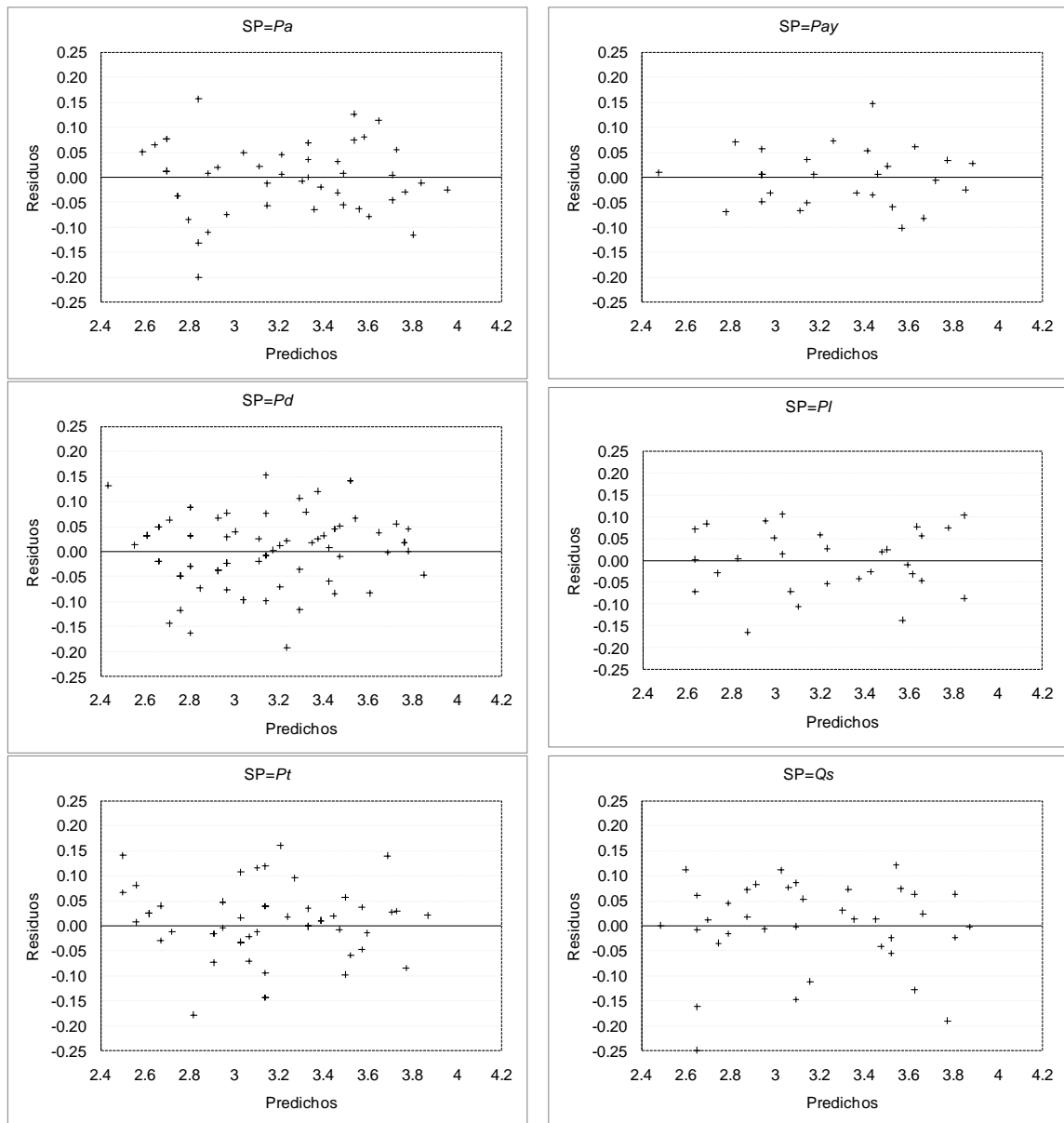


Figura 8. Valores residuales frente a valores predichos para la relación diámetro normal – diámetro del tocón ( $d_n - d_{toc}$ ) obtenidos con el modelo M4.

### Relación altura total – diámetro del tocón

Los valores de los estimadores así como los estadísticos de ajuste para la relación altura total en función del diámetro del tocón se muestran en el Cuadro 6, observándose que el modelo con mejor bondad de ajuste es el M5 para todas las especies.

Para cada una de las especies estudiadas se presentan en el Cuadro 7 los valores de los parámetros  $a$  y  $b$  (Estimador), Error estándar del parámetro calculado (EE), el valor calculado del estadístico  $t$  de student ( $t$ ) y la significancia del parámetro ( $Pr > t$ ), calculados con una confiabilidad del 95%.

Cuadro 8. Parámetros y estadísticos de los modelos ajustados para la relación altura total – diámetro del tocón (ht – dtoc).

Sp	Modelo	a	b	c	E	REMC	R <sup>2</sup> adj	CV
Pa	M5	7.69	0.28		-4.0 <sup>-15</sup>	3.28	0.55	18.19
	M6	12.84	0.003		-4.8 <sup>-15</sup>	3.39	0.52	18.79
	M7	5.14	0.43	-0.0018	-3.0 <sup>-15</sup>	3.31	0.55	18.31
	M8	0.83	0.57		1.18 <sup>-15</sup>	3.25	0.56	17.99
Pay	M5	5.48	0.29		-1.0 <sup>-15</sup>	2.46	0.72	14.14
	M6	11.48	0.003		-1.2 <sup>-15</sup>	2.74	0.66	15.73
	M7	-1.68	0.65	-0.0042	-2.2 <sup>-15</sup>	2.37	0.74	13.62
	M8	0.21	0.71		2.4 <sup>-16</sup>	2.37	0.77	13.65
Pd	M5	6.47	0.28		-5.2 <sup>-15</sup>	3.41	0.47	20.89
	M6	11.53	0.003		-6.0 <sup>-15</sup>	3.47	0.48	21.28
	M7	5.22	0.35	-0.0009	-4.6 <sup>-15</sup>	3.43	0.49	21.03
	M8	0.65	0.60		7.4 <sup>-16</sup>	3.42	0.47	20.93
Pl	M5	4.56	0.33		1.5 <sup>-15</sup>	2.72	0.72	16.09
	M6	10.41	0.004		9.5 <sup>-16</sup>	2.68	0.73	15.85
	M7	9.13	0.07	0.0032	1.3 <sup>-15</sup>	2.72	0.72	16.12
	M8	0.38	0.67		-6.05 <sup>-16</sup>	2.75	0.72	16.25
Pt	M5	4.17	0.31		3.9 <sup>-15</sup>	2.76	0.59	18.22
	M6	9.67	0.004		4.7 <sup>-15</sup>	2.76	0.59	18.27
	M7	6.49	0.18	0.0018	4.3 <sup>-15</sup>	2.77	0.59	18.34
	M8	0.17	0.71		6.6 <sup>-16</sup>	2.76	0.56	18.24
Qs	M5	4.82	0.20		-1.8 <sup>-15</sup>	3.03	0.47	24.67
	M6	8.42	0.002		-8.5 <sup>-16</sup>	3.02	0.47	24.61
	M7	6.95	0.08	0.0015	-1.9 <sup>-15</sup>	3.06	0.46	24.93
	M8	0.46	0.56		9.02 <sup>-16</sup>	3.04	0.44	24.76

Cuadro 9. Errores estándar, valor de t y significancia de los parámetros de ajuste del modelo M5.

Sp	Modelo	Parámetro	Estimador	EE	t	Pr>t
Pa	M5	a	-0.57	0.11	-5.40	<0.0001
		b	1.07	0.03	36.11	<0.0001
Pay	M5	a	-0.55	0.12	-4.58	0.0001
		b	1.05	0.03	31.91	<0.0001
Pd	M5	a	-0.60	0.10	-6.13	<0.0001
		b	1.07	0.03	38.25	<0.0001
Pl	M5	a	-0.72	0.13	-5.35	<0.0001
		b	1.10	0.04	29.42	<0.0001
Pt	M5	a	-0.92	0.15	-6.26	<0.0001
		b	1.16	0.04	27.91	<0.0001
Qs	M5	a	-0.57	0.14	-4.19	0.0002
		b	1.06	0.04	27.62	<0.0001

En la Figura 3 se muestran los valores predichos frente a los residuos del modelo M5 para la relación altura total y el diámetro del tocón, en la cual observa que la

distribución de los residuos no presenta evidencia de problemas de falta de homogeneidad de varianza para ninguna especie, sin embargo, en las primeras categorías de altura existe una sobreestimación de los valores predichos por el modelo para las especies *Pd* y *Pt*, mientras que en la categoría de 15 a 20 m de la altura los valores son más cercanos al cero para *Pay* y *Pl*.

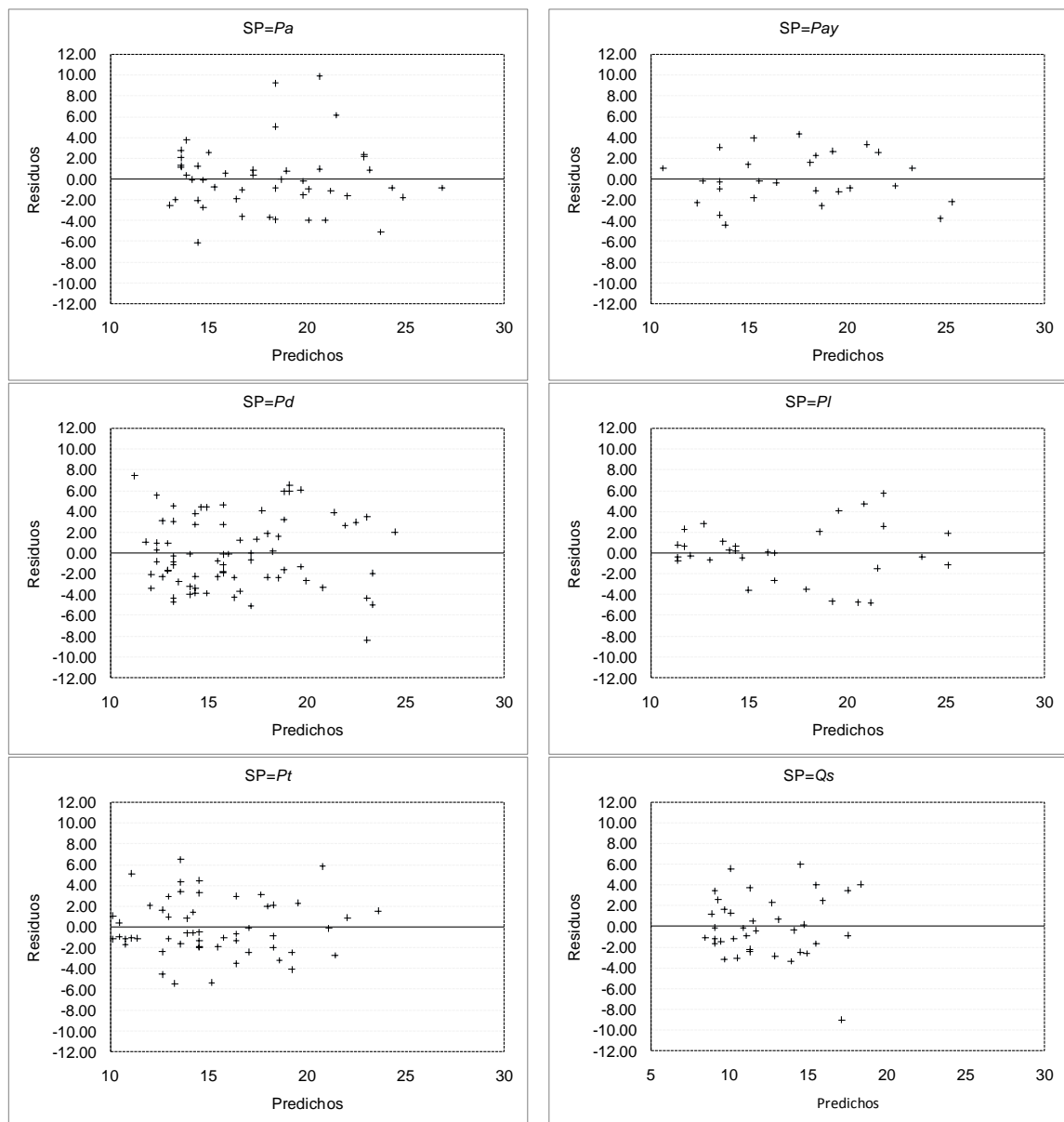


Figura 9. Valores residuales frente a los valores predichos para la relación altura total – diámetro del tocón ( $ht - dtoc$ ).obtenidos con el modelo M5.

#### Relación volumen de fuste – diámetro del tocón

Los valores de los estimadores de los modelos y los estadísticos de ajuste del volumen del fuste en función del diámetro del tocón se muestran en el Cuadro 8, observándose que el modelo M12 presentó mejor bondad de ajuste para todas las especies.

Cuadro 10. Parámetros y estadísticos de los modelos ajustados para describir la relación volumen del fuste – diámetro del tocón ( $V_f - dtoc$ ).

Sp	Modelo	a	b	E	REMC	R <sup>2</sup> adj	CV
Pa	M9	-0.99	0.05	-8.2 <sup>-17</sup>	0.22	0.89	28.80
	M10	-0.15	0.0005	-2.6 <sup>-16</sup>	0.20	0.91	26.28
	M11	0.0001	2.28	-2.00 <sup>-02</sup>	0.21	0.90	27.13
	M12	-9.95	2.61	4.5 <sup>-15</sup>	0.22	0.93	28.49
Pay	M9	-0.99	0.04	-1.8 <sup>-16</sup>	0.20	0.89	29.00
	M10	-0.21	0.0004	-1.1 <sup>-16</sup>	0.15	0.93	22.35
	M11	0.00003	2.62	-4.00 <sup>-03</sup>	0.15	0.94	21.73
	M12	-10.71	2.71	-1.4 <sup>-15</sup>	0.15	0.95	21.52
Pd	M9	-0.91	0.04	-5.7 <sup>-17</sup>	0.22	0.85	37.06
	M10	-0.17	0.0005	-3.8 <sup>-17</sup>	0.19	0.88	32.89
	M11	0.00006	2.50	-1.00 <sup>-02</sup>	0.19	0.88	33.17
	M12	-10.20	2.64	3.9 <sup>-15</sup>	0.19	0.90	33.48
Pi	M9	-1.11	0.05	3.8 <sup>-17</sup>	0.27	0.85	37.53
	M10	-0.26	0.0006	1.1 <sup>-16</sup>	0.22	0.91	29.77
	M11	0.00001	2.96	5.20 <sup>-03</sup>	0.19	0.93	26.53
	M12	-10.58	2.74	2.13 <sup>-16</sup>	0.20	0.96	27.62
Pt	M9	-1.03	0.04	-1.2 <sup>-16</sup>	0.22	0.83	40.08
	M10	-0.27	0.0006	-1.1 <sup>-16</sup>	0.17	0.89	31.66
	M11	0.000009	3.01	4.00 <sup>-04</sup>	0.16	0.91	28.46
	M12	-11.24	2.91	-2.03 <sup>-15</sup>	0.16	0.92	29.17
Qs	M9	-0.64	0.03	-9.6 <sup>-17</sup>	0.22	0.78	50.05
	M10	-0.13	0.0003	2.8 <sup>-18</sup>	0.20	0.83	44.28
	M11	0.00002	2.74	4.10 <sup>-03</sup>	0.19	0.84	42.69
	M12	-10.59	2.62	3.9 <sup>-15</sup>	0.19	0.91	42.95

En el Cuadro 9 se presentan los valores de los parámetros a y b (Estimador), su error estándar, el valor calculado de t de student (t) y la significancia ( $pr>t$ ) de los parámetros.

Cuadro 11. Errores estándar, valor de t y probabilidad de t de los parámetros de ajuste para la relación volumen del fuste – diámetro del tocón ( $V_f - dtoc$ ) del modelo M12.

Sp	Modelo	Parámetro	Estimador	EE	t	Pr>t
Pa	M12	a	-9.95	0.38	-25.99	<0.0001
		b	2.61	0.10	24.32	<0.0001
Pay	M12	a	-10.71	0.46	-23.36	<0.0001
		b	2.71	0.12	21.76	<0.0001
Pd	M12	a	-10.20	0.36	-28.58	<0.0001
		b	2.64	0.10	25.99	<0.0001
Pi	M12	a	-10.58	0.39	-27.25	<0.0001
		b	2.74	0.11	25.33	<0.0001
Pt	M12	a	-11.24	0.40	-27.76	<0.0001
		b	2.91	0.11	25.35	<0.0001
Qs	12	a	-10.59	0.48	-21.97	<0.0001
		b	2.62	0.14	19.33	<0.0001



Los residuos obtenidos para la relación volumen del fuste y diámetro del tocón para las especies estudiadas se presenta en la Figura 4. De acuerdo a los valores de volumen predichos con el modelo M12, se observa que en volúmenes bajos el modelo predice con una confiabilidad muy alta, mientras que en volúmenes más altos el modelo sobreestima los valores predichos para las especies de estudio.

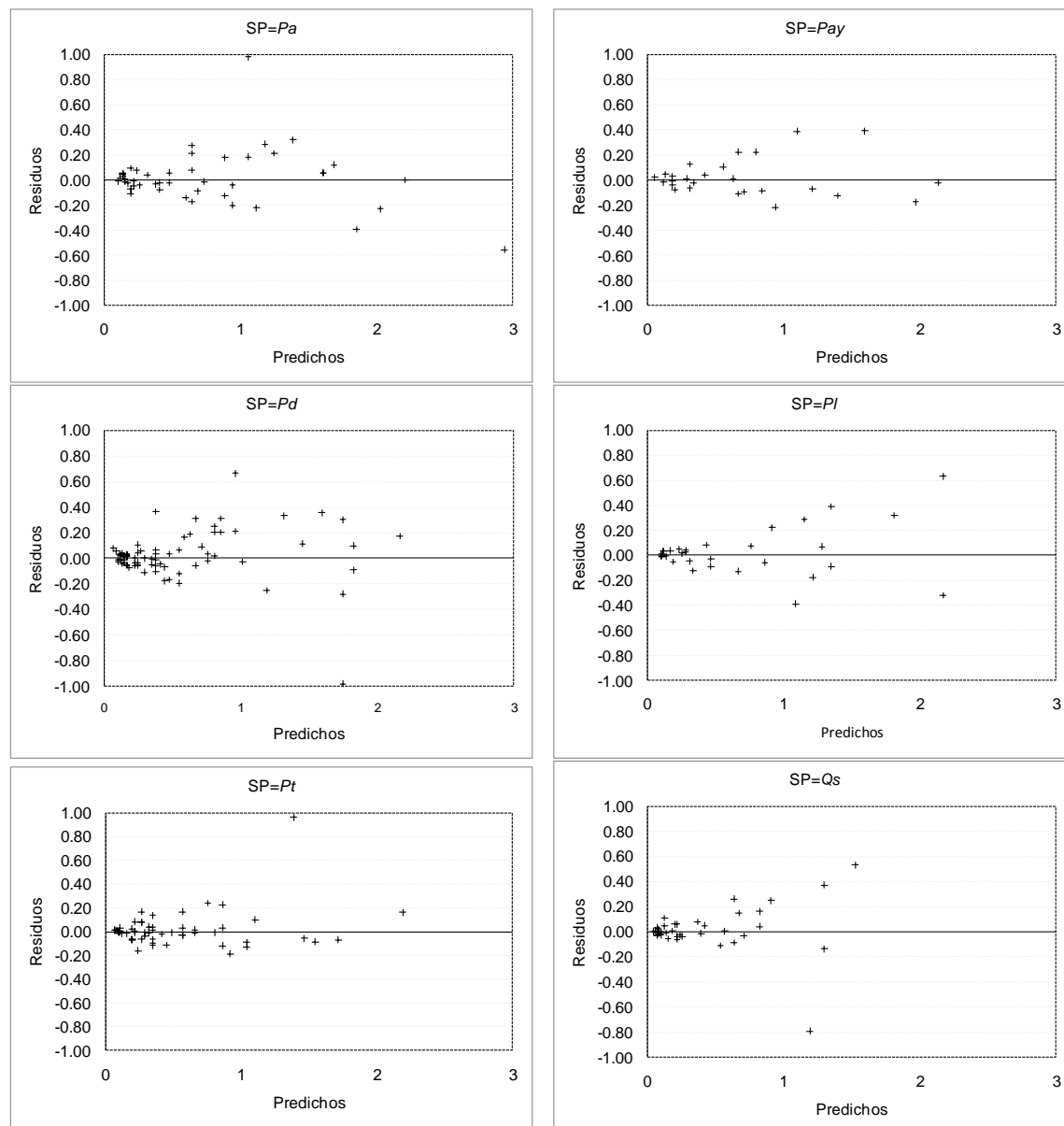


Figura 10. Valores residuales frente a valores predichos para la relación volumen del fuste – diámetro del tocón ( $V_f - dtoc$ ) obtenidos con el modelo M12.

## DISCUSIÓN

Una ecuación lineal simple entre el diámetro normal y el diámetro del tocón explica adecuadamente la relación de estas variables en las especies estudiadas, lo cual coincide con los resultados obtenidos por (Diéguez *et al.*, 2003; Corral *et al.*, 2007). Aunque los modelos de forma parabólica (M2, M6 y M10) presentan de igual forma

buenos resultados, sólo que el parámetro que acompaña a la variable elevada al cuadrado toma valores cercanos a cero, lo que indica su poca aportación al modelo.

Los valores del coeficiente de determinación ajustado para los modelos seleccionados están por arriba de 0.9, valores que se ajustan a lo expresado por Gujarati (1999), que plantea que, para este tipo de estudios, un modelo es satisfactorio si el valor de este coeficiente es razonablemente alto (alrededor de 0.8). Alder (1980), por su parte, expresa que las mejores funciones pueden tener coeficientes de determinación de solamente 0.7 ó 0.8. Benítez et al. (2004) obtuvieron coeficientes de determinación alrededor de 0.9 para plantaciones de *Casuarina Equisetifolia* Forst y señalan que el coeficiente de determinación por sí solo no es suficiente para evaluar la exactitud de un modelo, sino que hay que analizarlo en relación con otros parámetros estadísticos. En este sentido, en el presente trabajo se tomaron en cuenta el error típico, sesgo promedio, coeficiente de variación y la significancia de los parámetros para elegir los mejores modelos, como recomiendan (Diéguez *et al.*, 2003). Los estadísticos utilizados fueron ajustados a las unidades originales de las variables empleadas para hacerlos comparables entre sí.

En términos generales los modelos M4, M8 y M12 explican satisfactoriamente el comportamiento de las variables diámetro normal, altura total y volumen, respectivamente, en función del diámetro del tocón, por lo que se puede concluir que estos modelan adecuadamente las variables estudiadas.

El modelo seleccionado para la relación de diámetro normal – diámetro del tocón (M4) coincide con el desarrollado por (Benítez *et al.*, 2004), en su estudio para plantaciones de *Casuarina equisetifolia*, mientras que (Diéguez *et al.*, 2003), en su estudio de especies forestales de Galicia, España, señalan que para esta relación puede ser explicada por un modelo lineal o parabólico, al igual que (Corral *et al.*, 2007), que coinciden que el modelo lineal simple es el más adecuado para describir esta relación. En la relación de volumen del fuste – diámetro del tocón, el modelo que mejor explica esta relación es un modelo logarítmico, lo cual coincide con el modelo propuesto para esta relación por (Diéguez *et al.*, 2003); por otro lado, Corral *et al.* (2007) determinaron en su estudio de la región de El Salto, Durango, que para esta relación un modelo no lineal como M11 presenta buenos resultados. Finalmente, para la relación altura total – diámetro del tocón no existen estudios reportados con los cuales se puedan comparar los resultados obtenidos en este estudio.

De acuerdo con (Diéguez *et al.*, 2003) en su estudio para las especies de *Pinus pinaster*, *P. radiata* y *P. sylvestris* en Galicia, España, la utilización de las ecuaciones obtenidas presentan ciertas limitaciones, como la aplicación a árboles que no están dentro de los límites de la base de datos utilizada y la extrapolación a un rango de datos distinto al empleado puede dar lugar a estimaciones erróneas. En ese sentido, cabe aclarar que los modelos seleccionados no fueron validados debido a que la base de datos utilizada fue muy pequeña, aunque existe la posibilidad de realizar una validación cruzada, pero el aporte de la misma no es importante por el hecho de trabajar con iteraciones de los mismos datos ajustados (Diéguez *et al.*, 2003).

Al respecto Hair *et al.* (1999); Benítez *et al.* (2004), señalan que el objetivo de un análisis de regresión no es encontrar el mejor ajuste sólo para la muestra sino desarrollar un modelo que mejor describa la población en su conjunto, por lo cual se recomiendan el uso de los modelos seleccionados asumiendo que estos deberán ser validados con una muestra de datos independiente a la utilizada en el ajuste.

## **CONCLUSIONES**

El ajuste de los modelos indica que para las especies consideradas, existe una tendencia lineal entre las variables diámetro normal y altura total en función el diámetro del tocón, mientras que para el volumen del fuste la relación es logarítmica.

Los modelos seleccionados muestran estadísticos de ajuste adecuados, lo que significa que su uso en la predicción del diámetro normal, altura total y volumen del fuste en función del diámetro del tocón, es confiable y puede ser de gran utilidad en inventarios forestales y en el manejo forestal en general.

La aplicación de los modelos seleccionados permite conocer las variables estudiadas de las masas forestales del ejido San Diego de Tezains, lo cual servirá para la reconstrucción de escenarios en áreas forestales que hayan sido intervenidas, así como también la cuantificación de volúmenes en áreas después de la ocurrencia de fenómenos naturales catastróficos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este estudio fue realizado con apoyo de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (Beca No. 052007585). Los autores desean agradecer al ejido San Diego de Tezains por la gran disponibilidad en el uso de la información para generar el presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial en los trópicos. Estudios FAO Montes 22/2. Vol. 2. 79 pp.
- Báes, R., Gra H. 1990. Estudios dasométricos en *Casuarina equisetifolia*. Determinación del d1.30 a partir del diámetro del tocón. Revista Forestal Baracoa. Vol 20, Núm 2. Ciudad Habana. Cuba. 63-68 pp.
- Benítez N. J. Y., M. Rivero V., A. Vidal C., J. Rodríguez R., R. C. Álvarez R. 2004. Estimación del diámetro normal a partir del diámetro del tocón en plantaciones de *Casuarina Equisetifolia* Forst. de La Provincia Camagüey, Cuba. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, año/vol. 10, número 001. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 25 – 30 pp.
- Bylin C. V., 1982. Volume prediction from stump diameter and stump height of select species in Louisiana. USDA For. Ser. Note SO-182, 11 pp.
- Castedo F., Álvarez J. G., 2000. Construcción de una Tarifa de Cubicación con Clasificación de productos para *Pinus Radiata* D. Don en Galicia basado en una función de perfil del tronco. Invest. Agrar.: Recur. For. 9 (2), 253 – 268 pp.
- Contreras F., Cordero W. 1996. Evaluación el aprovechamiento forestal en la comunidad de Bella Flor Lomerio. Documento técnico 35/1996, Proyecto Bolfor, Santa Cruz Bolivia. 30 pp.
- Corral-Rivas J. J., Barrio-Anta M., Aguirre-Calderon O. A., Diéguez-Aranda U., 2007. Use of stump diameter to estimate diameter at breast height and tree volumen for major pine species in El Salto, Durango (México). Forestry, Vol. 80, No. 1. 12 pp.
- Diéguez A. U., M. Barrio A., F. Castedo D., M. Balboa M. 2003. Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.12 (2),. 131-139 pp.
- Gadow K. V., Hui G. 1999. Modelling Forest Development. Kluwer Academic Publishers, 205 pp.
- García M. E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México, D. F. 252 pp.
- Gujarati, D. N. 1999. Econometría. Segunda Parte. N/S. Estados Unidos. 127 – 131 pp.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., Blach, W. C. 1999. Análisis multivariante. Quinta edición. Prentice Hall Iberia, Madrid, España. 832 pp.
- Huang S., 2002. Validating and localizing growth and yield models: procedures, problems and prospects. Proceedings of IUFRO Workshop on Reality, models and parameter estimation: the forestry scenario. Sesimbra.
- INEGI. 1993. Cartas climáticas. Esc. 1:250,000. G13-7, G13-8, G13-10 y G13-11.
- INEGI. 1993. Cartas de uso de suelo y vegetación. Esc. 1:250,000. G13-7, G13-8, G13-10 y G13-11.
- INEGI. 1993. Cartas Edafológicas. Esc. 1:250,000. G13-7, G13-8, G13-10 y G13-11.
- INEGI. 1993. Cartas Geológicas. Esc. 1:250,000. G13-7, G13-8, G13-10 y G13-11.
- INEGI. 1993. Cartas temáticas en formato digital SHP. Aguas superficiales y subterráneas. G13c46, G13c47, G13c56 y G13c47.

- McClure J.P., 1968. Predicting tree dbh from stump measurements in the southeast. USDA For. Ser. Res. Note SE-99, 4 pp.
- Myers C. A., 1963. Estimating volumes and diameters at breast height from stump diameters, southwestern ponderosa pine. USDA For. Ser. Res. Note RM – 9, 2 pp.
- Nyland R. D., 1975. Estimating volume from stump measurements for hardwoods. State University of New York, College of environmental Science and Forestry AFRI Res. Note 14, 2 pp.
- Parresol B. R., 1998. Prediction and error of baldcypress stem volume from stump diameter. South. J. Appl. For. 22 (2), 69 – 73 pp.
- Prodan M., Peters R., Cox F., Real P., 1997. Mensura Forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Costa Rica. 561 pp.
- Programa de Manejo Forestal Sustentable. 2006. Ejido San Diego de Tezains, Municipio de Santiago Papasquiari, Durango.
- Robinson, A. P. and G. B. Wood. 1994. Individual tree volume estimation: a new look at new systems. Journal of Forestry 92(12): 25-29 pp.
- SAS INSTITUTE INC., 2003. SAS/STAT™ User's guide, Release 9.1 Edition. Cary, NC, USA.
- Weigel D. R., Johson P. S., 1997. Estimating dbh of southern Indiana oaks from stump diameter. USDA For. Ser. Tech. Brief TB – NC – 44 pp.

## **ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *Dioon holmgrenii* DE LUCA, SABATO & VÁZQ. TORRES EN LA SIERRA SUR, OAXACA**

Pedro Díaz Escamilla<sup>1</sup>, Mario Valerio Velasco García<sup>1</sup> y Guillermo Sánchez de la  
Vega<sup>2</sup>

Alumno de la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido. Dienp\_84@hotmail.com

Profesor-Investigador de la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido.

taxodium01@hotmail.com, guillermo\_sdv@yahoo.com

### **RESUMEN**

La distribución de las cícadas es reducida y fragmentada, debido a la destrucción de su hábitat por la agricultura, ganadería, asentamientos humanos, aprovechamiento ilegal y falta de manejo. *Dioon holmgrenii* es una especie endémica catalogada como amenazada con un alto valor ecológico y económico cuya distribución geográfica se restringe a dos localidades en la Sierra Sur del estado de Oaxaca. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue describir los atributos estructurales de la población entre sitios con diferentes niveles de conservación y en tres localidades dentro de la población. Se establecieron 11 sitios de muestreo en los cuales se midió la altura y número de hojas para definir los estadios. La curva de sobrevivencia es de tipo III, evidenciándose elevada mortalidad de plántulas y altas tasas de supervivencia de los adultos. La densidad de la población estudiada fue de 864 plantas por ha, los resultados del ANOVA indica que la mayor densidad se ubica en las categorías adulto 1 y plántulas. Se encontró que no existen diferencias estadísticas significativas en altitud y localidad. Sin embargo, si existen diferencias por nivel de conservación; en donde los sitios abandonados son los más adecuados para el desarrollo de *D. holmgrenii*. Es importante que se desarrollen nuevas estrategias de conservación y se mejoren las actividades realizadas para la protección de la especie, con especial énfasis en las plántulas, ya que es el estadio más susceptible de sufrir daños por la competencia y por las actividades humanas.

**Palabras clave:** cícada, *Zamiaceae*, dinámica poblacional, conservación, estadio.

### **ABSTRACT**

The distribution of cycads is reduced and fragmented due to habitat destruction by agriculture, ranching, settlements, illegal exploitation and lack of management. *Dioon holmgrenii* is an endemic species listed as threatened with a high ecological and economic value whose distribution is restricted to two locations in the Sierra Sur of

Oaxaca state. Therefore, the objective of this study was to describe the structural attributes of the population between sites with different levels of conservation and in three locations within the population. It established 11 sampling sites in which they measured the height and number of leaves to define the stages. The survival curve is of type III, revealing high mortality of seedlings and high survival rates of adults. The density of the population studied was of 864 plants per ha, the ANOVA results indicate that the highest density is at the adult level 1 and seedlings. There was found no statistically significant differences in altitude and location. However, if there are differences by level of conservation; where abandoned sites are most suitable for the development of *D. holmgrenii*. It is important to develop new conservation strategies and activities undertaken to improve the protection of the species, with special emphasis on the seedlings, as is the stage most susceptible to damage by competition and by human activities.

**Key words:** cycads, *Zamiaceae*, poblacion dinamic, conservation, stage.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de parámetros demográficos relacionados con la dinámica poblacional de especies vegetales a todos los niveles incluyendo sus diferentes fases, proporcionan información valiosa de procesos que las afectan (Aguirre, 2004). La estructura poblacional es definida como la manera en que están representadas diferentes etapas del desarrollo (plántulas, brinzales, juveniles y adultos) de una especie vegetal (Flores, 2008); este parámetro es de utilidad para inferir una relación entre edad y tamaño de los individuos en especies leñosas (Piñero y Sarukhán, 1984).

De manera general para las especies de vida larga se han definido tres tipos de estructura poblacional: el tipo III (Deevey), conformado por muchos individuos en las primeras etapas de desarrollo, la frecuencia de individuos disminuye “paulatinamente” hacia las etapas adultas. Una estructura de este tipo denota un buen potencial regenerativo de la población; el tipo II, constituida por mayor frecuencia de individuos en las categorías tempranas y tardías, y menor frecuencia de individuos de etapas intermedias. Y el tipo I, en el que la frecuencia de individuos en las primeras etapas (plántulas y juveniles) es escasa y las etapas más tardías están mejor representadas, lo cual puede reflejar que las primeras etapas de desarrollo, por algún motivo, presentan dificultades para su establecimiento (Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla, 1995; Peter, 1994).

El análisis de la estructura poblacional en especies vegetales de vida larga es importante, ya que permite tener una aproximación para inferir aspectos relacionados con la dinámica de regeneración de las poblaciones, misma que está relacionada con la efectividad de reclutamiento de nuevos individuos (Flores, 2008; Martínez-Ramos y Álvarez-Buylla, 1995); asimismo, permite hacer recomendaciones sobre planes de manejo y estrategias de conservación *in situ* que conducen a la permanencia y preservación de la población (Pérez-Farrera *et al.*, 2006).

*Dioon holmgrenii* Torres es una especie gimnosperma que pertenece a la familia Zamiaceae del orden de los Cycadales (conocidas como cícadas), se originaron en el periodo pérmico hace 280 millones de años y posiblemente en el carbonífero hace 300-325 millones de años (Donaldson, 2003). Las cícadas son plantas vasculares semileñosas a leñosas, perennes, con estructuras reproductivas denominadas estróbilos; la mayoría de las especies presentan una forma de crecimiento arborescente (Pérez-Farrera y Vovides, 1997). Su crecimiento es lento (menor a un centímetro de altura por año), por lo que se pueden encontrar individuos de hasta 2,000 años, como el caso de *D. edule* (Vovides y Peters, 1987).

En el mundo existen 304 especies de cícadas comprendidas en 12 géneros agrupados en las familias Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae (Hill *et al.*, 2007; Stevenson, 1992), distribuidas en las zonas tropicales, subtropicales y templadas (Pérez-Farrera y Vovides, 2006). Debido a la destrucción de su hábitat y la extracción ilegal aproximadamente 52% de las especies se consideran como especies amenazadas, raras o endémicas; asimismo la distribución de muchas especies es restringida y el tamaño de sus poblaciones es reducido (Donaldson, 2003).

En México existen 45 especies descritas de la familia Zamiaceae, todas correspondientes a los géneros *Zamia*, *Ceratozamia* y *Dioon* (Vovides, 2003); de las cuales aproximadamente el 80% son endémicas (Pérez-Farrera y Vovides, 2006). Esto ubica a México en el segundo lugar a nivel mundial con el mayor número de especies y endemismos superado sólo por Australia (Vovides e Iglesias, 1994; Dirzo *et al.*, 2009).

Por su parte *Dioon holmgrenii* es una especie endémica catalogada como amenazada cuya distribución geográfica se restringe a dos localidades en la Sierra Sur



del estado de Oaxaca (González-Astorga *et al.*, 2008), habitando principalmente en bosques de encino y en zonas de transición con selva baja caducifolia, es posible que esté relacionada con *D. caputoi*, *D. purpusii* y *D. edule* (De Luca *et al.*, 1981). Se encuentra protegida por el CITES (2009) y la IUCN (2009), en México está catalogada como especie endémica y amenazada en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (DOF, 2002).

Además de su importancia evolutiva y de conservación, las cícadas ecológicamente son importantes ya que de acuerdo con Schneider *et al.* (2002) las interacciones que mantienen algunas especies con sus herbívoros y polinizadores pueden ser sumamente específicas. Asimismo, en el aspecto económico por poseer belleza propia son comercializadas como plantas de ornato; su rareza, escasez y lento crecimiento elevan su valor en el mercado ilegal (Vovides, 2000). En algunas culturas las cícadas representan un elemento importante en las festividades religiosas; tal es el caso de *D. merolae* en la comunidad de Suchiapa estado de Chiapas donde las hojas son usadas para adornar los altares (Pérez-Farrera y Vovides, 2006).

A pesar de la situación e importancia de las cícadas, hasta el momento son escasos los estudios de estructura poblacional (Alejandre *et al.*, 1990; Aguirre, 2004; Pérez-Farrera y Vovides, 2004; Pérez-Farrera *et al.*, 2006). Para el género *Dioon* sólo existen estudios relacionados con estructura poblacional, en Veracruz con *D. edule* (Vovides, 1990); en Oaxaca con *D. purpusii* (Yáñez-Espinosa, 2007), *D. merolae* (Flores, 2008) y *Dioon spinulosum* (Salomé, 2009). Sin embargo, para *D. holmgrenii* no existe ninguna información publicada de parámetros demográficos, principalmente sobre estructura de poblaciones.

Por todo lo anterior el objetivo de este trabajo fue describir los atributos estructurales de la población de *D. holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha, Oaxaca. Partiendo de la hipótesis de que existe heterogeneidad poblacional, se determinaron los efectos de la altitud, el nivel de conservación y las diferencias entre localidades sobre los diferentes estadios; obteniéndose así por primera vez datos estructurales y ecológicos de esta especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se localiza en el municipio de San Bartolomé Loxicha, perteneciente al distrito de Pochutla; geográficamente se ubica en la región de la Sierra Sur de Oaxaca (Figura 1). De acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por García (1986) el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2002a). Geológicamente el área esta compuesta de rocas metamórficas (gneis) del periodo jurásico (INEGI, 2002b); el tipo de suelo dominante es cambisol éutrico con una textura media y está asociado con litosoles y regosoles (INEGI, 2002c). El tipo de vegetación es selva mediana subperennifolia y bosques de pino-encino con presencia de agricultura temporal (INEGI, 2002d).

#### Delimitación de la población y establecimiento de los sitios

La población de *D. holmgrenii* se delimitó mediante recorridos en el límite de su distribución natural registrando las coordenadas geográficas de los vértices y las altitudes, tomadas con el GPS y el altímetro, respectivamente. Una vez levantada todas las coordenadas de los vértices y con apoyo de la carta topográfica D14B17 (INEGI, 2003) se obtuvo el polígono de la población. Se observó que *D. holmgrenii* se distribuye entre los 600-1100 msnm. de elevación, por lo que se decidió ubicar a los sitios de muestreo a cada 100 metros de altitud a partir de los 600 msnm (Cuadro 1). Asimismo, por efecto de las actividades antropogénicas, en la población existen diferentes condiciones en cuanto al nivel de conservación, por lo cual los sitios fueron agrupados en cuatro niveles (Cuadro 2). Por otra parte la población se encuentra fragmentada formando tres manchones bien definidos, por lo que los sitios de muestreo fueron agrupados en tres localidades denominadas Llano Abono, La Chinilla y El Corozal (Cuadro 1), las cuales además, presentan diferencias en altitud, clima y tipo de vegetación. En total se establecieron 11 sitios de 20 X 30 m y se orientaron con rumbos francos.

#### Variables evaluadas

En cada sitio se contaron todos los individuos vivos para determinar la densidad por sitio; los datos se extrapolaron para obtener la densidad por ha. A cada planta se le midió la altura total del tallo, número de hojas vivas. A los estadios plántulas y juveniles se les midió la altura de las hojas ya que no presentaban tallo visible.

Para facilitar el análisis estructural de la población los individuos fueron clasificados en seis categorías definidas como estadio (Cuadro 3); para lo cual se empleó la metodología usada por Flores (2008) con algunas modificaciones (Cuadro 3).

#### Análisis estadístico

Para conocer la diferencia de la densidad entre estadios, se realizó un análisis de varianza usando el programa SAS (SAS, 2003), mediante el procedimiento PROC GLM, y la comparación de medias de Tukey.

Para el caso de las proporciones se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se analizó con la prueba estadística de Fisher (Wayne, 2004) a través del programa estadístico SAS (SAS, 2003).

## RESULTADOS

De acuerdo a la estructura general de la población (Figura 2), la curva de supervivencia de *D. holmgrenii* es de tipo III, ya que existe elevada cantidad de plántulas y a la vez una alta mortalidad, pasando sólo el 50% de éstas a la categoría de juveniles, en cambio existe alta proporción de adultos. Asimismo, considerando sólo los adultos, a media que incrementan los niveles de estadio la proporción de plantas disminuye (Figura 2). Esta estructura poblacional, presenta la misma tendencia si se analiza por separado tomando en cuenta los factores de altitud, niveles de conservación y localidades; estadio Adulto 1 presentó mayor proporción en oposición con Adulto 4 que presentó la proporción más baja.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre estadios respecto al número total de plantas  $\text{ha}^{-1}$ . La densidad total de *D. holmgrenii* fue de 864 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ; se encontró mayor cantidad de plantas  $\text{ha}^{-1}$  del estadio Adulto 1 (314) y baja cantidad de plantas  $\text{ha}^{-1}$  del estadio Adulto 4 (21). Estadísticamente, el número de plantas pertenecientes al estadio Adulto 1 fue superior a todos los demás estadios, excepto a plántulas; asimismo, el número de plántulas no fue significativamente diferente al número de plantas de los demás estadios, excepto con el estadio Adulto 4, que presentó la menor cantidad (21 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ); este último sólo presentó diferencias estadísticas significativas con los estadios de plántulas y adulto 1 (Figura 2).

#### Análisis por altitud

Sin considerar la clasificación por estadios, en la altitud 700 msnm, se encontró el mayor número (1333) de individuos  $\text{ha}^{-1}$ , mientras que el menor número se encontró en la altitud de 900 msnm (433 individuos  $\text{ha}^{-1}$ ). Aún con estas diferencias, el análisis de varianzas no arrojó diferencias significativas ( $p=0.0676$ ). Asimismo, no se encontró un patrón definido por efecto de la altitud en el número total de individuos; ya que las altitudes de 600, 700 y 1100 msnm, presentaron en promedio densidades similares (1333, 1383 y 1366 individuos  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente); mientras que en las altitudes 800, 900 y 1000 m, se registraron 810, 433 y 500 individuos  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente.

El análisis de varianza arrojó diferencias ( $\alpha=0.05$ ) en la proporción de plantas de cada estadio en cada altitud. La mayor proporción de plántulas (37.65%) y juveniles (27.27%) se encontró en la altitud 700 msnm; sin embargo, hubo igual proporción de juveniles en las altitudes de 700 y 800 msnm.

En cuanto a los estadios adultos, la mayor proporción de éstos se hallaron en la altitud de 600 msnm (20.83, 37.68, 34.48 y 63.64% de adultos 1, adultos 2, adultos 3 y adultos 4, respectivamente); aunque para los estadios adulto 1 (25.0%) y adulto 3 (41.38%), la altitud 600 msnm fue estadísticamente igual a la altitud 1100 m (Figura 3).

La menor proporción de plántulas y juveniles se encontró en las altitudes de 1000 msnm (9.41 y 9.09%, respectivamente) y 900 msnm (9.41 y 6.06%, respectivamente), donde igualmente halló la menor proporción de plantas de los estadios adulto 1 (9.17%), adulto 2 (2.89%) y adulto 4 (0.0%); en cambio, la menor proporción de plantas del estadio adulto 3 (3.45%) se encontró en la altitud de 800 msnm, misma que fue estadísticamente igual a la proporción de plantas del mismo estadio, que existe en la altitud de 900 msnm (6.90%) (Figura 3).

#### Análisis por nivel de conservación

Sin tomar en cuenta la clasificación de estadios, el análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $p<0.0009$ ) en la cantidad total de plantas existentes entre los niveles de conservación. Tanto en los sitios considerados como intervenidos y abandonados se encontró mayor cantidad de plantas (1233 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) que en los considerados como conservados y manejados, donde se encontró 600 y 500 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente.

Dentro de cada estadio, se encontraron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en la proporción de plantas entre los sitios con diferentes niveles de conservación. Se encontró mayor proporción de plántulas en los sitios abandonados (43.14%); en cambio, la mayor proporción de juveniles se observó en los sitios intervenidos (57.14%). La menor proporción de plántulas se encontró en los sitios manejados (15.69%) e intervenidos (11.76%); mientras que la menor proporción de juveniles se obtuvo en los sitios manejados (10.71%) y conservados (3.57%) (Figura 4).

En cuanto a los estadios adulto 1, adulto 2, adulto 3 y adulto 4, la mayor proporción de ellos se encontró en los sitios intervenidos, con 34.57%, 44.44%, 41.67% y 50%, respectivamente. Sin embargo, entre los sitios intervenidos y abandonados, no hubo diferencias para los estadios adulto 2 (38.89%) y adultos 3 (41.67%). En los niveles de conservado y manejado, la proporción de adultos fue baja y sin diferencias significativas (Figura 4).

#### Análisis por localidad

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p=0.5707$ ) en el número total de plantas entre las localidades; sin embargo, la localidad El Corozal presentó mayor cantidad de individuos  $\text{ha}^{-1}$  (1083) seguida de La Chinilla (800 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) y Llano Abono (750 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ).

Aún cuanto no se encontraron diferencias entre las localidades en el número total de plantas por ha; se encontraron diferencias ( $\alpha=0.05$ ) entre la proporción de individuos de cada localidad dentro de cada estadio. La mayor proporción de plántulas se encontró en la localidad El Corozal (46.15%), mientras que la menor proporción la tuvo la localidad La Chinilla (20.1%). Contrario a lo ocurrido con la proporción de plántulas; la mayor proporción de juveniles se encontró en la localidad La Chinilla (60%) y la menor proporción en Llano Abono (3.57%) (Figura 5).

Finalmente, se encontró estadísticamente igual proporción de plantas del estadio Adulto 1 en las tres localidades (32.76% en Llano Abono y El Corozal, y 34.48% en La Chinilla). Sin embargo, para los demás estadios adultos si se encontraron diferencias; en la localidad El Corozal se encontró la mayor proporción de plantas de los estadios adulto 2 (55.56%), adulto 3 (55.56%) y adulto 4 (60%); en cambio, en las localidades Llano Abono y La Chinilla fue donde se encontraron menores proporciones de plantas de los estadios adulto 2 (22.22% en ambas localidades) y adulto 4 (20% en ambas

localidades); en tanto que, la menor proporción de plantas del estadio adulto 3 se registró en la localidad La Chinilla (11.11%) (Figura 5).

## DISCUSIÓN

El conocimiento de los patrones de distribución, la estructura poblacional y el estado de conservación, permiten contestar diferentes preguntas acerca del efecto de la distribución sobre la dinámica poblacional (Begon *et al.*, 2006). Estos patrones son el resultado de procesos que ocurren de forma heterogénea y que permiten diferencias en crecimiento, supervivencia y reproducción de una cierta población.

En base a los resultados obtenidos con *Dioon holmgrenii*, es posible que exista una relación entre la estructura poblacional y factores como su distribución altitudinal y el estado de conservación de las tres localidades donde se distribuye. Así, la especie muestra una estructura de tamaño que corresponde a una de tipo curva J invertida (Deevey tipo III), esto indica que aunque existe un elevado número de plántulas, éstas sufren una gran mortalidad al igual que los estadios juveniles. Por otro lado, se observan altas tasas de supervivencia de adultos, lo que también ha sido observado en Veracruz para *Dioon edule* (Vovides, 1990; Octavio-Aguilar *et al.*, 2008), en Oaxaca con *Dioon purpusii* (Yañez-Espinosa y Sosa-Sosa, 2007) y *Dioon Spinolosum* (Salomé, 2009), así como en especies de otros géneros de cícadas como *Ceratozamia matudae* (Pérez-Farrera *et al.*, 2000; Pérez-Farrera y Vovides, 2004), *C. mexicana* (Alejandre-Rosas *et al.*, 1990) *Zamia amblyphyllidia* (Negrón-Ortiz *et al.*, 1996) y *Encephalartos villosus* (Raimondo y Donaldson, 2003). Este comportamiento se presenta en general, con ciertas especies leñosas de vida larga (Alvarez-Buylla *et al.*, 1996). En este sentido, la permanencia de los individuos adultos y juveniles de cícadas ha resultado ser de vital importancia para la permanencia de las poblaciones. Sin embargo, en Oaxaca para *Dioon merolae* se reporta un comportamiento completamente opuesto (curva tipo I), caracterizada por una alta representación de individuos adultos y preadultos con juveniles y plántulas escasos (Flores, 2008).

Debido a su lento crecimiento *D. holmgrenii* puede tener una baja capacidad para competir con especies herbáceas y arbustivas, que reducen la intensidad lumínica. Si este comportamiento se mantiene por un periodo muy prolongado de tiempo, puede conducir eventualmente a la disminución de individuos de la población que pasan de un estadio a otro superior (Peters, 1994).

Respecto a la densidad de individuos, *D. holmgrenii* presentó 864 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , la cual es superior a la reportada para *D. merolae* (157 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) y *D. purpusii* (37 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ), especies que presentan problemas para generar nuevos individuos; asimismo es inferior a la densidad de *D. spinolosum* (3061 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) y *D. edule* (4633 plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) (Vovides, 1990; Yáñez-Espinoza, 2007; Flores 2008 y Salomé, 2009). En particular, para *D. spinolosum* se reporta que más del 75% de los individuos pertenecen a las primeras categorías de tamaño (plántulas y juveniles), con pocos individuos adultos.

En lo que respecta a el efecto de la conservación la es posible que eventos particulares como la supervivencia de adultos, juveniles y el reclutamiento, respondan de manera heterogénea a cambios en el hábitat después de la fragmentación y perturbación humana; resultando en diferencias en los parámetros demográficos tales como densidad y estructura de estadios. Se ha observado que una de las principales amenazas para poblaciones de *D. holmgrenii* es la pérdida y transformación del hábitat. En la zona de estudio las poblaciones se ven actualmente afectadas por la expansión ganadería, lo que favorece la fragmentación del hábitat y puede traer consecuencias negativas en procesos y parámetros demográficos particulares.

En este sentido, de acuerdo a los resultados obtenidos y a observaciones realizadas en campo, la población de *D. holmgrenii* presenta mejores características estructurales a los 700 msnm donde las condiciones de conservación favorecen la abundancia de plántulas y juveniles debido a que no se llevan a cabo actividades de roza o quema, permitiendo un equilibrio entre los diferentes estratos de la comunidad vegetal. Dichas actividades humanas, y las prácticas deficientes de conservación, tales como la quema selectiva y la poda no selectiva del estrato herbáceo, dañan no solo a las plántulas de *D. holmgrenii*, sino también a individuos de *Zamia loddigesii* presentes en la zona.

En lo referente a el efecto de la conservación sobre la densidad de individuos, los estadios juveniles y adultos están mejor representados en sitios intervenidos y abandonados, esto debido a que las practicas de manejo en esas áreas tales como eliminación de la competencia por parte de especies herbáceas y arbustivas, favorecen a estos estadios.

En cuanto al efecto de la localidad sobre la densidad y estructura de la población, se encontró que existe un efecto acumulativo de los niveles de conservación y la altitud, ya que los sitios proporcionalmente mejor representados por plantas en la mayoría de los estadios se encuentran entre los 600 y los 800 msnm y su categoría de conservación son de sitios abandonados e intervenidos. Sin embargo, estos sitios como la mayoría tienen su principal amenaza en la transformación del hábitat, que involucra la destrucción de los individuos, y efectos negativos sobre las poblaciones. Por otro lado, el área se encuentra fragmentada y la calidad del hábitat y el número de subpoblaciones puede disminuir al paso del tiempo si continúa en aumento de la perturbación y no se corrigen las deficientes técnicas de manejo de la especie.

Por otra parte, las cícadas presentan baja incidencia de plagas y enfermedades particularmente en adultos y juveniles, lo que ha sido relacionado a la presencia de sustancias tóxicas en toda la planta, (Norstog y Nicholls, 1997). Sin embargo, en la zona de estudio los factores antropogénicos y la competencia con otras especies contribuyen a la baja sobrevivencia de plántulas de *D. holmgrenii*, se observó la presencia de la mariposa *Eumaeus sp.* la cual en su fase larval se alimenta de hojas jóvenes de todos los estadios, sin embargo esto es particularmente negativo en plántulas, donde el daño puede ser del 100%, tal como se ha reportado para otras especies de cícadas (Contreras-Medina *et al.*, 2003).

De acuerdo a lo anterior y considerando que la especie tiene una distribución limitada, se proponen como medidas viables para la permanencia de las poblaciones, la conservación *in situ*, la implementación y apoyo a proyectos para la producción de esta especie, además de una estrategia de conservación sustentable (Vovides *et al.*, 2002, Donaldson, 2003). Asimismo, es necesario mejorar las técnicas de conservación, poniendo especial énfasis en las plántulas y juveniles. Sin embargo, en las poblaciones naturales también deberá protegerse a los individuos adultos reproductivos, buscando asegurar su permanencia.

Estos resultados proporcionan un acercamiento de la situación que viven las poblaciones naturales de *D. holmgrenii*. Estudios demográficos con mayor número de años de muestreo en otras especies de cícadas, han arrojado resultados similares a los obtenidos en este estudio, lo cual refleja en gran medida a las características que comparte el género *Dioon*.



## CONCLUSIONES

1. La estructura poblacional de *Dioon holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha presenta una curva de tipo III o de J invertida, la cual es similar a la de otras especies del género *Dioon*, con excepción de *D. merolae*.

2. La densidad de *Dioon holmgrenii* es mayor a *D. merolae* y *D. purpusii*, pero inferior a *D. spinolosum* y *D. edule*, aunque con la mayor proporción de adultos para las especies de *Dioon* en México.

3. No se observó un efecto relevante por la altitud y localidad, respecto a los diferentes estadios. Sin embargo, las diferencias obtenidas están mejor relacionadas a las condiciones de conservación, donde los sitios abandonados son los más adecuados para el desarrollo de la población.

4. Es necesario continuar con la conservación *in situ* y proponer alternativas que mejoren las prácticas actuales de manejo que pongan mayor énfasis en los estadios de plántula y juveniles, que son los más susceptibles a daño, sin descuidar a los adultos reproductivos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los alumnos de las licenciaturas de Biología e Ingeniería Forestal de la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, por su colaboración en el trabajo de campo. A las autoridades de Bienes Comunales del municipio de San Bartolomé Loxicha y los habitantes de la comunidad La Chinilla y El Corozal por las facilidades y el apoyo brindado.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre F., D., 2004. Demografía y genética de poblaciones de *Zamia loddigesii* Miq. (Zamiaceae) en el centro de Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 69 p.
- Alejandre R., J. A., M. Y. Sánchez T. y M. Vázquez T. 1990. Estructura poblacional de *Ceratozamia Mexicana* Brongn. (Zamiaceae) en un bosque del Centro de Veracruz. La Ciencia y el Hombre Vol. 5: 93-112.

- Álvarez-Buylla, E. R., R. García-Barrios, C. Lara-Moreno, and M. Martínez-Ramos. 1996. Demography and genetic models in conservation biology: Applications and perspectives for tropical rain forest tree species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 387-421.
- Begon, M., C. R. Townsend and L. J. Harper. 2006. *Ecology: From individuals to ecosystems*. 4th ed. Blackwell. United Kingdom.
- De Luca, P., S. Sabato and M. Vázquez T. 1981. *Dioon holmgrenii* (Zamiaceae) a new species from Mexico. *Brittonia* 33 (4): 552-555.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT 2001 protección ambiental –especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio –lista de especies en riesgo-.
- Dirzo, R., R. González y I. J. March. 2009. Capital natural de México. Estado de conservación y tendencias de cambio Vol. II. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 59
- Donaldson, J. S. 2003. Cycads. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Cycad Specialist Group. Switzerland and Cambridge. 86 p.
- Flores, V., J. C. 2008. Dinámica de las fases tempranas de desarrollo y genética de poblaciones de la cícada *Dioon merolae* en Los Taviches, Oaxaca. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México. D.F. 96 p.
- González-Astorga, J., F. Vergara-Silva, A. P. Vovides, F. Nicolalde-Morejón, D. Cabrera-Toledo and M. A. Pérez-Farrera. 2008. Diversity and genetic structure of three species of *Dioon* Lindl. (Zamiaceae, Cycadales) from the Pacific seaboard of Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society* Vol. 94: 765-776.
- Hill, K. D., D. W. Stevenson and R. Osborne. 2007. The World cycad list [La lista mundial de cícadas]. *Memoirs of the New York Botanical Garden* Vol. 97: 454-483.
- INEGI. 2002a. Carta estatal de climas 1:250,000. Instituto Nacional de Geografía e Informática. Oaxaca, México.
- INEGI. 2002b. Carta estatal geológica 1:250,000. Instituto Nacional de Geografía e Informática. Oaxaca, México.
- INEGI. 2002c. Carta estatal edafológica 1:250,000. Instituto Nacional de Geografía e Informática. Oaxaca, México.
- INEGI. 2002d. Carta estatal vegetación y uso actual 1:250,000. Instituto Nacional de Geografía e Informática. Oaxaca, México.

- INEGI. 2003. Carta topográfica 1:50,000. Santa María Colotepec. D14B17. Oaxaca, México.
- Martínez-Ramos, M. y E. Álvarez-Buylla. 1995. Ecología de poblaciones de plantas en selvas húmedas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 56: 121-153.
- Negrón-Ortiz, V. and G.J. Breckon, 1989. Population structure in *Zamia debilis* (Zamiaceae). Size classes, leaf phenology, and leaf turnover. *American Journal of Botany*, 76(6): 891-900.
- Negrón-Ortiz, V., D. L. Gorchoy and G. J. Breckon. 1996. Population structure in *Zamia* (Zamiaceae) in northern Puerto Rico. II. Seed germination and stage-structured population projection. *International Journal of Plant Science* **157(5)**: 605-614.
- Norstog, J. K. and J. T. Nicholls. 1997. *The Biology of the cycads*. Cornell University Press, United States of America.
- Pérez -Farrera, M. A. and A. P. Vovides. 2006. The ceremonial use of the threatened "Espadaña" cycad (*Dioon merolae*, Zamiaceae) by a community of the Central Depression of Chiapas, Mexico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 078: 107-113.
- Pérez-Farrera, M. A. and A. P. Vovides. 2004. Spatial distribution, population structure, and fecundity of *Ceratozamia matudai* Lundell (Zamiaceae) in El Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. *The Botanical Review* 70(2): 299-311.
- Pérez-Farrera, M. A., A. P. Vovides, P. Octavio-Aguilar, J. González-Astorga, J. de la Cruz, R. Hernández-Jonapá and S. Maza. 2006. Demography of the cycad *Ceratozamia mirandae* (Zamiaceae) under disturbed and undisturbed conditions in a Biosphere Reserve of Mexico. *Plant Ecology* Vol. 187: 97-108.
- Pérez-Farrera, M. A., P. F. Quintana-Asencio, B. Salvatierra- Izaba, and A. P. Vovides. 2000. Population dynamics of *Ceratozamia matudae* Lundell (Zamiaceae) in El Triunfo Biosphere Reserve, Chiapas, México. *Journal of the Torrey Botanical Society* 127: 291-299.
- Pérez-Farrera, M. y A. P. Vovides. 1997. Manual para el cultivo y propagación de cícadas. Instituto Nacional de Ecología, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Historia Natural e Instituto de Ecología. 33 p.
- Peters, C. M. 1994. Sustainable harvest of non-timber plant resources in tropical moist forest: An ecological primer. World Wildlife Fund, USAID. Washington, D.C. 45 p.
- Piñero, D., M. Martínez-Ramos, and J. Sarukhán. 1984. A population model of *Astrocaryum mexicanum* and a sensitivity analysis of its finite rate of increase. *Journal of Ecology* Vol. 72: 977-991.

- Raimondo, D. C. and J. S. Donaldson. 2003. Responses of cycads with different life histories to the impact of plant collecting: simulation models to determine important life history stages and populations recovery times. *Biological Conservation* 111: 345-358.
- Salomé, C., E. 2009. Parámetros demográficos de *Dioon spinulosum* Dyer & Eichler (Zamiaceae), en San Miguel Soyaltepec, Oaxaca. Tesis Maestría. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver. 129 p.
- SAS. 2003. SAS user's guide (Release 9.0). Statistic SAS Institute. Inc. Cary. N.C.
- Schneider, D., M. Wink, F. Sporer y P. Lounibos. 2002. Cycad: their evolution, toxins, herbivores and insect pollinators. *Naturwissenschaften* vol. 89: 281-294.
- Stevenson, D. W. 1992. A formal classification of the extant cycads. *Brittonia* 44(2): 220-223.
- Vázquez T., M., L. Torres H. y L. H. Bojórquez G. 2001. Distribución, abundancia, estructura poblacional y potencial reproductor de *Zamia furfuracea* L. Universidad Veracruzana. Instituto de Investigaciones Biológicas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R176. México D. F. 117 p.
- Vovides, A. P. y C. M. Peters. 1987. *Dioon edule*: la planta más antigua de México. *Ciencia y Desarrollo* Vol. 73: 19-24.
- Vovides, A. P. 1990. Spatial distribution, survival, and fecundity of *Dioon edule* (Zamiaceae) in a tropical deciduous forest in Veracruz, Mexico, with notes on its habitat. *American Journal of Botany* Vol. 77: 1532-1543.
- Vovides, A. P. 2000. México: segundo lugar mundial en diversidad de cícadas. *Biodiversitas* Vol. 31: 6-10.
- Vovides, A. P. y C. G. Iglesias 1994. An integrated conservation strategy for the cycad *Dioon edule* Lindl. *Biodiversity and Conservation* Vol. 3: 137-141.
- Vovides, A. P., C. Iglesias, M. A. Pérez-Farrera, M. Vázquez-Torres and U. Schippmann. 2002. Peasant Nurseries: a concept for an integrated conservation strategy for Cycads in Mexico. *In*: Maunder, M., Clubbe, C., Hankamer, C. and Groves M. (eds.) *Plant Conservation in the Tropics. Perspectives and practice*. The Royal Botanic Gardens Kew: Kew, United Kingdom. -----pag----
- Vovides, A. P., M. A. Pérez-Farrera, J. Gonzáles-Astorga, D. González, T. Gregory, J. Chemnick, C. Iglesias, P. Octavio-Aguilar, S. Avendaño, C. Báreenas and S. Salas-Morales. 2003. An outline of our current knowledge on Mexican cycads (Zamiaceae, Cycadales). *Current topics in plant Biology* Vol. 4: 159-174.

Wayne W., D. 2004 Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud 4ª edición. LIMUSA. México D. F. 924 p.

Yáñez- Espinosa, L. 2007. Population structure of *Dioon purpusii* Rose in Oaxaca; Mexico. Neotropical Biology and Conservation 2(1) 46-54.

Cuadro 1. Agrupación de los sitios de muestreo de la población de *D. holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha; por altitud, nivel de conservación y localidad.

Sitio	Altitud	Nivel de conservación	Localidad
1	800	conservado	El Corozal
2	700	abandonado	El Corozal
3	600	intervenido	El Corozal
4	800	abandonado	La Chinilla
5	800	intervenido	La Chinilla
6	800	Bajo manejo	La Chinilla
7	900	Bajo manejo	La Chinilla
8	800	conservado	Ll. Abono
9	900	Bajo manejo	Ll. Abono
10	1000	Bajo manejo	Ll. Abono
11	1100	abandonado	Ll. Abono

Cuadro 2. Categorías definidas para determinar el nivel de conservación de la población de *D. holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha.

Categoría	Características
Conservado	Sin evidencia de actividades humanas.
Intervenido	Presencia constante de actividades agrícolas en un periodo reciente.
Bajo manejo	Existe la presencia de actividades humanas realizadas en beneficio de la especie.
Abandonados	Sitios intervenidos en periodos no recientes.

Cuadro 3. Estadios usados para la descripción de la estructura poblacional de *D. holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha, Oaxaca.

Estadio	Características
Plántula	Germinación reciente, 1 o 2 hojas con altura $\leq 0.50$ m.
Juvenil	Sin tallo visible con más de dos hojas y $> 0.50$ m.
Adulto 1	Presencia de tallo y altura $\leq 1.00$ m.
Adulto 2	Presencia de tallo y altura de 1.01 a 2.00 m.
Adulto 3	Presencia de tallo y altura de 2.01 a 3.00 m.
Adulto 4	Presencia de tallo y altura $> 3.00$ m.

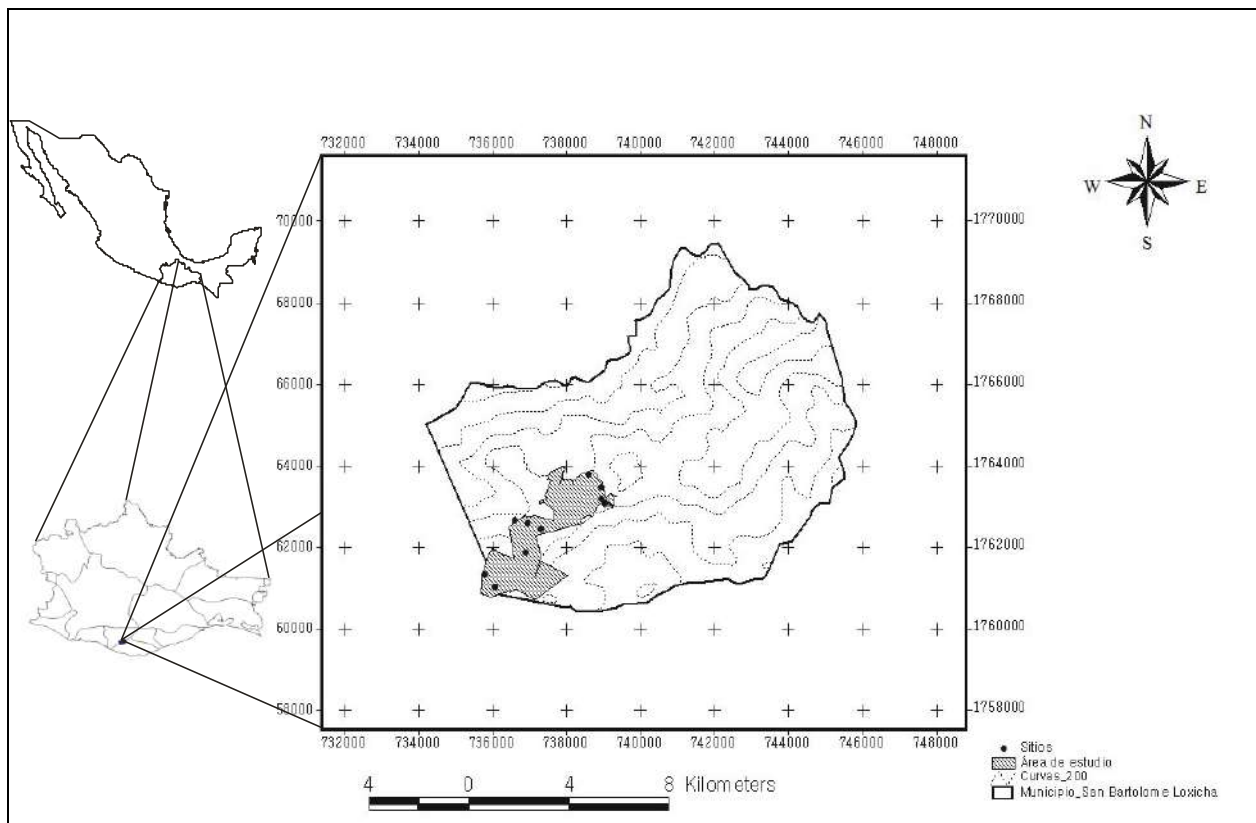


Figura 1. Ubicación de la población de *Dioon holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha, Oaxaca.

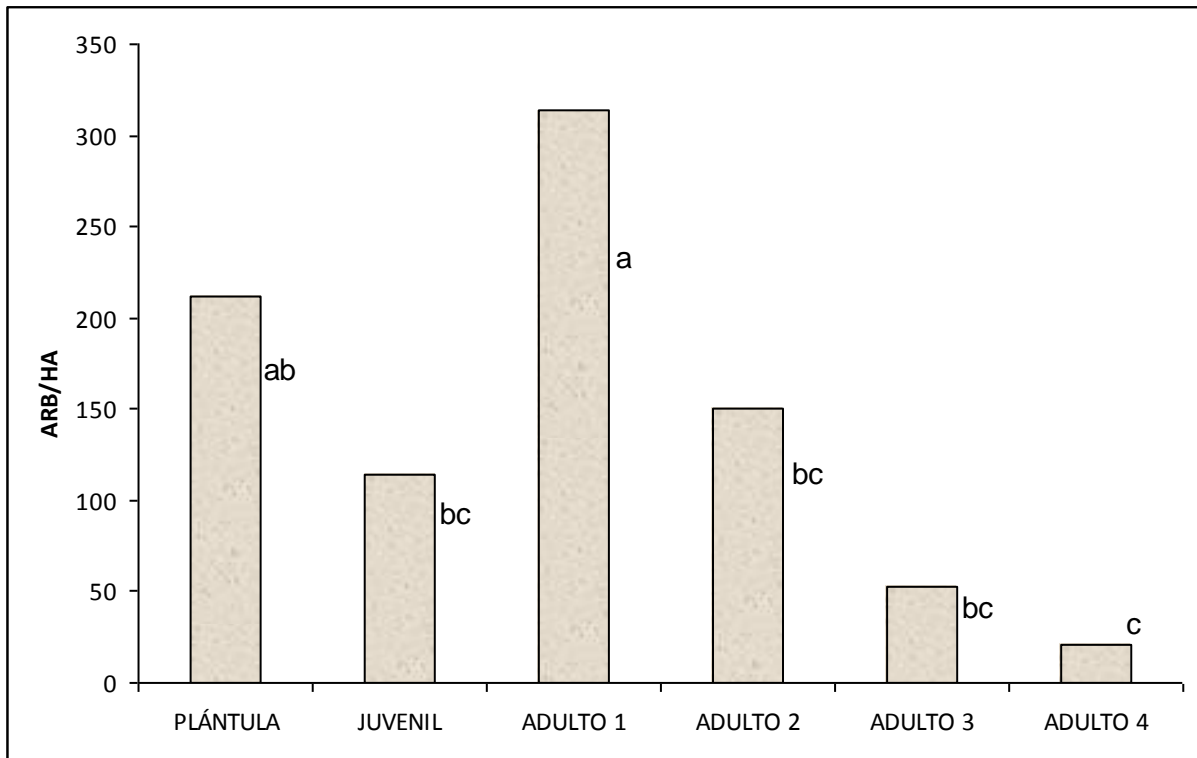


Figura 2. Densidad por estadios de la población de *D. holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha

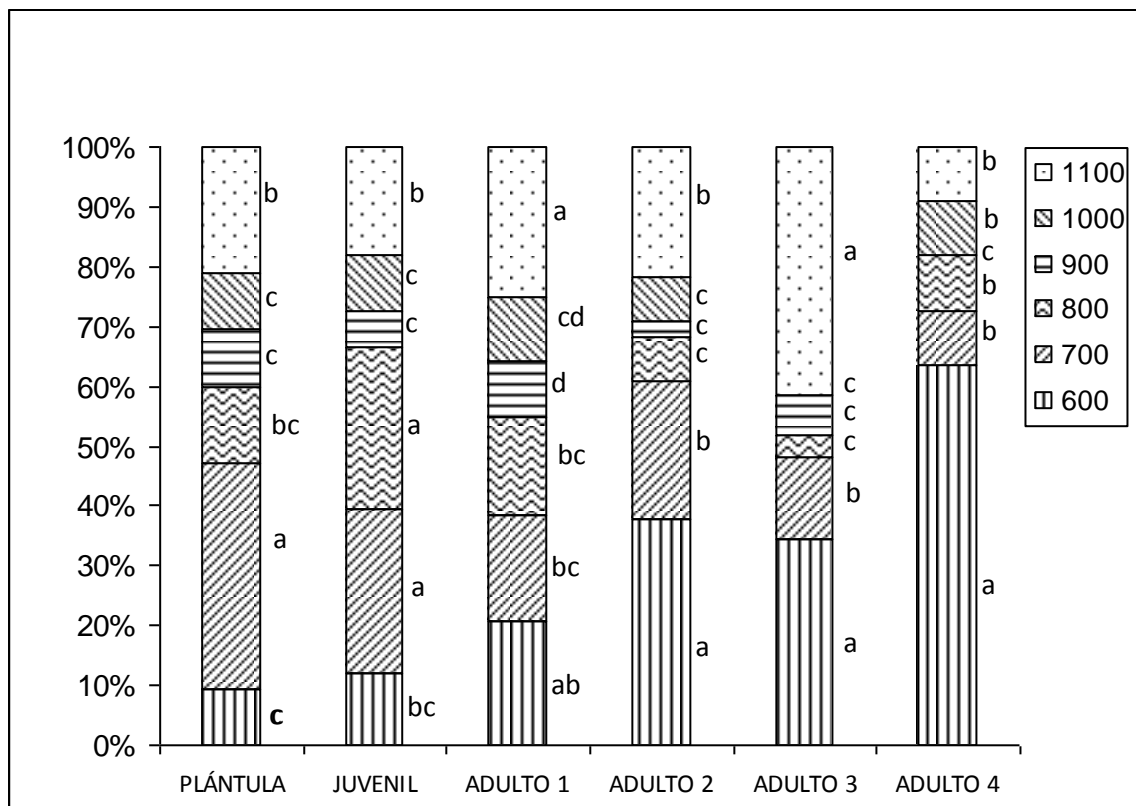


Figura 3. Proporción por estadio de *D. holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha en diferentes altitudes.

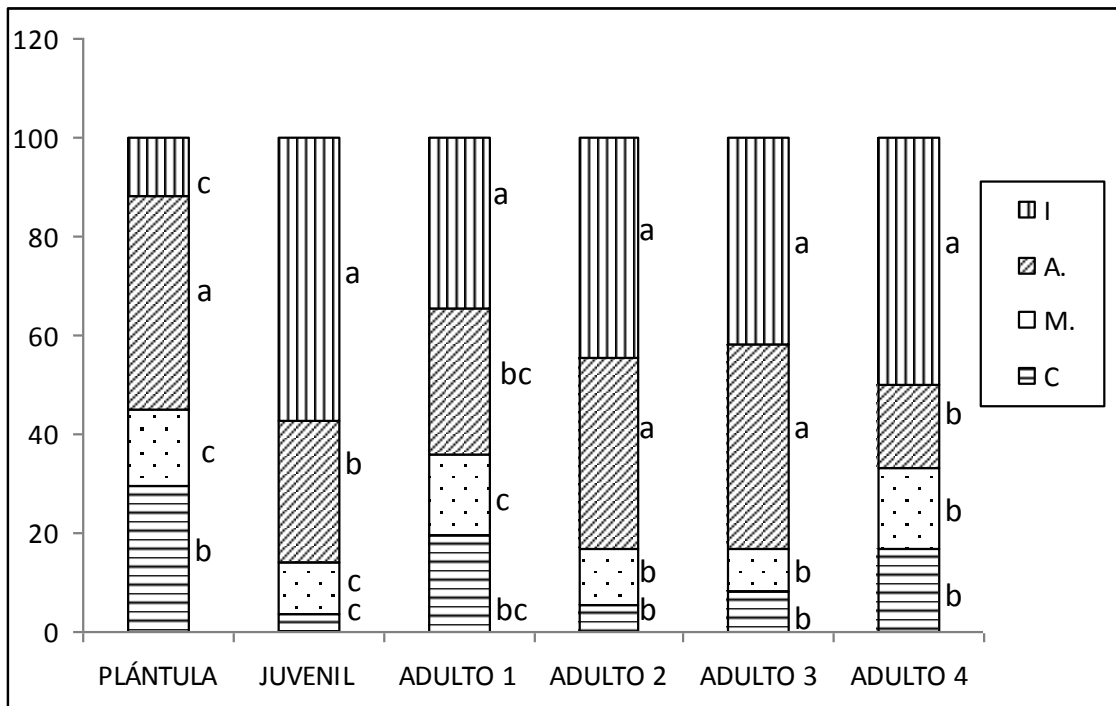


Figura 4. Proporción por estadio de *D. holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha en diferentes niveles de conservación (C=conservado, M=manejado, A=abandonado, I=intervenido).

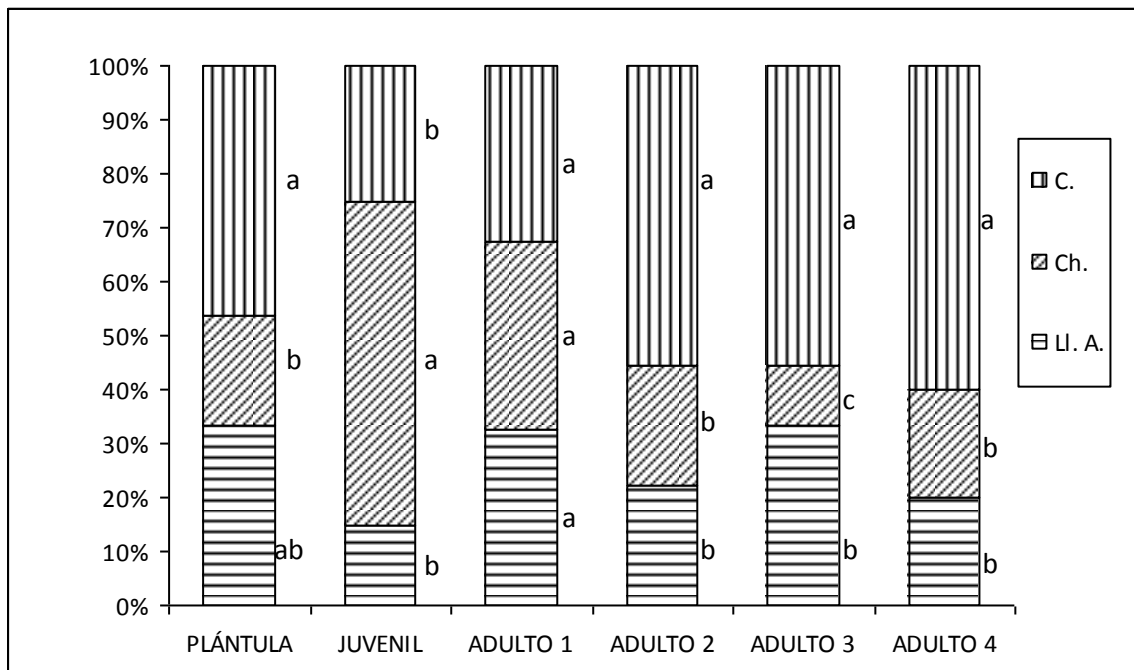


Figura 5. Proporción por estadio de *D. holmgrenii* en San Bartolomé Loxicha en diferentes localidades (LI. A.=Llano Abono, Ch=La Chinilla y C=El Corozal)



## ESTUDIO DE PROCEDENCIAS DE CHILE SILVESTRE “PIQUÍN” (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*) DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Villalón Mendoza, Horacio<sup>1</sup>, Soto Ramos, Juan Manuel<sup>1</sup>, Ramírez Meráz, Moisés<sup>2</sup>, Medina Martínez, Teodoro<sup>3</sup>, Carrillo Parra, Artemio<sup>1</sup>, Garza Ocañas, Fortunato<sup>1</sup> y Martínez Muñoz, Alfonso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Forestales, U. A. N. L. Carr. Nal. Km 145, Linares, Nuevo León [hvillalonm@yahoo.com.mx](mailto:hvillalonm@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, CIRNE

<sup>3</sup> Instituto de Ecología y Alimentos, Universidad Autónoma de Tamaulipas

### RESUMEN

El chile silvestre representa un recurso genético de gran importancia ecológica, no demeritando su valor socioeconómico en las diferentes regiones del estado de Nuevo León. Por otro lado se han visto mermadas las áreas naturales de vegetación donde crece el chile silvestre, esto por muy diferentes causas antropogénicas, que a su vez hace importante la conservación genética *ex situ* de esta especie. Lo anterior ha despertado el interés por realizar actividades de investigación que conlleve a mejorar la situación de este recurso para el Noreste de México y que disminuya el riesgo de perder los recursos fitogenéticos con que, aunque mermados, aún se cuentan. La presente investigación se llevo a cabo en el estado de Nuevo León por investigadores de la Facultad de Ciencias Forestales UANL (FCF-UANL). Se realizaron recorridos para la colecta los frutos del chile piquín en los diferentes ecosistemas del Estado donde crece en forma natural el chile silvestre. Se colectaron 35 localidades distribuidas en el Estado y son mostradas en un mapa de distribución de las mismas. Se encontró una amplia diversidad morfológica de las diferentes localidades donde se ubicaron poblaciones de chile silvestre, se encontraron diferencias en su porcentaje de germinación resultante fluctuó entre el 90%. y el 10.5% en diferentes localidades, sin relacionarse con su ubicación geográfica, ya que los valores se encontraron indistintamente, tanto en el norte como en el centro y sur del estado de Nuevo León.

Palabras clave: chile silvestre, procedencias, recursos fitogenéticos, conservación, poblaciones.

## ABSTRACT

The chili wild genetic resource of great ecological importance, economic value does not diminish in the different regions of the state of Nuevo Leon, Mexico. On the other hand have been reduced natural vegetation areas where the pepper grows wild, however different that anthropogenic cause, which in turn makes it important to ex situ genetic conservation of this species. This has led to interest in conducting research that may lead to improving the status of this resource to Northeast Mexico and reducing the risk of losing genetic resources that, though dwindling, still counted. This research was carried out in the state

of Nuevo Leon by researchers at the Faculty of Forestry UANL (FCF-UANL).Tours were conducted for collecting the fruits of chili "piquin" in different ecosystems of the state where it grows naturally in wild chili. Were collected from 35 locations spread across the State and are displayed in a distribution map of them. There was a wide morphological diversity of the various localities where they were located chili wild populations, they found differences in germination percentage resulting fluctuated between 90%. and 10.5% in different localities, not related to its geographical location, since the values were found equally in both the north and the central and southern Nuevo Leon state.

**Key words:** chili wild, provenances, plant genetic resources, conservation, populations.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Nuevo León esta ubicado en el Noreste de México, y el chile silvestre representa un recurso genético de gran importancia ecológico, no demeritando su valor socioeconómico en las diferentes regiones del estado, se ha visto reducido las áreas de vegetación o bosques en los últimos años (1), lo que hace preocupante la posible pérdida de potencial genético de este recurso de esta especie, así mismo, el uso y manejo, aplicando a este recurso en las regiones, no ha sido el más apropiado, lo que ha

provocado una disminución de la cantidad y calidad de las plantas en las poblaciones naturales (2).

Lo anterior ha despertado el interés por realizar actividades de investigación que conlleve a mejorar la situación de este recurso para el Noreste de México y que disminuya el riesgo de perder los recursos fitogenéticos con que, aunque mermados, aún se cuentan.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue la colecta de frutos de chile silvestre de diferentes procedencias para apoyar la conservación genética de esta especie, contemplando comprender parte de la diversidad genética de la misma. Así mismo, conocer su morfología y fenología de la especie de las diferentes procedencias del estado de Nuevo León, relacionando diferentes condiciones ecológicas encontradas.

La conservación de la vida silvestre y de sus hábitats adquiere categoría de necesidad para los humanos, cuando percibimos que de ella y sus recursos genéticos depende la alimentación de la población mundial, por mencionar sólo uno de los bienes que las especies silvestres proveen al hombre.

Diversas especies de plantas, de elevado consumo mundial y regional, como las que componen el género *Capsicum*, son mejor conocidas en sus formas y variedades domesticadas, mientras que los orígenes silvestres van desapareciendo, junto con los ecosistemas de los que forman parte. En este proceso se combina la pérdida de la diversidad genética, específica y ecosistémica. La permanencia y aprovechamiento de estas especies y variedades, depende en cierta medida de la conservación de sus formas silvestres que tienen una base genética mucho más amplia, en la que se puede encontrar el contenido necesario para el mejoramiento de las variedades cultivadas (Pérez, 2009).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevo a cabo en el estado de Nuevo León por investigadores de la Facultad de Ciencias Forestales UANL (FCF-UANL). Se realizaron recorridos para la colecta los frutos del chile piquín en los diferentes ecosistemas del Estado donde crece en forma natural el chile silvestre.

Para realizar las colectas de chile silvestre en las diferentes condiciones ecológicas donde crece esta especie en N. L., se dividió el estado en 3 regiones que son las siguientes: Norte del Estado, Centro del Estado, Centro Sur, Sierra Madre Oriental y Sur del Estado. Se realizaron recorridos, identificando poblaciones de chile silvestre, mismas que fueron ubicadas mediante geoposicionador, se recolectaron frutos y plantas de chile silvestre, se levanto información de tipo de suelo, pendiente, plantas asociadas y vigor.

Cada sitio monitoreado como localidad, debió estar a más de 1500 m de distancia de cualquier plantación de chile cultivado (3).

Los recorridos para las colectas en campo se realizaron en los meses de agosto 2008 a enero de 2009, en la época de producción de la especie en campo.

Cada muestra de una localidad consistió en la colecta de un mínimo de 500 g de frutos maduros en las plantas, así mismo se colectaron muestras botánicas de las plantas de chile piquín de las poblaciones.

Las muestras de frutos frescos se limpiaron, se marcaron adecuadamente y se colocaron a la sombra a secarse a temperatura ambiente evitando las condiciones húmedas, para acelerar el secado e impedir enfermedades al fruto.

Una vez seco el fruto, se procedió a la extracción de la semilla, misma que se efectuó de forma manual, con guantes de laboratorio, por trituración de fruto.

Posteriormente se dividió la muestra de cada procedencia en tres partes; una para el banco de germoplasma nacional (INIFAP); otra para el banco de germoplasma regional (INIFAP-CIRNE) y la otra para el trabajo de investigación en laboratorio y campo (FCF-UANL).

Con esta última parte se trabajó, midiendo las diferentes características de los frutos y demillas de las diferentes localidades, a manera de confrontarlas para determinar las coincidencias y diferencias entre las mismas, así como su variación.

Una vez que las semillas fueron analizadas, ya sea por sus características morfológicas, de germinación, etc., se procedió a la captura de datos, mismos que se procesaron en el programa "Statistic".

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

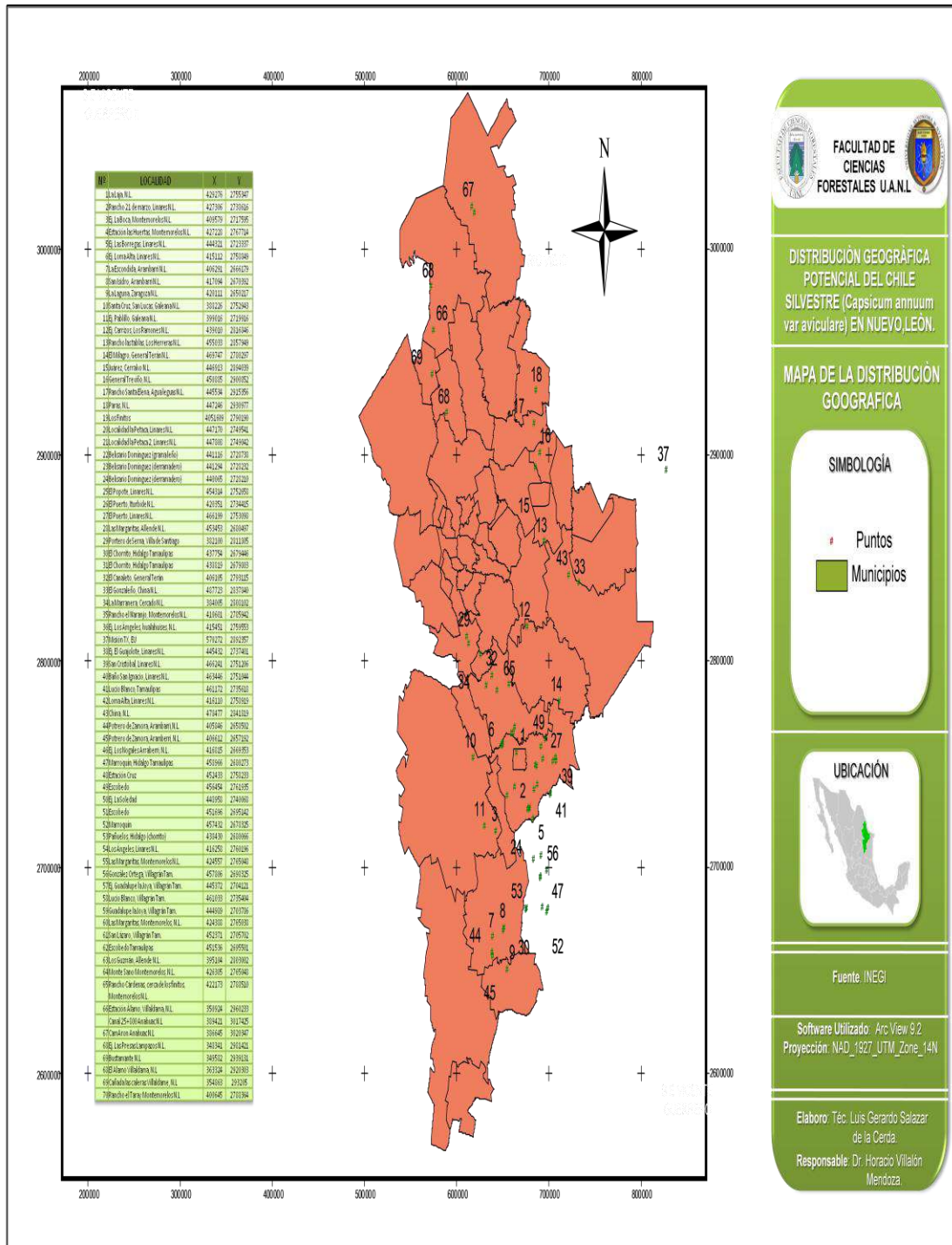
A la fecha se colectaron 70 localidades distribuidas en el Estado y son mostradas en un mapa de distribución de las mismas, ver figura 1. De las que se realizaron pruebas en 35 de ellas.

Se han realizado pruebas de germinación, encontrando porcentajes que van del 10.5% al 90% de germinación, siendo esta última la semilla de la localidad de Anáhuac, N.L. Se realizaron pruebas de análisis de tamaño, forma de frutos y número de semillas por fruto y se ha encontrado diferencias estadísticamente significativas.

Una vez analizadas las semillas en laboratorio, también se están realizando pruebas de comportamiento morfológico de las plantas obtenidas de las 35 localidades en invernadero, estudiándose el comportamiento y desarrollo de las plantas de las diferentes localidades, encontrándose hasta ahora diferencias considerables en cuanto a emergencia en campo, establecimiento y crecimiento en vivero.

**IX CONGRESO MEXICANO DE RECURSOS FORESTALES**  
 23 al 26 de Noviembre de 2009, Oaxaca, Oax., México

Figura 1. Mapa de distribución y localización de las localidades del estado de Nuevo León, donde existen poblaciones de chile silvestre.



Fuente: Villalón, et al. 2009

## CONCLUSIONES

Se encontró una amplia diversidad morfológica de las diferentes localidades donde se ubicaron poblaciones de chile silvestre, se encontraron diferencias en su porcentaje de germinación resultante fluctuó entre el 90%. y el 10.5% en diferentes localidades, sin relacionarse con su ubicación geográfica, ya que los valores se encontraron indistintamente, tanto en el norte como en el centro y sur del estado de Nuevo León.

Las pruebas de la morfología de los frutos y las semillas también mostraron una gran variación entre las diferentes procedencias.

Se enriquecieron los bancos de germoplasma nacional y el regional de chile silvestre con 35 localidades, se encontraron diferencias en la forma del fruto, tamaño, peso seco promedio de frutos, número de semillas por Kg y número de semillas promedio por fruto.

## AGRADECIMIENTOS

A los proyectos sobre chile silvestre en sus diferentes temas: PAICYT-UANL sobre investigación básica y aplicada, al FIDECITRUS Gob. Del Edo. de Nuevo León sobre transferencia de tecnología y al SINAREFI, sobre caracterización morfológica y molecular del chile silvestre.

## LITERATURA CITADA

Brown, A.H.D. y D. R. Marshall. 1995. A basic sampling strategy: theory and practice. In: L. Guarino, V. Ramanatha-Rao y R. Reid. (eds.). Collecting Plant Genetic Diversity. pp. 75-91. Technical guidelines. CAB International. Oxon, U. K.

<http://www.monografias.com/trabajos912/chile-piquin-mexico/chile-piquin-mexico2.shtml>

Pérez Chávez, M. S. 2009. Distribución, Medio Ambiente y Riesgos de Contaminación Genética y Pérdida de Hábitat de los Chiles Silvestres (*Capsicum* spp) en México. Tesis de Maestría. Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Ramírez Cruz, M. A. 1986. Evaluación de métodos de separación de la semilla del chile piquín (*Capsicum annuum* L var. *glabrisculum*) Fac. Agro. UANL. Marín, N.L. 1986.

**IX CONGRESO MEXICANO DE RECURSOS FORESTALES**  
23 al 26 de Noviembre de 2009, Oaxaca, Oax., México

Villalón Mendoza, H., Garza Ocañas, F., Soto Ramos, J. M., Medina Martínez, T., Ramírez Méraz, M., Bazaldúa Rodríguez, M. G. y Serna Pedraza, G. C. 2009. Sistemas de Siembra y Trasplante de Chile Silvestre (*Capsicum annuum* var.) Bajo Manejo Agroforestal. Memorias de la Sexta Convención Mundial del Chile. CONAPROCH. Mérida, Yucatán. México. p.81



## EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE ACEITES ESENCIALES OBTENIDOS POR ARRASTRE DE VAPOR DE ACICULAS DE PINOS, PROBADOS EN *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* *enteritidis*, *Escherichia coli* y *Candida albicans*

Toledo González Sandra Luz, Amaya Gutiérrez Maritza Nataly, Casas Solís Josefina, Domínguez Arias Rosa María, Humberto Alejandro Sánchez Caldera, José María Chávez Anaya<sup>1</sup>, Raymundo Villavicencio García, Ana Luisa Santiago Pérez, José de Jesús Godínez Herrera  
Universidad de Guadalajara.

### RESUMEN

En aceites esenciales de diversas especies del género *Pinus* como de otras coníferas, se ha demostrado la actividad antimicrobiana; sin embargo en *Pinus pseudostrobus* y *Pinus douglasiana*, no se encontraron referencias; por lo que se determinó la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus douglasiana*, en las bacterias *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* y en la levadura *Candida albicans*. Los aceites esenciales fueron obtenidos por arrastre de vapor y la determinación de la actividad antimicrobiana fue por el método de la dilución en tubos del 50% a 0.02%. Resultados: el aceite esencial de *Pinus pseudostrobus* en *Salmonella enteritidis*, el mayor porcentaje de inhibición fue 61.97% con la concentración 25%, en *Staphylococcus aureus*, la mayor inhibición fue 30%, con concentraciones 0.04%, en *Escherichia coli* la mayor inhibición fue 34.77% a concentraciones 0.78 % y en la levadura *Candida albicans*, no hubo inhibición en ninguna concentración. En el aceite esencial de *Pinus douglasiana*, con *Staphylococcus aureus* la mayor inhibición 72.8% con concentración 25%, en *Escherichia coli* la mayores inhibiciones 58.49% y 55.87% con las concentraciones 25% y 12.5% respectivamente; la mayor inhibición de *Salmonella enteritidis*, fue 33.68% en la concentración 3.12% y en *Candida albicans* las mayores inhibiciones 64.87% y 3.7% con las concentraciones 25% y 12.5% respectivamente. Por lo se concluye que el aceite esencial de *Pinus pseudostrobus* tiene mejor efecto inhibitorio

en *Salmonella enteritidis* y el aceite esencial de *Pinus douglasiana* presenta mayor eficiencia inhibitoria en *Escherichia coli*.

**Palabras claves:** *Candida albicans*, *Escherichia coli*, *Pinus douglasiana*, *Pinus pseudostrobus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*

### **ABSTRACT**

Essential oils of various species of the genus *Pinus* as of other conifers have shown the antimicrobial; activity however in *Pinus pseudostrobus* and *Pine douglasiana*, no references were found; so the antimicrobial activity of *Pinus pseudostrobus* and *Pinus douglasiana* essential oils found in bacteria *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* and yeast *Candida albicans*. Essential oils were obtained by steam and the determination of the antimicrobial activity was by the method the dilution in the half pipes to 0.02 %. Results: *Pine pseudostrobus* essential oils in *Salmonella enteritidis*, the highest percentage of inhibition was 61.97 % with the 25 per cent in *Staphylococcus aureus* concentration, greater inhibition was 30 %, with concentrations 1.56 % and 0.02 % in *Escherichia coli* greatest inhibition was 34.77 concentrations 0.78 % % and yeast *Candida albicans*, no inhibition in any concentration. *Pinus douglasiana* essential oils, *Staphylococcus aureus* greater 72.8 inhibition % concentration 25 per cent in *Escherichia coli* the greater 58.49 inhibitions % and 55.87 concentrations 25 % and 12.5 % % respectively; greater inhibition of *Salmonella enteritidis*, was 33.68 % concentration 3.12 % and *Candida albicans* inhibitions greater 64.87 % and 3.7 concentrations 25 % and 12.5 % % respectively. For it is concluded that *Pinus pseudostrobus* essential oils has better inhibitory effect on *Salmonella enteritidis* and *Pinus douglasiana* essential oils presents an inhibitory efficiencies in *Escherichia coli*.

**Key words:** *Candida albicans*, *Escherichia coli*, *Pinus douglasiana*, *Pinus pseudostrobus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*

### **INTRODUCCIÓN**

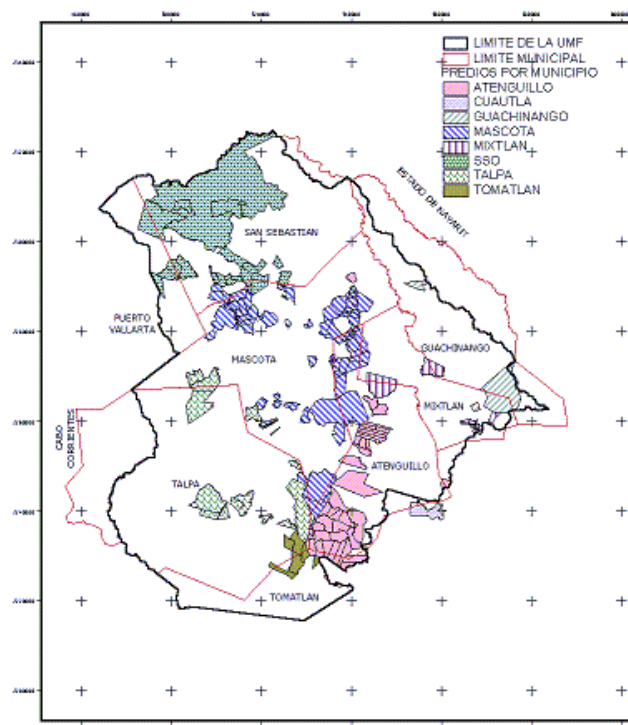
La gran variedad de condiciones fisiográficas, ecológicas y climáticas, son las principales causas que han dado lugar a la existencia de una gran biodiversidad de elementos

florísticos que conforman la cubierta vegetal de México. Esta se considera una de las más ricas y variadas del planeta, varía desde la existencia de ecosistemas áridos hasta ecosistemas tropicales, abarcando los diferentes tipos de pastizales, bosques caducifolios y bosques de coníferas. Dentro de los bosques de coníferas, los pinos son catalogados como el primer género de árboles en distribución y área, que ocurren de manera natural prácticamente en todos los estados de México, a excepción de Tabasco, Campeche y Yucatán; la utilización de los pinos del territorio nacional es muy diversa, incluye el aprovechamiento para madera, obtención de resina, cosecha de semillas para reforestación, artículos ornamentales, artesanías y algunos usos medicinales (1). Hay más de 100 especies en el mundo y 43 se distribuyen en América Central y México (2), el estado de Jalisco cuenta con 85 966 Ha de pino natural y 926 428 Ha de pino-encino, éstas se aprovechan como madera y representan un 85 % de la tala (3); en la región Sierra Occidental particularmente existen 10 especies de pinos, la mayoría son utilizadas con fines maderables, sin embargo pueden ser aprovechables los residuos forestales formados por el follaje que queda en el bosque, donde las acículas es parte de los finos que sirven de combustible en los incendios, región que tiene un promedio de 50 incendios por año (4). En diversas especies del género *Pinus*, se ha demostrado la actividad antifúngica de sus aceites esenciales (4) (5) (6) y una actividad antimicrobiana más amplia con los aceites esenciales de otras coníferas (7); sin embargo de las especies *Pinus pseudostrobus* Lind y *Pinus douglasiana* Martínez, presentes en el estado de Jalisco, no se tiene información documentada de ésta aplicación. En virtud de lo anterior, se considera útil investigar el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales de las dos especies mexicanas frente a 4 microorganismos patógenos. El objetivo de esta investigación es determinar la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Pinus pseudostrobus* Lind y *Pinus douglasiana* Martínez, en las bacterias *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* y la levadura *Candida albicans*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio es la Región “Sierra Occidental del Estado de Jalisco” en México, tiene una superficie total de 824 582,03 ha, los predios de toda la Unidad están ubicados con la ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG) y el material fotogramétrico y cartográfico adquirido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los cuales

se pueden observar en la Figura 1, donde se presentan los límites de la región en el que se incluyen los límites municipales. La región está conformada por los municipios del suroeste del Estado de Jalisco: San Sebastián del Oeste, Mascota, Talpa de Allende, Atenguillo, Guachinango, Mixtlán, Ayutla y Cuautla (8), sus coordenadas geográficas van desde los 19°42'54" a los 20°58'54" de latitud norte y de los 104°08'03" hasta los 105°17'11" de longitud oeste. Según el sistema nacional de coordenadas planas, obtenidas en la hoja cartográfica de la escala 1:250000, esta región se localiza entre las coordenadas UTM, X: 470 000, 580 000, Y: 2 180 000, 2 320 000 y su altitud se encuentra entre los 500 y 2 670 m.s.n.m.



**Fuente:** Fajardo et al. 2001: Estudio sobre el Desarrollo Forestal en la Sierra Occidental de Jalisco.

Figura 1 Mapa de ubicación de los predios por Municipio.

La cobertura forestal es de 718 831.2 ha, de las cuales 119 241.7 ha, son maderables comerciales, principalmente de bosques templados de coníferas con hojosas, cuyos residuos se quedan en el bosque. El género *Pinus*, se presenta con diez especies, tres



consultoría de Mascota Jalisco y las muestras se encuentran en el herbario de dicha empresa, “Consultoría Ambiental Mascota, S. C.”

Obtención de los aceites esenciales.- Se hicieron paquetes de 30 kilogramos de follaje verde de cada una de las dos especies de estudio, en forma simple aleatoria de las ramas en forma diagonal por cuatro partes diferentes de las mismas: superior, inferior, centro derecho y centro izquierdo. Se obtuvieron mezclas homogéneas y se trasladaron al laboratorio. Ahí se desfibraron durante tres minutos en un molino de gasolina de 8 HP, marca Oregon Chipre/ Schroeder, Modelo 80, ubicado en las instalaciones de la Universidad de Guadalajara; con la desfibración se obtienen partículas de 6 – 8 mm. El follaje desfibrado, se colocó en un recipiente de cristal con una placa de cerámica perforada en cuyo fondo contiene agua destilada para que por arrastre de vapor se extraigan los aceites esenciales, por lo que se tapó el recipiente y se enroscó un conducto llamado trompa de elefante, donde pasó el vapor a través de un refrigerante y después de 2 a 5 horas el destilado se recolectó en un contenedor para la posterior separación del extracto aceitoso del agua, dicha separación se debe a la diferencia de densidad de estos dos fases (9).

Cepas utilizadas.- Las cepas microbiológicas proporcionadas por el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Biología Celular y Molecular de la Universidad de Guadalajara fueron *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076, marca Microbiologics), *Escherichia coli* (ATCC HB101, marca Biorad), *Candida albicans* (ATCC 10231, marca Microbiologics). La cepa de *Staphylococcus aureus* la proporcionó el laboratorio de Bacteriología del Hospital General Regional No. 46 / Instituto Mexicano del Seguro Social de Guadalajara, Jalisco.

Determinación de la actividad antimicrobiana por el método de la dilución en tubo.- Por cada extracto se prepararon 4 series de 13 tubos vacíos para evaluar el efecto antimicrobiano de cada microorganismo y con cada uno de los aceites de los diferentes pinos. Las diluciones se realizaron por duplicado. Se rotularon los tubos del 1 al 12, para evaluar las diferentes concentraciones y el tubo 13 se usó como control, el cual no tenía ningún tipo de aceite. A los tubos del 1 al 13 se le agregaron 500 µL de medio de cultivo

Caldo Soya Trypticaseina (CST). Al primer tubo se le añadieron 500  $\mu$ L del aceite de pino concentrado y se homogenizaron, y de este mismo tubo se toman 500  $\mu$ L y se agregaron al tubo 2, así sucesivamente se hicieron diluciones seriadas hasta el tubo 12 donde se evaluó la concentración desde el 50% hasta 0.02% de cada aceite esencial (Cuadro 1).

Cuadro 1. Concentraciones de los aceites esenciales.

No. de tubo	Concentraciones <i>Pinus pseudostrobus</i>	Concentraciones <i>Pinus douglasiana</i>
1	50 %	50 %
2	25 %	25 %
3	12.5 %	12.5 %
4	6.25 %	6.25 %
5	3.12 %	3.12 %
6	1.56 %	1.56 %
7	0.78 %	0.78 %
8	0.39 %	0.39 %
9	0.19 %	0.19 %
10	0.09 %	0.09 %
11	0.04 %	0.04 %
12	0.02 %	0.02 %
13	Control	Control

Enseguida a todos los tubos se le adicionaron 500  $\mu$ L del microorganismo previamente ajustado a la escala de MacFarland (suspensión bacteriana y precipitación química de cloruro de bario y ácido sulfúrico) que corresponde a  $1 \times 10^6$  UFC/mL con un volumen final por tubo de 1 mL.

Todos los tubos se incuban a 37° C por 24 horas (Figura 3).

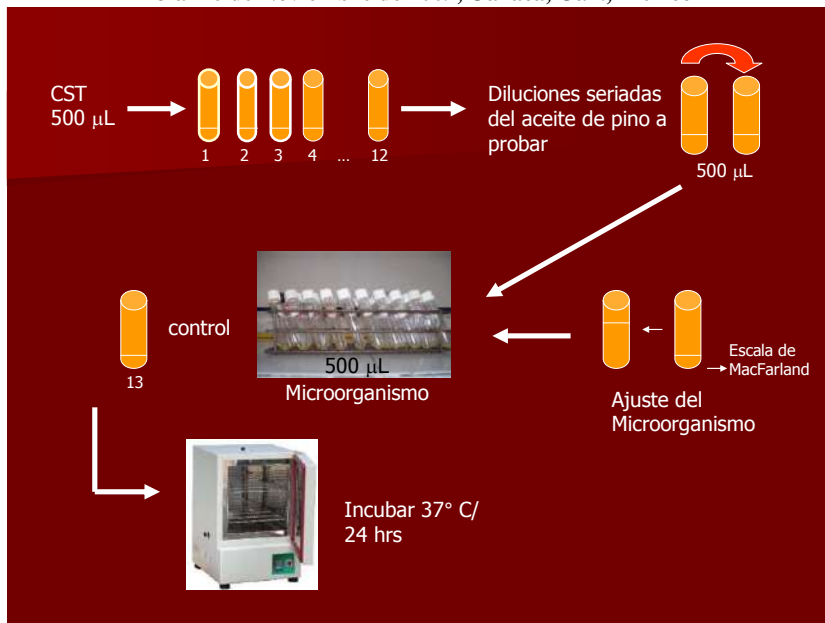


Figura 3. Método de dilución en tubo para determinar la CMI de los aceites esenciales de pinos, donde se observa turbidez.

Después de la incubación, se midió la turbidez en espectrofotómetro a una longitud de onda de 620 nm para determinar el crecimiento (UFC/mL) (10) (Figura 4).



Figura 4. Cuantificación de UFC/ml.



Se evaluó el efecto inhibitor en porcentaje de cada aceite contra los diferentes microorganismos, tomando al tubo 13 solo con microorganismo como el crecimiento al 100% y haciendo la correlación de las lecturas obtenidas para determinar la sensibilidad de bacterias *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* y la levadura *Candida albicans* a diferentes concentraciones de extractos de *Pinus pseudostrobus* Lind y *Pinus douglasiana* Martínez.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de determinar la concentración mínima inhibitoria de las cepas bacterianas y la levadura, probadas con los aceites esenciales de los dos pinos, se observó que el aceite de *Pinus pseudostrobus* Lind en *Salmonella enteritidis* a diluciones seriadas del 50% a 0.02%, las concentraciones de 25% y de 12.5% fueron las de mayor porcentaje de inhibición con un 61.97% y un 40% respectivamente; en la cepa de *Staphylococcus aureus*, las diferentes concentraciones probadas de dicho aceite esencial mostró el mayor efecto inhibitor entre el 30% y el 12% a bajas concentraciones 0.04% y 0.02% respectivamente; la sensibilidad de *Escherichia coli* ocurre a concentraciones bajas de 0.78% del aceite esencial el mayor porcentaje de inhibición del 34.77% y a concentración de 0.19% inhibió el 11.5%; en el caso de la *Candida albicans* presentó resistencia en todas las concentraciones de dicho aceite esencial (Cuadro 2).

Cuadro 2. Acción del aceite esencial de *Pinus pseudostrobus* Lind

Microorganismo	Dilución (%)	Inhibición de crecimiento (%)
<i>Salmonella enteritidis</i>	25.00	61.97
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.04	30.00
<i>Escherichia coli</i>	0.78	34.77
<i>Candida albicans</i>	Todas	Resistente

Para el aceite esencial de *Pinus douglasiana* Martínez, se realizaron las mismas concentraciones, del 50% al 0.02% por el método de diluciones seriadas, y se observó en *Staphylococcus aureus* que la concentración del 25% presentó el mayor porcentaje de inhibición con el 72.8% y al 12.5 % el 51.5% de inhibición; el crecimiento bacteriano de *Escherichia coli* aumenta a partir de la concentración de 6.25% y se mantiene uniforme hasta la concentración de 0.04%, solo las concentraciones del 25% y 12.5% son las que presentan una inhibición más alta del 58.49% y 55.87% respectivamente; la inhibición de *Salmonella enteritidis* fue de 33.68% en la concentración de 3.12%, siendo este el más alto porcentaje, y en las concentraciones de 0.19%, 0.09%, 0.04% y 0.02% la actividad antimicrobiana se mantiene estable del 20% de inhibición; en la *Candida albicans* el aceite esencial en las concentraciones del 25% y 12.5% inhibieron el 64.87% y 3.7% respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Acción del Aceite esencial de *Pinus douglasiana* Martínez.

Microorganismo	Dilución (%)	Inhibición de crecimiento (%)
<i>Staphylococcus aureus</i>	25.0	72.8
<i>Escherichia coli</i>	12.5	55.87
<i>Salmonella enteritidis</i>	25.0	61.97
<i>Candida albicans</i>	25.0	64.87

## CONCLUSIONES

El aceite esencial de *Pinus pseudostrobus* Lind a bajas concentraciones tiene el mejor efecto inhibitorio en *Salmonella enteritidis* y hay resistencia a *Candida albicans* y el aceite esencial de *Pinus douglasiana* Martínez, presenta mayor inhibición a concentraciones altas (25%) en *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* y *Candida albicans*; y (12.5%) en *Escherichia coli*.

## LITERATURA CITADA

1. Bermejo B., y Pontones J. 1994. "Los pinos mexicanos y su utilización como especies introducidas de alto potencial en varios países del mundo". Política y mercadeo de semillas forestales. Centro de Genética Forestal A.C., Chapingo. México. pp., 249-253.
2. Farjón, A., Pérez de la Rosa, J.A. Styles. B. T. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens, Kew. United Kingdom. p. 4
3. PRODEFO Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco, 2003. Sistema de la clasificación de las Coberturas de Suelo para el Estado de Jalisco (Documento Técnico 36, Guadalajara, Jalisco), México, p. 10.
4. Fajardo, J. J., Zepeta, A., Hernández, C., Zepeta, J. y Ramírez, J. J., 2001. "Estudio para el establecimiento de la Unidad de Manejo Forestal Mascota", Servicios Forestales Profesionales Mascota, S. C. México, pp. 83-86.
5. Krauze-Baranowska, M., Mardarowicz, M Wiwart, M., Poblocka, L. and Dynowska, M., 2002. "Antifungal Activity of the Essential Oils from Some Species of the Genus *Pinus*", Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen. No. 57c pp. 478-482.
6. Duarte, A., Rodriguez, A, y Quert, R., 1992. "Results relating in the antifungal action of essential oils of *Eucalyptus pellita* and *Pinus caribaea* against strains of pathogenic fungi", Revista Baracoa, 22(2), pp. 91-94.
7. Baranowska, M.K.; Mardarowicz, M.; Wiwart, M.; Poblocka, L.; and Dynowska, M., 2002, Antifungal activity of the essential oils from some species of the genus *Pinus*., Z. Naturforsch, 57c, 478-482.
8. Angioni, A., Barra, A., Russo, M., Coroneo, V., Dessi, S. and Cabras, P., 2003. "Chemical Composition of the Essential Oils of *Juniperus* from Ripe and Unripe Berries and Leaves and Their Antimicrobial Activity", J. Agricultural and Food Chemistry, 51, pp. 3073-3078.
9. PRODEFO, "Documento Técnico 34 del Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco: Estudio sobre el Desarrollo Forestal en la Sierra Occidental de Jalisco". Editado por el Gobierno del Estado de Jalisco, México, 2002.
10. Díaz R., Gamazo C., y López I. 1999. *Manual práctico de Microbiología*. 2ª edición. Editorial Masson. España. Pag., 141-142.

## FORMATION OF CHROMOPHORIC GROUPS IN EUROPEAN OAKWOOD DURING VACUUM DRYING

SANDOVAL-TORRES Sadoth

<sup>1</sup> Profesor-Investigador, En proceso de repatriación, Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca.  
[sadothsan@yahoo.com](mailto:sadothsan@yahoo.com)

### ABSTRACT

Hardwoods are used in the manufacture high-added value wood-based products. Nevertheless, hardwood discolouration during kiln-drying decreases its commercial value. On one hand, heat modifies the cell wall components and induces chemical reactions of nutrients and extractives; by other hand the role of oxygen in kiln dryers is very important due to oxidation reaction of phenolic compounds which produces chromophoric groups. In order to reduce oxidation reaction, vacuum drying process can be used. It offers reduced drying times and higher end-product quality in comparison with conventional drying operations. In this work, we carried out drying experiments under vacuum conditions with a conductive heating system. We present vacuum-drying kinetics, antioxidant capacity of wood, and Fourier Transform Infrared Spectra of dust-wood analyses. The experimental setup is a vacuum chamber where pressure is regulated between two pressures. Mass evolution was logged during experiments. The heating system is an electrical resistance controlled with the help of a PID system. All experiments are performed on Oakwood disks (7 cm diameter and 2.5 cm height). The heat source is maintained at different temperatures (46°, 61° and 70°C) and pressure in the chamber is controlled at three different intervals (60-100, 150-200, and 250-300 mbar). Our results suggest that oxidation of extractives and thermal degradation of hemicelluloses are the principals mechanisms in the chromophore groups formation during vacuum drying.

**Keywords:** Chromophore groups, antioxidant potency, European Oakwood, Vacuum drying.

## 1. Introduction

Science and technology innovation are interesting for countries, since production technology allows competitiveness. Currently, the global forest products industry faces with many challenges. These challenges are multifaceted and complex, and the need for the application of innovative ideas and solutions is obvious (Van Horne *et al*, 2006). Wood-material, in contrast to almost any other engineering or structural material, is a renewable resource available in vast quantities. Wood is an advanced natural polymer composite with many extraordinary properties (Wålinder, 2006). Hardwood (HW) operations perceived discolorations to be an important problem compared to softwoods. HW species are more susceptible to discoloration (Ward and Simpson, 1997). The target moisture content for softwood dimension lumber ranges between 15% and 20%. However, wood used for manufacturing furniture or millwork, either from softwoods or hardwoods, has a target moisture content of between 6% and 8% (Ward and Simpson, 1997).

Hardwoods operations mainly focus on reducing product degrade, while softwood operations are more interested in achieving high productions levels (Alexiadis *et al*; 2006). Appearance is more important issue in hardwood drying, hardwood lumber constitutes a higher value material compared to softwood lumber and this can also justify companies concerns about surface checking. In the normal use of wood, however, the wood material is mechanically converted by sawing, planning and milling, and also artificially dried to a low moisture content, which in fact could be viewed as an unnatural state of wood. In the markets for high-value tropical hardwoods in Europe, decorative characteristics (appearance) and colour consistency of wood-products are important, since wood-based products face increasingly severe competition from newer materials (FAO, 2000). Wood discoloration problems have been known to lumber producers and customers world wide for many years and have caused large economic losses to the wood industry.

Sliced red alder veneer is commonly used as a decorative overlay on composite wood panels (particleboard and medium density fibreboard), which are then used in the manufacture of cabinets and furniture (Hibbs *et al*. 1994). Thompson *et al* (2005), studied the thermal modification of color in Red alder (*alnus rubra* Bong.), they concluded that there was within-tree variation in the color following thermal treatment, but differences were pronounced only when wood was heated at 30°C, but such a difference was absent in wood that was heated at higher temperatures (50-90°C), they suggested than the color of

thermally modified red alder wood depends on the strength of reactions that produce orange/red chromophores in the wood, thermal darkening of the wood, and destruction of orange/red chromophores. Notburga and Jacques (2004) showed that the relationship between colour and decay resistance is direct, based on the influence of extractives, these protect wood from biological decay. The influence of phenolics groups on wood decay resistance was also demonstrated quite recently for pine heartwood (Harju et al. 2003). Aydin and Colakoglu (2005) reported that changes in natural colouration of wood occur as a result of chemical reactions that take place between naturally occurring precursors to stain formation (phenolic extractives) and enzymes present in the wood, so inactivation of enzymes could be one strategic to control colour alteration.

Kreber et al (2001) investigates wood discoloration, he found formation of kiln brown stain occurs due to a thermal chemical reaction involving translocation and accumulation of water-soluble sugar and nitrogen-containing compounds just underneath the wood surface where they form a brown polymer. Kreber and Haslett (1997) applied an accelerate kiln schedule, they found temperature influenced stain formation; they observed an intense chocolate-brown colouration when is applied an accelerated conventional schedule drying (90/60°C). Chen and Workman (1980) and Kubinsky and Geza (1973) studied the influence of steaming on the colour of press-extracted wood fluids, concluding that extractives in wood fluids as the main wood pigments. About vacuum drying technology, Luostarinen (2006) studied the discoloration of Birch wood and concluded that the characteristics related to parenchymatic cells of xylem were observed to affect colour in conventional drying and in vacuum drying, but the important characteristics in the wood from the two drying methods were different. The changes in cell dimensions may simply affect the colour by changing the ratio of lumens to cell walls, which emphasizes the contribution of the cell wall compounds to colour.

## **2. Wood chemistry and chromophore groups**

Graebe und Lieberman (1868) recognized that all dyes contain a series of conjugated double bonds. The first comprehensive theory on a empirical basis was developed by Witt (1876). Witt postulated that a compound is colored due to the presence of certain groups (chromophores) attached or linked to a sytem of conjugated double bonds. Chromophore formation is very important in lignocelulosic-based industry, since color is directly affected

by these groups. The formation of pulp chromophores requires the presence of low-molecular carbohydrate structures (Beyer *et al*, 2006). These may stem from oxidized cellulose molecules as well as hemicellulose residues which remain on the pulps even after strong alkaline the colour of wood is related to chromophores among extractives (Burtin *et al*. 1998) as well as chromophoric groups in the lignin (Falkehag *et al*. 1996). By other hand, when wood is heat treated, aldehydes and phenols are formed which may result in the formation of coloured compounds after chemicals reactions (McDonald *et al*. 2000). The electron of an unsaturated bond (e.g., >C=C<, >C=O, >C=NH, -N=N-) can transfer easily to an excited state with a small amount of energy. An atomic group having a  $\pi$  electron, such as an unsaturated bond, is called a chromophore. An atomic group having isolated electron pairs such as -OH, COOH, and -OR is called an auxochrome (Hon and Shiraishi, 1991). About color parameters, the color system setting was  $L^*a^*b^*$  according to the CIE standard (Hunt 1995). The three measured co-ordinates,  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ , were transformed to  $L^*$ ,  $C^*$  (chroma) and  $h$  (Hue angle) co-ordinates, using the equations below:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

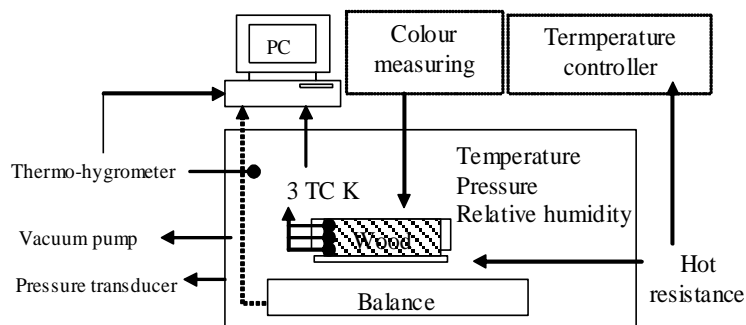
$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

The value of chroma  $C^*$  is 0 at the center and increases according to the distance from the center. Hue angle  $h$  is defined as starting at the  $+a^*$  axis and is expressed in degrees;  $0^\circ$  would be  $+a^*$  (red),  $90^\circ$  would be  $+b^*$  (yellow),  $180^\circ$  would be  $-a^*$  (green), and  $270^\circ$  would be  $b^*$  (blue).

### 3. Vacuum Drying Conditions and Preparation of oakwood-material disks

Samples obtained from a freshly felled 100-year-old tree of European oakwood (*Quercus Pedunculae*) were used. The selected log had a central pith and normal growth ring pattern and there was no apparent compression wood present identified by color. For each drying experiment, from the log, heartwood disks (7 cm diameter and 2.5 cm height) were obtained per drying condition. In cutting these boards, care was taken to ensure that the board radial-longitudinal faces remained as the principal sections for colour analysis. Vacuum drying enables an important overpressure inside the material which enhanced internal moisture migration (Jomaa and Baixeras, 1997). In this work, three temperatures (46, 61 and  $70^\circ\text{C}$ ) and three pressure levels are combined (60-100, 150-200 and 250-300mbar) for vacuum drying. The experimental setup (Figure 1) is a vacuum chamber

where pressure is regulated between two values ( $P_{min}$ ,  $P_{max}$ ). One balance was kept inside the chamber in order to log the mass variation of the sample. A thermometer gives the dryer temperature, K-type thermocouples are placed in the wood. The heating source is an electrical resistance which temperature is controlled with the help of a PID-controller.



**Figure 1. Vacuum dryer.**

#### 4. Analysis by spectroscopy

Fourier Transform Infra Red (FTIR) spectroscopy has been found effective to analyse the chemical structure of wood. FTIR spectra of the ground wood samples (100  $\mu\text{m}$ -sieved) were acquired with a Bruker EQUINOX 55 spectrometer (Bruker Optics Inc., Ettlingen, Germany) over the range  $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$  and with a resolution of  $4\text{ cm}^{-1}$ , spectras were recorded in reflectance (R%) mode. Thirty scans were accumulated before the Fourier transformation. Figure 2 shows the FTIR spectra for each dust sample after vacuum and convective drying at different conditions. A baseline was used to calculate areas from band at  $1741\text{ cm}^{-1}$ , such band correspond to C=O stretching.



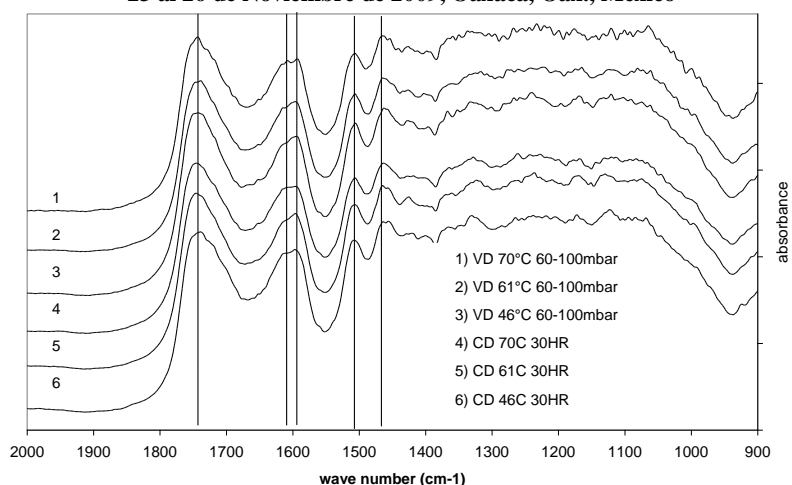


Figure 2. FTIR spectras of oakwood at different drying conditions.

### 5. ABTS+• radical cation scavenging

For each drying experiment, 3 mm of the wood-disks was surfaced, dust-particles were obtained with a wood-rasp (8g/sample), wood chips were passed in a teaspoon to homogenise the particles. Antioxidant capacity is measured for wood fine powder (0.06g per sample). The ABTS<sup>•+</sup> scavenging test is widely used to determine the antioxidant activity of both hydrophilic and lipophilic compounds. The reaction between ABTS and MnO<sub>2</sub> directly generates the blue/ green ABTS<sup>•+</sup> chromophore, which can be reduced by an antioxidant, thereby resulting in a loss of absorbance at 734 nm. Determination was performed by the spectrophotometric method, in using a Helios UV visible spectrophotometer at 734 nm. The amount of antioxidant capacity was calculated as ascorbic acid equivalents from the calibration curve. All experiments were replicated 8 times. All reagents and chemicals used in the experimental work were of analytical grade, details about this method were published in Sandoval-Torres *et al* (2009).

### 6. Results and Discussion

Drying kinetics from six experiments analyzed in this work are shows in Figure 3. Natural moisture content variation of wood will always show a variation. Profile of temperatures during a vacuum drying experiment at 60° C, are displayed in Figure 4. The positive impact of the internal pressure gradient within lumber is the primary motivation for drying at low pressure. In this case, a reduction of external pressure allows high temperature conditions to be attained for species that do not usually accept high temperature levels. In continuous

vacuum drying two phases are identified: the first one called active phase in which the vacuum pump works (aspiration), the second one is called passive phase in which the vacuum pump is stopped, and it is allowed a moisture re-homogenisation within the wood board.

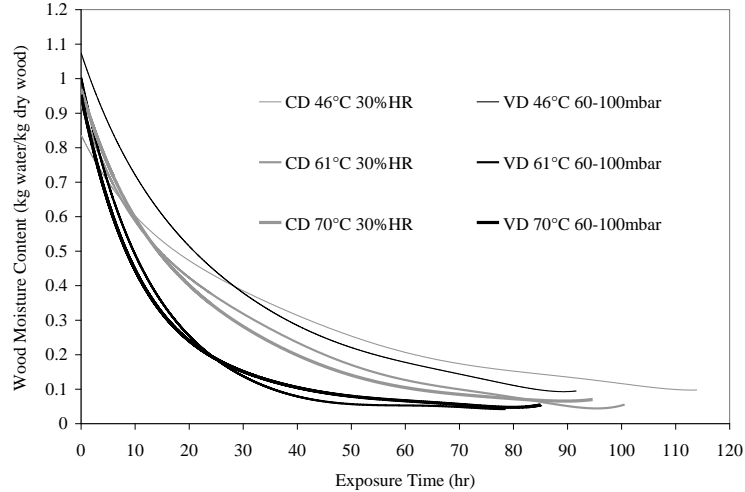


Figure 3. Vacuum and Convective drying kinetics.

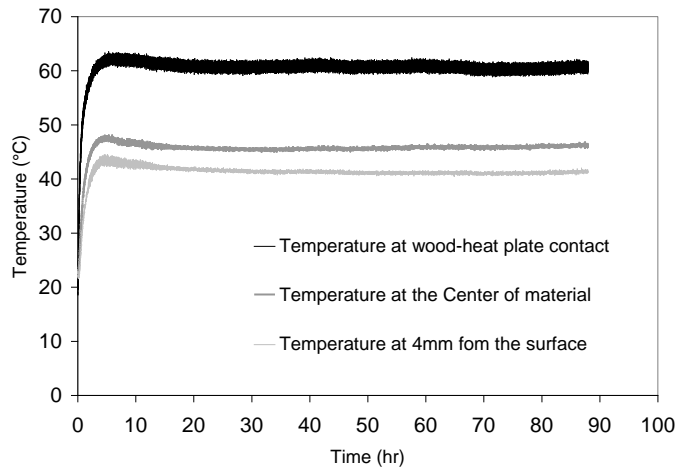
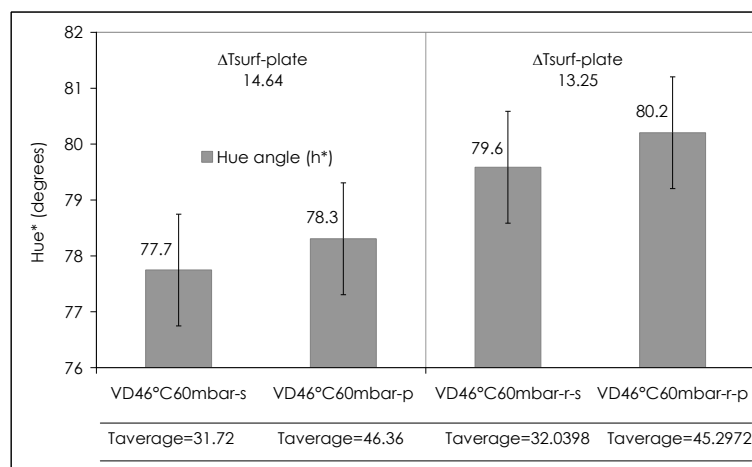


Figure 4. Temperatures of wood during vacuum drying.

During vacuum drying, we have a low-availability in oxygen. From first principles, it can be assumed that oxidation reactions could be alleviate by vacuum conditions and color of thermally modified wood will results from the production and/or destruction of chromophoric groups meanly by thermal effect. It is well established that hemicelluloses are degraded by

heat causing thermal-modified wood (White and Dietenberger, 2001). Nevertheless is very important to say that oxygen is always present during drying since we have partial vacuum (we have not 0 mbar). After each experiment we have measured color parameter according to CIELab system (Precise Color Communication, Minolta) using a Minolta Colorimeter, details are described in Sandoval-Torres S. (2008).

Figure 5 display the hue values for four vacuum-dried samples (46°C and 60mbar). It may be noted what saturation increases as temperature increases; so yellowness is developed by a thermal effect. We have measures color changes in surfaces since, according to transport phenomena principles chemicals like sugars, phenols, antioxidants and other extraneous substances could have been transported from the centre to the surface layer with the evaporating water, where they are modified by drying conditions. Furthermore, surfaces are in contact with the heat source and the dryer atmosphere.



**Figure 5. Hue angle. Vacuum drying at 46°C and 60mbar.**

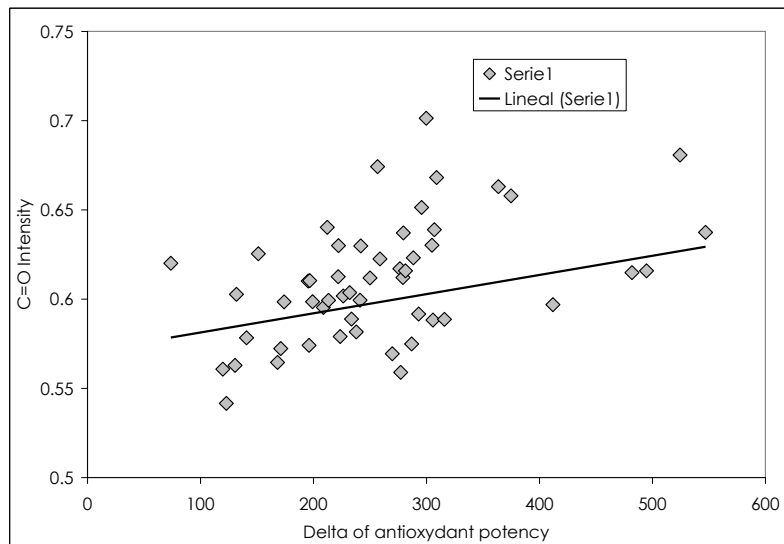
In these vacuum conditions, samples have a tendency to change from a red to a yellow hue. Yellowing can be caused by a degradation of phenolics compounds. It is well known that during thermal treatment, the extent of alterations depends on the chemical composition of the material used. The higher yellowness of the discoloured surface layer could be partly caused by the low-molecular weight phenolic extractives, which mostly are pale yellow substances (Hiltunen et al. 2006).

Yellowing of wood has been related to the formation of groups that contain oxygen, as the carbonyl groups, carboxyl, and hydrogen peroxide (Grekin 2007). To confirm the presence of carbonyl groups, we have used FTIR analyses. Some researchers have suggested as principal discoloration reactions the oxidation, hydrolysis, polymerization of phenolic compounds, enzymatic reactions and thermal degradation of lignin and hemicelluloses (Gray, V.R. 1961, Hon, D.N-S. 1981, Haluk et al 1991, Klumpers, 1994, Abe et al 1994, Hon and Shiraishi 2000, White and Dietenberger. 2001, Sundqvist, B. 2002, Alén et al 2002, Charrier et al 2002, Stenudd. S. 2002, Koch, 2003, Stenudd, S. 2004, Thompson, D. W. 2004, Rowell, R. 2006), nevertheless color modification of wood is not fully understood, and in this work we explored carbonyl-antioxidant potency relationship. Ellagitannins may undergo oxidation and polymerization reactions during drying and may also be involved in the formation of chromophoric groups. Extractives have antioxidant properties that may restrict the color changes during drying, these properties limiting damage caused by oxygen free radicals. Nevertheless, in the absence of oxygen, depolymerisation reactions can take place (Feist et al. 1973). According to Okuda et al. (1989), phenolic compounds are degraded easily at low temperatures, since complex structures of tannins are affected by water and acids. In our vacuum drying samples, oxidation reactions degrade phenolic compounds and allow the formation of carbonyl groups.

In Figure 6 we presents the values of delta antioxidant potency and C=O intensity. Delta antioxidant potency is the difference between initial and final antioxidant potency for each sample. We can see that delta antioxidant potency increases as C=O presence increases. Antioxidant potency is linked to extractives content, because of phenolic groups are antioxidant compounds. Among antioxidant extractives ellagitannins and gallotannins are the most important. Ellagitannins can contribute to the formation of oxidation products (*chromophoric groups*); this fact was supported by a more important presence of carbonyl entities in wood surfaces. Ellagitannins can be hydrolysables in presence of free water and heat, even at low temperature (Charrier et al, 1992: Burtin et al, 1998, Avramidis et al, 1993, Koch 2003); by consequence it is possible to produce gallic acid, ellagic acid and glucose during drying.

In accordance to these results, we could suggest that antioxidant capacity and peaks  $1741\text{cm}^{-1}$  can be directly correlated, since to a more important loss in antioxidant potency correspond a more important carbonyl presence (chromophore groups). Hon and Feist

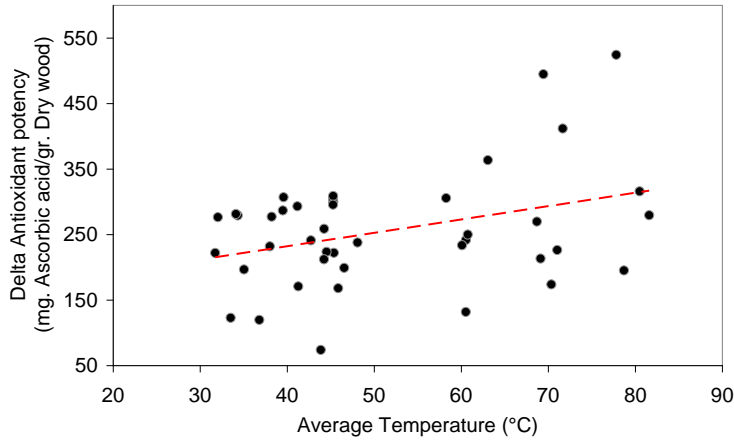
(1986) used FTIR to monitor the modification on wood surface after a 40-day artificial weathering of yellow poplar. They ratioed the intensities of absorption band at  $1740\text{cm}^{-1}$  and  $1510\text{cm}^{-1}$  to  $1160\text{cm}^{-1}$ , and reported the increase in intensities of band at  $1740\text{cm}^{-1}$  and the decrease at  $1510\text{cm}^{-1}$  associated with the weathering time. In this work we have computed areas for each peak according to Pandey and Pitman (2003).



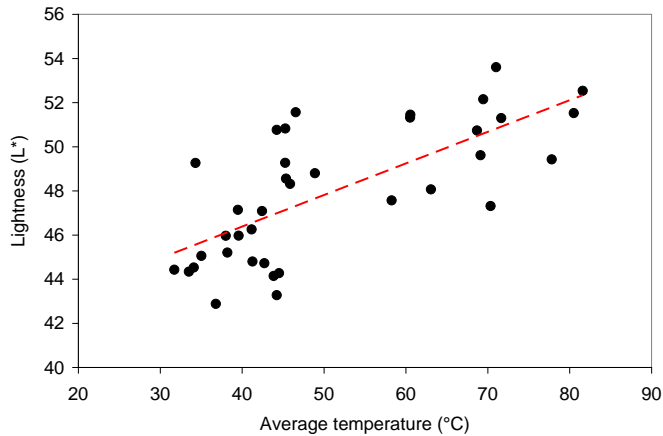
**Figure 6. Antioxydant potency and C=O formation.**

It can be assumed that the color of thermally modified European Oakwood results from the production and/or destruction of chromophoric groups. The effect of temperature in antioxidant potency is showed in Figure 7. The loss in antioxidant potency increases with temperature. Phenolic compounds are reddish tone, so ellagitannins degradation is consistent with a yellow tone trend of wood color by a thermal effect. Even when we imposed low temperature, the color of the wood can be altered from  $43^{\circ}\text{C}$  (Yeo and Smith 2004). The increase in saturation and brightness can be linked to the thermal degradation of extractives (ellagitannins mainly). The coloration of the wood becomes more vividness (Figure 8). Phenolic compounds are part of extractives. Extractives in hardwood consist of terpenes, terpenoids, phenols, lignans, tannins, etc. Researchers have suggested like principal discoloration reactions the oxidation, hydrolysis, polymerization of phenolic compounds, enzymatic reactions and thermal degradation of lignin and hemicelluloses

(Gray, V.R. 1961, Hon, D.N-S. 1981, Haluk et al 1991, Klumpers, 1994, Abe et al 1994, Hon and Shiraishi 2000, White and Dietenberger. 2001, Sundqvist, B. 2002, Alén et al 2002, Charier et al 2002, Stenudd. S. 2002, Koch, 2003, Stenudd, S. 2004, Thompson, D. W. 2004, Rowell, R. 2006.) so, a holistic approach is important, but chemical reactions and drying relationship is complex.



**Figure 7. Antioxydant potency and Temperature.**



**Figure 8. Lightness and average temperature.**

Castalagin and vescalagin represent >50% of the ellagitannins in oak wood (Puech et al, 1999). About 10% of the dry weight of European oak heartwood (*Quercus robur* L. and *Q. petraea* Liebl.) contains extractible ellagitannins, consisting of hexahydroxydiphenic acid ester with glucose. The principal ellagitannins are vescalagin and castalagin. Most of the

other known ellagitannins are derived from these two forms. These molecules are extremely soluble in water, highly oxidizable, and astringent. All of these properties have antioxidant and antiradical effects on these products, induce a response to various nucleophilic substitutions, play a role in wood discoloration, and influence the quality and efficacy of fining (Vivas et al, 2004)

In theory if the hardwood lumbers are kiln-dried above 60°C drying temperature and 65% relative humidity, wood surface color darkens as a result of the chemical changes in structure of lignin and hemicelluloses, we found the inverse, but in this work vacuum drying was conducted without superheated vapour assistance, we applied plain vacuum drying, so wood is heated by the heat plate and drying agent not exist since to the vacuum atmosphere. Banerjee (1995) studied wood emissions. He say during wood drying operations there exist the release of volatile organic compounds (VOCs). This VOC's in dryer can catalyses chemical reactions in wood surfaces, then chemical reactions are very complex to understand.

Despite the application of similar drying conditions, variations are due to variability in phenolic concentration in wood. There is a clear need for better understanding of the biochemical changes in heartwood extractives that occur during wood storage and drying to improve appearance quality.

## 7. DISCUSSION AND CONCLUSION

An increase of chromophoric groups in oakwood during vacuum drying by contact is mainly affected by temperature. We have analyzed antioxidant potency and FTIR spectras to study antioxidant degradation and C=O presence in wood surfaces: Thermal degradation of phenolic compounds is followed by a loss in antioxidant capacity and a trend to yellowness in wood color. C=O chromophoric groups intensity increases as temperature increases. So, extractives (ellagitannins), which are polyphenolic compounds, have an important influence in wood lightness. Discoloration during vacuum drying suggests formation of colored substances (chromophores) from antioxidants extractives compounds.

Ellagitannins degradation can contribute to the formation of oxidation products; this fact was supported by a more important carbonyl intensity band in wood surfaces. The ellagitanins are antioxidants compounds, but they are hydrolysables in the presence of free

water and heat, then it is possible to produce gallic acid, ellagic acid and glucose during drying. In our samples antioxidant potency decrease as peak  $1741\text{cm}^{-1}$  increase. This fact is linked to the formation of oxidation products (oxidation of ellagitannins) as a consequence of antioxidant potency degradation. The lightness of wood surfaces increases as drying temperature increases, so we can suggest an intermediate state of color kinetics (intermediate chemical reactions too), since carboxyl groups increases as antioxidant potency decrease.

According to our results, during vacuum drying, thermal gradients should be considered inside wood to produce minor differences in the color of surfaces of different layers, and heat transfer aspects should be considered for a better understanding of chromophore formation/degradation during vacuum conditions. Matching color in wood products is important, since color is an indication for the acceptability of a product and color is associated to the product quality and pleasant appearance. No desired chromophore compounds are important because of discoloration becomes a major concern during processing operations.

**Acknowledgements.** This work was supported by The National Council for Science and Technology of Mexico (CONACYT) and SPHERE-France. I also thanks to Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-Oaxaca) for its supporting.

## 6. References

- Abe, Z., K. Oda, and J. Matsumura, 1994, The color change of sugi (*Criptomeria japonica*) heartwood from reddish brown to black: I The color-change and its causes. *Mokuzai Gakkaishi*. 40(10), 1119-1125.
- Alén, R., R. Kotilainen, A. Zaman, 2002, Thermo chemical Behaviour of Norway spruce (*Picea abies*) at 180–225 °C. *Wood Science and Technology*. 36, 163–171.
- Alexiadis, P., D.H. Cohen, R.A. Kozak and S. Avramidis, 2006, Kiln Drying Canadian Softwoods and Hardwoods: Different Species, Different Problems. *Journal of the Institute of Wood Science*, In Press.
- Avramidis, S., S. Ellis. And J. Liu, 1993, The alleviation of brown stain in hem-fir through manipulation of kiln-drying schedules. *Forest Prod. J.* 43(10), 65-69.



- Aydin, I. and Gursel Colakoglu. 2005. Effects of surface inactivation, high temperature drying and preservative treatment on surface roughness and colour of alder and beech wood. *Applied Surface Science* 252: 430–440.
- Beyer, M., Koch, H. and Fischer. C. 2006. Role of Hemicelluloses in the Formation of Chromophores During Heat Treatment of Bleached Chemical Pulps. *Macromol. Symp.* 2006, 232, 98–106.
- Brunner, C.C., G.B. Shaw, D.A. Butler, and J.W. Funk, 1990, Using color in machine vision systems for wood processing. *Wood Fiber Sci.* 22(4): 413-428.
- Burtin, P., Jay-Allemand, C., Charpentier, J. -, & G. Janin, 2000, Modifications of hybrid walnut (*juglans nigra* 23 x *juglans regia*) wood colour and phenolic composition under various steaming conditions. *Holzforschung.* 54(1), 33-38.
- Chafe, S.C. 1991, A relationship between equilibrium moisture content and specific gravity in wood. *J. Inst. Wood Sci.* 12(3), 119–122.
- Charrier, B., J.P. Haluk and G. Janin, 1992, Prevention of brown discolouration in European oak wood occurring during kiln drying by a vacuum process: Colorimetric comparative study with a traditional process. *Holz Roh-Werkstoff* 50, 433–437.
- Chen, P.Y.S. and E.C. Workman Jr. 1980. Effect of steaming on some physical and chemical properties of black walnut heartwood. *Wood and Fiber* 11(4), 218–227.
- Connors, R.W., C.W. McMillin., and C.N.Ng. 1985, The utility of color information in the location and identification of defects in surfaced hardwood lumber. *Proc. 1st International Conference on Scanning Technology in Sawmilling, San Francisco, CA.*
- FAO. 1999, Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Markets for High-Value Tropical Hardwoods in Europe, Forestry Dept.*
- Graebe. C. Liebermann. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1868. 1:106.
- Gray, V.R. 1961, The color of wood and its changes. *J. Institut. Wood. Sci.* 8, 35-57.
- Haluk J.P., Schoegel F. et M. Metche, 1991, *Chimie de la couleur du bois. Etude comparative des constituants polyphénoliques dans le chêne sain et le chêne coloré.* *Holzforschung.* 45(6), 437-444.

- Harju AM, Venäläinen, M, Anttonen S, Viitanen H, Kainulainen, P, Saranpää, P, Vapaavuori E. 2003. Chemical factors affecting the brown-rot decay resistance of Scots pine heartwood. *Trees*: 17:263–268.
- Hibbs, D.E., D.S. Debell, and R.F. Tarrant, 1994, The biology and management of red alder. Oregon State University Press, Corvallis, OR. 226 pp.
- Hillis, W.E. 1985, Occurrence of extractives in wood tissues. In T. Higuchi (Ed.), *Biosynthesis and Biodegradation of wood components*. London, United Kingdom: Academic Press.
- Hon, D. N. S., and N. Shiraishi. Eds. 2000, *Wood and cellulosic chemistry*. Marcel Dekker. New York, NY. 1020 pp.
- Hon, D.n-S. 1981, Photochemical degradation of lignocellulosic materials. In "Developments in polymer degradation". Ed. Grassie, N. Applied Science, Publishers, London, Chap. 8.
- Hunt, R.W.G. 1995. *Measuring color*, second edition. Ellis Horwood series in applied science and industrial technology. Ellis Horwood Limited.
- Klumpers J., Scalbert A. et G. Janin, 1994, Ellagitannins in European oak wood: Polymerization during wood ageing. *Phytochemistry*. 36, 1249-1252.
- Koch, G., Puls, J. and J. Bauch, 2003, Topochemical characterisation of phenolic extractives in discoloured beechwood (*Fagus sylvatica* L.). *Holzforschung*. 57, 339-345.
- Konica Minolta Sensing, Inc. 1998. *Precise Color Communication Color. Control From Perception To Instrumentation*. Konica Minolta.
- Kosiková, B., Hricovíni, M. and C. Consentino, 1999, Interaction of lignin and polysaccharides in beech wood (*Fagus sylvatica*) during drying process. *Wood Science and Technology*. 33, 373-380.
- Kreber, B. and Haslett, A. N. 1997. A study of some factors promoting kiln brown stain formation in radiate pine. *Holz als Roh-und Werkstoff*. 55, 215-220.
- Kreber, B., M. R. Stahl, and A. N. Haslett. 2001. Application of a novel de-watering process to control kiln brown stain in radiate pine. *Holz als Roh- und Werkstoff* 59: 29-34.
- Kubinsky, E. and Ifju, G. 1973. Influence of Steaming on the Properties of Red

Oak. Part I. Structural and Chemical Changes. *Wood Science*. 6 (1), 87-94.

Luostarinen, K. 2006, Relationship of selected cell characteristics and colour of silver birch wood after two different drying processes. *Wood Material Science and Engineering*. 1,21-28.

Notburga G. and D. Jacques. 2004. Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. *Trees* 18:102–108.

Nuopponen, M. H., Wikberg, H. I., Birch, G. M., Jääskeläinen, A. -, Maunu, S. L., & Vuorinen, T. et al. 2006, Characterization of 25 tropical hardwoods with fourier transform infrared, ultraviolet resonance raman, and <sup>13</sup>C-NMR cross-polarization/magic-angle spinning spectroscopy. *Journal of Applied Polymer Science*. 102(1), 810-819.

Nzokou, P. and D. P. Kamdem, 2006, Influence of wood Extractives on the photo-discolouration of wood surfaces exposed to artificial Weathering. *Color Research and Application, Industrial applications*. 31(5), 425-434.

Pandey, K. K. 2005, Study of the efect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. *Polymer Degradation and Stability*. 90(1), 9-20.

Pandey, K.K. and A.J. Pitman. 2003. FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. *International Biodeteriotation and Biodegradation*, 52: 151-160.

Puech, J-L., Christian Mertz, Véronique Michon, Christine Le Guernevé, Thierry Doco, and Catherine Hervé du Penhoat. 1999. Evolution of Castalagin and Vescalagin in Ethanol Solutions. Identification of New Derivatives. *J. Agric. Food Chem*. 47, 2060-2066.

Rowell. M.R. 2006, Chemical modification of wood: A short review. *Wood Material Science and Engineering*. 1, 29-33.

Sandoval-Torres, S. 2008. Effets Des Paramètres De Séchage Sous Vide Sur La Discoloration Du Bois De Chêne. Thèse École Doctorale Des Sciences Physiques Et De l'Ingénieur. Université Bordeaux 1. France.

Sandoval-Torres, S. F. Marc, W. Jomaa, J.-R. Puiggali. 2009. Colour changes in oakwood during vacuum drying by contact: studies on antioxydant potency and infrared spectras in surfaces. *Wood Research* 54(1):45-58

Silvén, S., and H. Kauppinen, 1996, Recent developments in wood inspection.

Int. Pattern Recognition and Artificial Intelligence 10(1), 83-95.

Stenudd, S. 2004, Color response in Silver birch during kiln-drying. *Forest Prod. J.* 54(6), 31-36.

Sundqvist, B. 2002, Color response of Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pubescens*) subjected to heat treatment in capillary phase. *Holz als Roh- und Werkstoff.* 60, 106–114.

Thompson, D. W. Kozak, R.A., and P.D. Evans, 2004, Thermal modification of color in red alder veneer. I. Effects of temperature, heating time, and wood type. *Wood and Fiber Science.* 37(4), 653-661.

Van Horne, C., Frayret, J-M. and Diane Poulin. 2006. Creating value with innovation: From centre of expertise to the forest products industry. *Forest Policy and Economics* 8(7): 751-761.

Vivas, N., Laguerre, M., Pianet De Boissel, I., Vivas De Gaulejac, N. and Marie-Francü Oise Nonier. 2004. Conformational Interpretation of Vescalagin and Castalagin Physicochemical Properties. *J. Agric. Food Chem.* 52: 2073-2078

Wålinder, M. 2006, Editorial. *Wood Material Science and Engineering Journal.* 1, 2-3

Ward, J.C and, W.T. Simpson., 1997, Drying Defects. In: W. T. Simson (Ed.), *Dry kiln operator's manual.* Reprinted from U.S.D.A. *Agricultural Handbook* No. 188, Madison, WI, pp 179-205.

White, R. H., and M.A. Dietsberger, 2001, Wood products: thermal degradation and fire. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology.*

Witt, O.N. 1876. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 9:522.

Yeo, H. and W.B. Smith, 2004, Control of interior darkening in hard maple. *Wood and Fiber Science.* 36(3), 417-422.

# INFLUENCIA DE CONTENEDORES BIODEGRADABLES DE FIBRA DE COCO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE PLANTAS DE *Tabebuia rosea* (Bertol) DC y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb

H. Jesús Muñoz Flores<sup>1</sup>, J. Jesús García Magaña<sup>2</sup>, Víctor Manuel Coria Avalos<sup>1</sup>, Miguel Bernardo Nájera Rincón<sup>1</sup> y Eleazar Jiménez Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Investigadores del CE. URUAPAN-CIRPAC-INIFAP [munoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx](mailto:munoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx)  
Av. Latinoamericana No.1101. CP. 60150. Uruapan, Michoacán. México. <sup>2</sup>Profesor Investigador Asociado "A" UMSNH Facultad de Agrobiología. Uruapan, Michoacán. México. <sup>3</sup>Ingeniero Forestal. Facultad de Agrobiología. Uruapan, Michoacán. México.

## RESUMEN

La función de cualquier contenedor es la de contener una cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales, y provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero. El objetivo fue evaluar la factibilidad técnica de contenedores elaborados a base de fibra de coco para la propagación de dos especies tropicales. Se propago *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea* en contenedores de fibra de coco y látex, y en charolas Styroblock de 60 y 70 cavidades. Se empleo un diseño completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. A tres meses, las plantas de *Enterolobium* en contenedores de fibra de coco lograron una altura significativamente superior ( $P > F = < 0.0001$ ) de 24.8 cm, en relación a las plantas de la misma especie en charolas de 60 y 77 cavidades (14.9 cm). Los diámetros de collar de *Tabebuia* y *Enterolobium* en contenedores, resultaron significativas ( $P > F = < 0.0001$ ). Resultando dos grupos, (Tukey  $\alpha = 0.05$ ), el primero con los mayores índices (6.2 a 5.5 mm) en ambas especies en contenedores de fibra de coco y el segundo que incluye las charolas de 60 y 77 cavidades (2.7 a 3.3 mm). La biomasa total, (aérea y radical) fueron mayores en las dos especies en contenedores de fibra de coco, aunque los obtenidos por *Enterolobium* (4.69 g) fueron superiores significativamente respecto a los mostrados por *Tabebuia* (3.66 g). Los contenedores de fibra de coco permiten obtener plantas de alta calidad morfológica, además son biodegradables y no contaminan.

**Palabras clave:** Propagación de plantas, *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea*, contenedores, fibra de coco, charolas de poliestireno, Michoacán.

## ABSTRACT

The function of any container is to contain a quantity of substrate, which in turn supplies the roots with water, air, mineral nutrients, and provides physical support while the plant is still in the nursery. The objective was to assess the technical feasibility of containers made of coconut fiber for the propagation of two tropical species. *Enterolobium cyclocarpum* spreads and *Tabebuia rosea* container coconut fiber and latex, and trays Styroblock 60 and 70 cavities. Using a completely randomized design with six treatments and four replications. For three months, plants in containers *Enterolobium* coconut fiber achieved a significantly higher level ( $P < F = <.0.0001$ ) of 24.8 cm, compared to plants of the same species in trays of 60 and 77 cavities (14.9 cm). Collar diameter in *Tabebuia* and *Enterolobium* in containers, were significant ( $P < F = <.0.0001$ ). Resulting two groups (Tukey  $\alpha = 0.05$ ), the first with the highest rates (6.2 to 5.5 mm) in both species in containers of coconut fiber and the second includes trays 60 and 77 cavities (2.7 to 3.3 mm). Total biomass (aerial and root) were higher in the two species in containers of coconut fiber, while those derived from *Enterolobium* (4.69 g) were significantly superior to those shown by *Tabebuia* (3.66 g). Containers coconut fiber plants produce high-quality morphology. They are also biodegradable and do not pollute.

**Keywords:** Plants propagation, *Enterolobium cyclocarpum* and *Tabebuia rosea*, containers, coconut fiber, poliestiren containers, Michoacán.

## INTRODUCCIÓN

Para la propagación de plantas en vivero, se necesita contar con información que permita ubicar, dimensionar e implementar las acciones pertinentes y tener los recursos humanos y materiales que posibiliten los objetivos y metas de los planes de trabajo. Independientemente del tipo de propágulo o semilla empleado para obtener plantas, una de las decisiones importantes a tomar es la determinación del tipo del envase o contenedor a emplear, mismo que debe ser elegido en función de las especies a propagar,

de las características morfológicas y fisiológicas deseadas, del costo y de la facilidad de obtenerlos en el mercado (Fisher, 1992; Landis, *et al.*, 1994).

Debido a que el tipo y tamaño del contenedor tiene relación con la morfología radical y aérea del material propagado, y a su vez, las características adquiridas en vivero tienen amplia influencia del éxito de la plantación en el campo como se ha demostrado repetidamente a nivel mundial (Burdett *et al.*, 1983; Ritchie, 1984; Wenny *et al.*, 1988; Landis *et al.*, 1994), los viveristas deben responder varias interrogantes relacionadas con el tipo y características del contenedor que emplearán como lo son: las dimensiones, el volumen necesario, el espacio entre celdas, la durabilidad, el costo, la dificultad de manejo en el vivero, el transporte y la operación de plantación.

Debido a la necesidad de “especializar” a las plantas, los contenedores para especies forestales deben cumplir con otras funciones que reflejen los requerimientos especiales para plantaciones forestales de conservación o comerciales (Fisher, 1992). Las propiedades del contenedor ideal para la propagación de plantas forestales se han investigado desde los años 1930`s en los Estados Unidos (Strachan, 1974) y se ha debatido durante varios años y aunque los contenedores pueden ser comparados en distintas formas, la más apropiada es en relación a su funcionalidad.

La función primaria de cualquier envase es la de contener una cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales, y además provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero (Mexal *et al.* 1993); el contenedor ideal es el que permite obtener la mejor calidad de plantas en el menor tiempo posible (Liegel y Venator, 1987).

En Estados Unidos, los contenedores empleados en los viveros para la propagación de especies forestales mayormente son de poliestireno comprimido (51% del total nacional), de plástico rígido (26%), de tipo libro o funda (10%), de papel (10%) y de otros tipos (3%) (Landis, *et al.*, 1994). Los de poliestireno, una vez terminada su vida útil son materiales contaminantes y los de plástico rígido o flexible tardan 100 años o más en

descomponerse lo que hace necesario explorar otros tipos de materiales para fabricar contenedores.

Los contenedores elaborados a base de fibra de coco, se proponen como una tecnología alternativa, amable con el ambiente, con características tecnológicas que permitan obtener árboles de alta calidad en el vivero, además de que la plantación se realice con el contenedor ejecutando la operación en menos tiempo y con varias ventajas como la plantación en terrenos con temperaturas extremas y escasa humedad para que las paredes del contenedor protejan el sistema radical aumentando la tasa de éxito de la plantación.

Debido a la importancia de contar con contenedores eficientes que permitan cultivar plantas de alta calidad, el objetivo del presente trabajo fue evaluar en vivero la factibilidad técnica de los contenedores elaborados a base de fibra de coco para la propagación de dos especies forestales de clima tropical en la etapa de vivero, comparados con dos tipos de charolas de poliestireno expandido, en base a las características morfológicas de los árboles propagados.

**Uso de contenedores para la producción de plantas.** El mejor envase o contenedor para propagar arbolitos en vivero es el que cumple satisfactoriamente con algunos factores biológicos y económicos (Mexal,1993); los biológicos incluyen el tamaño de la semilla o estaquilla, las dimensiones finales de la plántula a producir y las condiciones ambientales del lugar definitivo de la plantación; en lo económico es importante considerar el costo inicial del envase, su reutilizabilidad, disponibilidad en el mercado, densidad de plantas por unidad de superficie, volumen de substrato a contener, la facilidad de llenado, manejo y transporte (Landis, *et al.*, 1994; Fisher, 1994; Toral *et al.*,2000; Ruano, 2003).

También es importante considerar en la selección el tipo y tamaño de envase, si los arbolitos crecen muy juntos y entrecruzan su follaje son más susceptibles de sufrir el ataque de plagas o enfermedades, esto se puede solucionar si se conoce el hábito de crecimiento de cada una de las especies con la finalidad de manejar óptimamente la densidad de arbolitos por metro cuadrado, porque la densidad afecta la lignificación de los



tallos (Timmis y Tanaka, 1976; Peterson y Sutherland, 1989; Landis *et al.*, 1994).

En general, los envases empleados en la producción de arbolitos en vivero se pueden clasificar en los que se plantan con todo y envase y los que se deben remover antes de la plantación, entre los primeros se encuentran los de cartón asfaltado, Jiffy pellets y Paperpot, algunos de ellos pueden presentar algunas restricciones después de la plantación (Barnett y McGilvray, 1981) pero en Canadá, los contenedores de papel se emplean ampliamente en el centro y el este, pero en el oeste se dejaron de emplear por la preocupación de la pobre salida de las raíces después de la plantación especialmente en localidades frías y húmedas (Sims, 1988).

El tipo de macetas denominado PAPERPOT **[MR]** ofrece ventajas, entre otras que las operaciones se pueden semimecanizar en 60-70% y según las especificaciones el material de que están fabricados es biodegradable por lo que la plantación se realiza con todo y envase aun cuando es recomendable romperlos ya que las últimas investigaciones en zonas de baja precipitación indican que algunos materiales utilizados para fabricar los Paperpot permanecen casi intactos después de cuatro años de plantación (Mexal *et al.* 1993), las presentaciones varían en número de pots o células y van de 84-1400 por metro cuadrado. Una desventaja importante es que no tienen en su diseño de construcción una pared interna que evite el crecimiento en espiral y al azar de la raíz, lo anterior resulta en la formación de un anillo radical que no permite un buen desarrollo del resto del sistema de soporte y absorción de nutrimentos y humedad.

De los que se deben remover, se mencionan las charolas de poliestireno comprimido, los de plástico rígido, los de tipo libro entre otros y se emplean en el 91% en Estados Unidos y Canadá (Landis *et al.* 1994; García y Muñoz, 1993). El tipo más empleado en los viveros de México, es el de polietileno negro, sin embargo, se han empleado generalmente de dimensiones inapropiadas para el cultivo de arbolitos vigorosos. En general por ser manejables se recomienda para pinos una dimensión de 7 X 20 cm o 10 X 20 cm y para hojosas 10 X 23 cm y 15 X 23 cm, en ambos casos con fondo (Patiño y Marín, 1983). Las mayores desventajas de este tipo de envases son que las operaciones no se pueden mecanizar y la raíz una vez desarrollada se forma en espiral dentro del envase

produciendo un sistema defectuoso mismo con el que crecerán los árboles en el lugar de plantación (Liegel y Venator, 1987; González, 1995).

Otro tipo de envases individuales son los conocidos como Ray Leach [MR]; para propagar pinos, se recomienda el tamaño de 2.5 x 16 cm (1076 celdas/m<sup>2</sup>) ó 3.8 x 20 cm (527 celdas/m<sup>2</sup>), estos contenedores muestran múltiples ventajas como el de utilizar eficientemente los espacios de crecimiento, emplean menor cantidad de sustrato, son reutilizables y dependiendo del uso y exposición al sol pueden durar hasta 8-10 años (Mexal *et al.* 1993).

Entre los contenedores múltiples del tipo Styroblock [MR] o Styrofoam blocks [MR], los hay en el mercado de diversas capacidades y varían dependiendo de las características de las plantas a propagar, el régimen de cultivo del vivero, también los hay con diseño para promover la poda radical (Stuewe, 2006), sin embargo, se recomiendan celdas tamaño 3 x 22.9 cm (764 celdas/m<sup>2</sup>) y 4.1 x 15.2 cm (441 celdas/m<sup>2</sup>) para coníferas y para hojosas 6.1 x 15.2 cm (215 celdas/m<sup>2</sup>) (Mexal *et al.*, 1993).

Para especies como *Pinus pseudostrobus*, *P. douglasiana* y *P. herrerae* y en general para las que no tienen crecimiento inicial cespitoso, se pueden cultivar en mayores densidades por metro cuadrado no ocurriendo así con especies como *P. michoacana* y *P. montezumae*, que necesariamente ocupan mayor espacio por sus características de crecimiento inicial por lo que en este caso se deben cultivar en densidades menores por metro cuadrado, con la finalidad de que logren una calidad y tamaño adecuado (García y Muñoz, 1993).

En Canadá un nuevo sistema de producción de plantas denominado Jiffy Pellets que son envase y sustrato a la vez, con esto se evita la compra o recolección de medios de crecimiento o sustratos, así como la adquisición y llenado de envases o contenedores, colateralmente su manejo y plantación se realiza con facilidad y economía, sin embargo, presenta algunas desventajas importantes como una vez humedecidos por ningún motivo debe faltarles el suministro hídrico lo que hace que se tenga un mayor gasto de agua, el espacio para desarrollar el sistema radical es reducido, las especies de hábito cespitoso y

copa amplia tienen problemas de sanidad y además, se deben desarrollar rutinas nutricionales específicas para cada especie (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de los Jiffy Pellets de acuerdo al fabricante.

Pellets	Capacidad cubo (cc)	Materia seca (g)	Densidad (m <sup>2</sup> )
No. 70	90	14.0	409-459
No. 96	78	11.0	576-646
No.140	50	8.5	818-918
No.165	42	7.5	954-1070

El aspecto de mayor importancia para propagar plantas de calidad, es la capacidad de desarrollarse en el sitio de plantación, desde la supervivencia inicial hasta las tasas de crecimiento inicial, esta capacidad está dada por el potencial de crecimiento de las raíces en el contenedor; por esta razón, la característica principal que se toma en cuenta en la propagación de plantas es la raíz y si se tiene un buen sistema radical, el resto de la planta también es de buena calidad (Toral *et al.* 2000), y que pueda regenerar rápidamente nuevas raíces para mantener una alta supervivencia y desarrollo subsecuente (Ruano, 2003), el éxito de las plantaciones está relacionada con los aspectos morfológicos y fisiológicos de los árboles que favorecen su supervivencia y crecimiento (Duryea y McClain, 1984).

Los fabricantes de contenedores siguen trabajando en el diseño de cavidades que mejoren la sanidad de las plantas y reduzcan el tiempo de esfuerzo que se dedica a ciertos aspectos del cultivo como pueden ser el volumen del medio de crecimiento, reutilizabilidad, costo, adecuaciones en el vivero, irrigación, entre otros (Cuny, 1996).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El estudio se llevó a cabo en el Vivero Forestal del Patronato de la Escuela Nacional Forestal de Uruapan, Michoacán A.C. ubicado en las instalaciones del Centro de Educación y Capacitación Forestal 01 - CONAFOR con domicilio en Paseo de la Revolución número 2, Colonia Emiliano Zapata, Uruapan, Michoacán.

## Contenedores empleados

A continuación se describen sus características de los tres tipos de contenedores utilizados en el estudio.

Nombre comercial: Macetas de fibra de coco

Nombre genérico: Contenedores elaborados a base de fibra de coco y látex para la propagación de plantas forestales

Contenido: Materia orgánica de Fibra de coco (obtenido del fruto de la palmera (*Cocos nucifera*) en 65% y Látex natural (producto elaborado de la savia del árbol *Hevea brasiliensis* en 35%.

Capacidad: 314 cc y densidad de 205 plantas por metro cuadrado.

Nombre comercial: Charolas Styroblock 60 cm x 35 cm

Nombre genérico: Charola de poliestireno expandido de 60 cavidades de 220 cc de

Capacidad: 284 celdas/m<sup>2</sup>, 5.1 cm de diámetro y 12 cm de profundidad.

Nombre comercial: Charolas Styroblock 60 cm x 35 cm.

Nombre genérico: Charola de poliestireno expandido de 77 cavidades de 125 cc de

Capacidad: 364 celdas/m<sup>2</sup>, 4.2 cm de diámetro y 11.7 cm de longitud.

**Modelos biológicos empleados en el estudio.** Las especies que se emplearon para realizar el estudio, fueron: *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb (Leguminosae) y *Tabebuia rosea* (Bertol) DC (Bignoniaceae).

## Medio de crecimiento

La mezcla de materiales para formular el medio de crecimiento consistió en 50 % de Peat moss (turba de musgo de pantano) + 25 % de Agrolita + 25 % de Vermiculita, la mezcla se complementó con fertilizante sólido Osmocote (18-6-12) a razón de 5 kg por metro cúbico de sustrato (Mexal, 1993).

### Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres tipos de contenedores o envases, en charolas de poliestireno de 60 y 77 cavidades y envase de fibra de coco. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones, y cada unidad estuvo compuesta por 77 plantas. Los tratamientos fueron sorteados y consistieron en una matriz especie-tipo de contenedor (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos empleados para el estudio de las características morfológicas de plantas de *Tabebuia rosea* y *Enterolobium cyclocarpum* en diferentes contenedores

Numero de tratamiento	Tratamientos (Planta/contenedor)
1	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> en contenedor de fibra de coco
2	<i>Tabebuia rosea</i> en charola de 77 cavidades
3	<i>Tabebuia rosea</i> en charola de 60 cavidades
4	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> en charola de 77 cavidades
5	<i>Tabebuia rosea</i> en contenedor de fibra de coco
6	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> en charola de 60 cavidades

### Modelo estadístico y análisis de la información

El modelo utilizado para el análisis estadístico fue (Martínez, 1988).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Promedio general que considera las diferentes fuentes de variación

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Error aleatorio ij

Se efectuó un análisis de varianza con el paquete Statistical Analysis System (SAS) mediante el procedimiento PROC GLM. Cuando se obtuvieron diferencias entre tratamientos ( $p < 0.05$ ), se hicieron pruebas de comparación de medias de Tukey.

## VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

*Supervivencia.* La variable fue considerada como “el número de plantas vivas y muertas”, para efectos de comparación analítica, la variable se expresó en porcentaje.

*Altura.* Medida con una regla desde el cuello hasta la yema terminal, la determinación se realizó en centímetros con aproximación al milímetro.

*Diámetro de collar.* Medido con un vernier en la parte baja del epicótilo, la medición se realizó en milímetros con aproximación de una décima.

*Biomasa seca total.* Determinada con materia húmeda del total de la planta y colocada en una desecadora a temperatura hasta obtener un peso constante, la determinación se realizó en gramos y una aproximación de una centésima.

*Biomasa seca aérea.* Determinada con materia húmeda de la parte aérea desde la yema terminal hasta el cuello donde se une con la raíz de la planta y colocada en una desecadora a temperatura hasta obtener un peso constante, la determinación se realizó en gramos y una aproximación de una centésima.

*Biomasa seca radical.* Determinada con materia húmeda de la parte radical de la planta y colocada en una desecadora a temperatura hasta obtener un peso constante, la determinación se realizó en gramos y una aproximación de una centésima.

*Número de raíces primarias.* Se contabilizaron el número de raíces primarias con un diámetro mayor a medio milímetro.

*Estimador del volumen.* Se empleó la expresión  $d^2h$  como estimador del volumen de las plantas de los seis tratamientos evaluados, es una variable combinada y para obtenerla, se eleva al cuadrado el valor del diámetro de collar (en cm) y se multiplica por la altura (en cm).

Siembra de semillas, trasplante, suministro hídrico, control de malezas y sanidad

Los embriones cigóticos de *Enterolobium* y de *Tabebuia*, se colectaron en la región de Nuevo Urecho, Mich., se buscaron árboles maduros y de buena sanidad, los frutos se secaron a la sombra y se extrajeron los embriones mismos que se limpiaron de impurezas y se desinfectaron sumergiéndolos por 10 minutos en una solución de hipoclorito de sodio en tres partes y siete partes de agua, después se enjuagaron en agua limpia y se secaron a la sombra. Los embriones cigóticos de *Enterolobium* se escarificaron manualmente tallándolas contra una lima con la finalidad de romper la testa que en esta especie es impermeable y con la escarificación se acelera la germinación.

La siembra se realizó en almácigos consistentes en turba de musgo de pantano en 50% y agrolita en 50%, la cantidad de semillas sembradas fueron 1000 semillas de *Enterolobium* y de *Tabebuia*, de la totalidad de semillas germinadas se seleccionaron las más homogéneas para pasarlas a los contenedores.

El trasplante se realizó a los 15 días después de que ocurrió la germinación, las mejores plantas y de tamaño más uniforme se extrajeron del almácigo y se colocaron en agua limpia para proceder a trasplantarlas en los contenedores y se les dio un riego abundante, la operación se inició temprano y se terminó antes de las 10 de la mañana.

El riego se aplicó durante toda la etapa de vivero, el agua se suministró diariamente de lunes a sábado, a la hora en que se riega en el vivero, antes de las nueve de la mañana y con una lámina de aproximadamente 1 cm. El control de malezas se realizó manualmente, la operación se practicó cuidadosamente durante la revisión diaria de las plantas bajo estudio; no se presentaron plagas o enfermedades que produjeran un sesgo en el estudio.

#### Evaluaciones

La medición de las alturas se realizó al momento del trasplante el 15 de abril de 2008 y posteriormente cada quince días durante los tres meses de cultivo hasta el 15 de julio; el diámetro de collar, la materia seca aérea total, aérea y radical, la variable  $d^2h$  y el número de raíces primarias se evaluaron al final de la etapa de cultivo en el vivero.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Supervivencia

Después de tres meses de cultivo, en ambas especies el número de plantas supervivientes fue la misma con que se inició el estudio (Cuadro 3), el índice no fue afectado por el tipo de contenedor ni por causa de la delicadeza o rusticidad de las especies estudiadas, tal efecto también fue observado por Fisher (1992) y Topic *et al.* (2006).

Cuadro 3. Resultados generales de las ocho variables evaluadas y prueba de separación de medias de Tukey.

Tratamiento/Variable	Supervivencia (%)	Altura (cm)	Diámetro de collar (mm)	Estimador del volumen (d <sup>2</sup> h)	Número de raíces primarias	Materia Seca aérea (g)	Materia seca radical (g)	Materia Seca Total (g)
1. Fibra de coco- <i>Enterolobium</i>	100	24,8 a	5,5 a	7,5 a	15,7 b	3,76 a	0,93 b	4,69 a
2. (77) Cavidades – <i>Tabebuia</i>	100	16,1 b	2,9 b	1,3 c	5,7 d	1,05 d	0,23 c	1,28 d
3. (60) Cavidades – <i>Tabebuia</i>	100	11,4 b	3,3 b	1,3 c	5,0 d	1,28 d	0,59 b	1,87 d
4. (77) Cavidades- <i>Enterolobium</i>	100	15,2 b	2,7 b	1,1 c	6,5 d	1,80 c	0,31 c	2,11 c
5. Fibra de coco- <i>Tabebuia</i>	100	12,0 b	6,2 a	4,7 b	18,7 a	2,17 b	1,49 a	3,66 b
6. (60) Cavidades- <i>Enterolobium</i>	100	14,9 b	3,2 b	1,5 c	8,7 c	1,74 c	0,28 c	2,02 c

Separación de medias con la prueba de Tukey, los valores sin letras en común en las columnas difieren significativamente a un  $\alpha = 0.05$ .

La pérdida de plántulas en vivero, está más relacionada con la calidad de la semilla, la falta de suministro hídrico, el sobrecalentamiento de los contenedores, las bajas temperaturas (bajo cero grados), las granizadas, el viento desecante, la falta o el exceso de minerales y el ataque de plagas y enfermedades (Mexal, 1993; James *et al.* 1995; Barnett y McGilvray, 1997; Toral *et al.* 2000; Ruano, 2003; Alvarado *et al.* 2004).



### Altura total planta

Dentro de los parámetros de calidad de planta, la altura está correlacionada con la cantidad de follaje y provee una estimada capacidad fotosintética y área de transpiración, las plantas más altas tienen ventajas contra la vegetación competitiva pero presentan desventajas en sitios con baja humedad, pueden ser plantas desbalanceadas, difíciles de plantar y sujetas a daños por el viento (Haase, 2006), en este estudio, la altura lograda por *Enterolobium* y *Tabebuia*, las hace competitivas en el ambiente natural donde habitan, pues la vegetación es agresiva (Cuadro 3).

Durante el periodo de estancia en el vivero, las especies *Enterolobium* y *Tabebuia* mostraron diferente ritmo de crecimiento en altura por efecto del envase, las plantas de *Enterolobium* en contenedor de fibra de coco presentaron una mayor tasa de crecimiento que las de *Tabebuia* en el mismo tipo de contenedor (Figura 1).

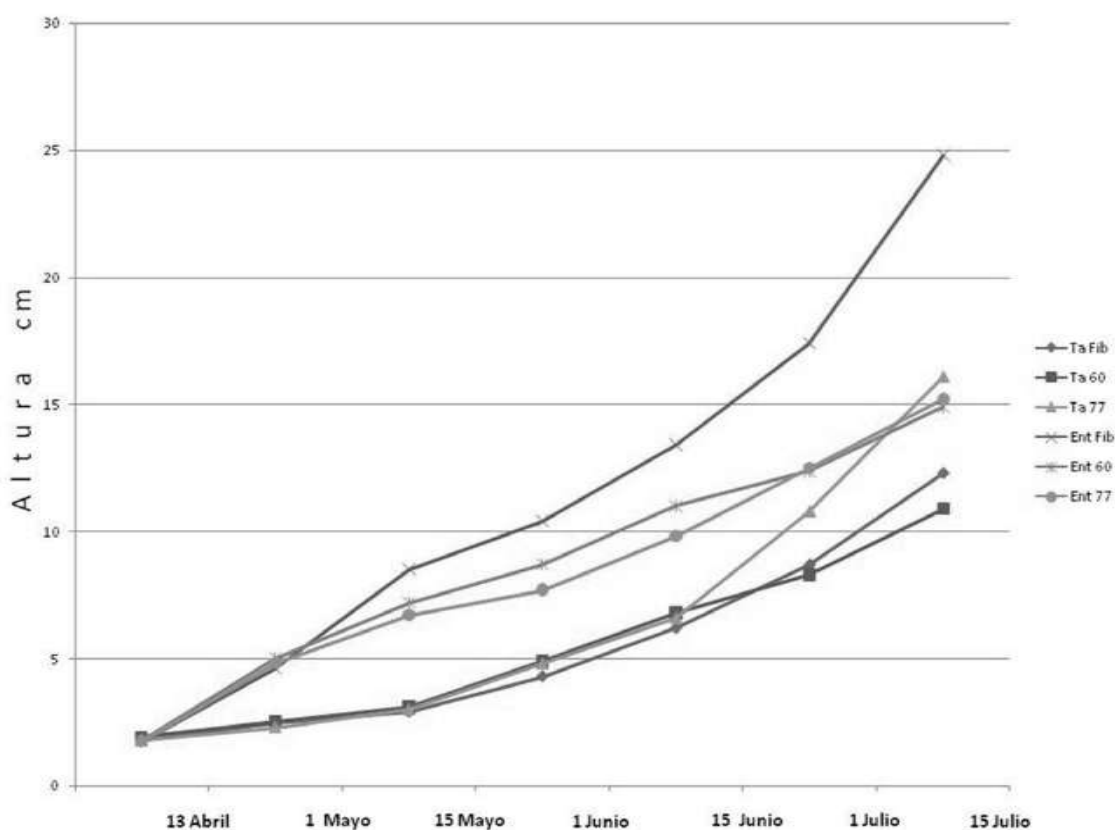


Figura 1. Crecimiento en altura de *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea* en tres diferentes contenedores.

La especie *Enterolobium* presentó la mayor respuesta en el contenedor de fibra de coco, en tanto que la misma especie cultivada en los contenedores de poliestireno de 60 y 77 cavidades presentó alturas similares (Figura 1).

Respecto a *Tabebuia*, el más alto índice en altura se logró con las plantas establecidas en el contenedor de 77 cavidades lo que puede ser una respuesta a la mayor densidad porque los contenedores de fibra de coco y los de 60 cavidades rinden un menor número de plantas por unidad de superficie, lo que significa más espacio de crecimiento y menor competencia (Cuadro 3).

Las plantas de *Enterolobium* cultivadas en contenedores de fibra de coco lograron una altura significativamente superior ( $Pr > F = <.0.0001$ ) en relación a las alturas obtenidas en plantas de la misma especie colocadas en charolas de poliestireno de 60 y 77 cavidades, también fue mayor respecto a las de las plantas de *Tabebuia* establecidas en los tres tipos de contenedores ensayados (Cuadro 3).

En particular, las plantas de *Tabebuia* presentaron una velocidad de crecimiento en altura que no fue significativamente diferente en los tres tipos de contenedor, pero a la edad de medición ya se detecta un ligero efecto de la densidad con alturas superiores en charolas de 77 cavidades (Cuadro 3).

Se reporta que las mayores densidades de plantas por metro cuadrado promueven mayor crecimiento en altura, en este caso *Tabebuia* mostró esa tendencia al presentar la mayor altura en los contenedores de 77 cavidades que son la mayor densidad ensayada (385 por  $m^2$ ); pero la especie de *Enterolobium* logró el mayor índice en la menor densidad (205 por  $m^2$ ) en contenedores de fibra de coco (Mexal, 1993; Landis *et al.* 1994).

Las especies de latifoliadas generalmente requieren de mayores volúmenes de sustrato lo que resulta en menores densidades de plantas por unidad de área en comparación con las coníferas porque el follaje de las latifoliadas interceptan más agua y nutrimentos y producen más sombra (Landis *et al.* 1994), esta competencia por espacio resulta en una mayor altura en relación directa con la densidad y afecta la morfología y peso de las

plantas como lo reportan Timmis y Tanaka (1976) y al final del periodo de evaluación, así se observó este comportamiento con *Tabebuia*, pero no con *Enterolobium*, que presentó índices similares en los contenedores de 60 y 77 cavidades (Cuadro 3).

#### Diámetro de collar

El diámetro de collar ha sido considerado como la mejor característica para predecir la supervivencia y crecimiento que se tendrá una vez que se establecen las plantas en el campo, mientras mayor sea el diámetro de tallo, mayor es la cantidad de materia radical y el volumen del tallo (Haase, 2006); en el presente estudio las plantas de *Tabebuia* y *Enterolobium* cultivadas en contenedores de fibra de coco presentaron valores deseables con la variable diámetro de collar (Cuadro 3).

Se cita que a menor densidad es mayor el crecimiento en diámetro de collar, tal efecto quedo demostrado por *Tabebuia* y *Enterolobium*, el índice se fue reduciendo conforme aumentó la densidad de plantas (205, 284 y 364 por m<sup>2</sup>) (Timmis y Tanaka 1976).

Al final de los tres meses de cultivo en vivero, las mediciones del diámetro de collar en plantas de *Tabebuia* y *Enterolobium* en contenedores, revelaron la existencia de diferencias significativas ( $Pr>F= <.0001$ ) entre los seis tratamientos ensayados; la separación de medias conforme a la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) resultó en dos grupos, el primero con los mayores índices que se lograron en ambas especies en los contenedores de fibra de coco y un segundo grupo que incluye a la charolas de 60 y 77 cavidades y con las dos especies empleadas en el estudio (Cuadro 3).

Las plantas de *Tabebuia* que crecieron en contenedores de fibra de coco lograron un excedente de 59% y 47% en valor del diámetro de collar respecto a los obtenidos con la misma especie en las charolas de poliestireno de 77 y 60 cavidades respectivamente. Las plantas de *Enterolobium* cultivadas en contenedores de fibra, produjeron valores 42% y 51% mayores que los obtenidos en charolas de 60 y 77 cavidades.

Algunos estudios señalan que el diámetro del tallo se ve afectado por el espacio de crecimiento, las plantas que crecen con mayores espaciamientos presentan mayores

diámetro de tallo y mayor biomasa (Landis *et al.* 1994; Scarrat, 1972), este efecto se observó en el presente estudio, los contenedores de fibra cuenta con más espacio lateral que las charolas de 60 y 77 cavidades y en consecuencia los valores del diámetro del tallo aumentaron conforme aumentó el espacio de crecimiento.

El espaciamiento entre contenedores aparte de tener influencia en el tamaño del diámetro de collar, también tiene otras implicaciones biológicas y culturales sobre el crecimiento de la planta, se ha observado que las plantas que crecen a bajas densidades recibieron diez veces más radiación fotosintéticamente activa en la parte baja de sus copas y presentaron un potencial hídrico más bajo en relación a las plantas que crecen a mayores densidades (Timmis y Tanaka, 1976); además, la densidad del cultivo afecta la lignificación de las plantas al recibir menos radiación, las plantas que crecen a mayores densidades sufren más daños en el cambium por las bajas temperaturas que las que crecen a menores densidades y es más difícil que penetre el agua de riego en los manchones de follaje.

En la naturaleza existen especies de latifoliadas y coníferas que son intolerantes a la sombra, esto da la directriz de que deben ser cultivadas a más bajas densidades de crecimiento que las especies que toleran un poco más la sombra (Landis *et al.* 1994), los contenedores de fibra de coco debido a su diseño circular en la parte superior, provee de espacio suficiente para cultivar plantas con las ventajas mencionadas.

Estimador del volumen aéreo  $d^2h$

Para este estimador del volumen aéreo ( $d^2h$ ), se observó que el mayor valor lo presentó el tratamiento con plantas de la especie *Enterolobium*, desarrolladas en contenedores de fibra de coco, en un segundo grupo de significancia se ubica el tratamiento con *Tabebuia* cultivada en el mismo contenedor de fibra de coco, el valor del resto de los tratamientos fue claramente inferior en este índice y se ubican en un tercer grupo de valores (Cuadro 3).

El volumen de la parte aérea es la conjunción de la altura con el diámetro de collar, este parámetro indica que mientras mayor sea el valor, mayor es la capacidad fotosintética y el potencial de crecimiento (Haase, 2006), sin embargo, la masa aérea debe estar en

balance con la masa radical para la obtención de una mayor calidad de planta con la consideración de que un área de transpiración demasiado grande puede conducir a un estrés en sitios secos antes de que el sistema radical se establezca, esto implica la necesidad de emplear riegos de auxilio en tales sitios o que la raíz esté protegida temporalmente para evitar la total desecación.

#### Número de raíces primarias

El número de raíces laterales primarias, se refiere al número de raíces laterales originadas a partir de la raíz pivotante, se ha encontrado que este parámetro está correlacionado con la supervivencia de las plantas en el campo, el régimen de cultivo de plantas en vivero y las características del contenedor influyen la emisión de raíces y el volumen radical. Al analizar la información del efecto de los tres tipos de contenedores evaluados, se encontraron diferencias significativas ( $P > F = < .0001$ ), el mayor número de raíces se promovió en los contenedores de fibra de coco.

En los contenedores de fibra de coco, *Tabebuia* logró el valor más alto, seguida de *Enterolobium*, ambas especies manifestaron una amplia y favorable respuesta en la emisión de raíces primarias a las características de este contenedor. En relación a las charolas de poliestireno, *Tabebuia* presentó una respuesta similar en 60 y 77 cavidades; por su parte, *Enterolobium* manifestó una mejor respuesta en contenedores de 60 cavidades, aunque la diferencia no es significativa respecto a los valores observados en charolas de 77 cavidades (Cuadro 3).

#### Biomasa seca aérea, radical y total

El peso seco, es el peso de la planta o sus partes después de haber extraído la humedad, el peso seco aéreo y radical se han relacionado positivamente con la supervivencia en el campo y el crecimiento subsecuente (Haase, 2006).

De igual manera al analizar la información del efecto de los tres tipos de contenedores en estas variables evaluadas, se encontraron diferencias significativas ( $P > F = < .0001$ ).

Los mayores valores en biomasa aérea se lograron con los tratamientos donde se emplearon los contenedores de fibra de coco, no obstante, *Enterolobium* superó a *Tabebuia*; en los contenedores de poliestireno expandido, en la especie *Tabebuia* los valores observados en las charolas de 60 cavidades superaron a los presentados en 77 cavidades y con *Enterolobium* fueron muy semejantes en ambos contenedores (Cuadro 3).

En relación con la biomasa radical, de manera análoga a la biomasa aérea, los mayores valores se lograron en los contenedores de fibra de coco, solo que *Tabebuia* superó a *Enterolobium* significativamente; las paredes del contenedor de fibra favorecen ampliamente la extensión de raíces y la poda aérea lo que evita el enrollamiento de las raíces dentro del contenedor, lo que favorece que se incrementen las ramificaciones y en consecuencia se obtiene una mayor cantidad de sistema radical como se demuestra con los resultados obtenidos al compararlos contra los obtenidos con las charolas de poliestireno.

La *Tabebuia* cultivada en charolas de Styroblock en particular, respondió mayormente con esta variable a los contenedores de mayor capacidad y espacio que son los de 60 cavidades y por su parte *Enterolobium* mostró una respuesta similar en ambos contenedores de 60 y 77 cavidades, estas charolas se dañan fácilmente con el manejo y si las plantas duran por largos periodos las raíces penetran en las paredes de poliestireno dificultando la extracción del cepellón (Barnett y McGilvray, 1997).

La biomasa total, es la suma de las biomásas aérea y radical y en consecuencia se lograron los mayores valores con las dos especies en contenedores de fibra de coco aunque los obtenidos con *Enterolobium* fueron mayores significativamente respecto a los mostrados por *Tabebuia*. En las charolas, los resultados presentaron el mismo patrón: con *Tabebuia* creciendo en charolas de 60 cavidades superó significativamente a los valores obtenidos en 77 cavidades y con *Enterolobium* los resultados son similares al emplear charolas de 60 y 77 cavidades respectivamente (Cuadro 3).

Los contenedores de fibra de coco, presentan varias ventajas sobre los contenedores de plástico al promover sistemas radicales vigorosos, se protege contra el enrollamiento de

las raíces, mantienen fresco el medio de crecimiento a través de la evaporación por las paredes lo que promueve la proliferación de las raíces a través del sustrato, protegen al sistema radical del calor y del frío, ayudan a producir plantas más grandes y vigorosas, además de ser biodegradables (Ruter, 1995; Ruter, 2000).

## CONCLUSIONES

Las especies *Enterolobium cyclocarpum* y *Tabebuia rosea* mostraron diferente ritmo de crecimiento, *Enterolobium* presenta mayores tasas en altura y *Tabebuia rosea* en diámetro de collar.

*Enterolobium cyclocarpum* cultivada en contenedores de fibra de coco presentó mayores alturas, significativamente superior a las obtenidas en charolas de 60 y 77 cavidades.

En contenedores de fibra de coco, *Tabebuia rosea* presentó valores en diámetro de collar superiores significativamente a los obtenidos en charola de poliestireno de 60 y 77 cavidades.

*Tabebuia rosea* y *Enterolobium cyclocarpum* lograron los mayores índices en biomasa en contenedores de fibra de coco y son significativamente superiores a los obtenidas en las charolas de poliestireno

Por los materiales empleados en su elaboración, su forma estructural y densidad por m<sup>2</sup>, los contenedores de fibra de coco permiten obtener plantas de alta calidad morfológica con sistemas radicales más abundantes y saludables que las plantas obtenidas en charolas de poliestireno expandido de 60 y 77 cavidades.

Los contenedores de fibra de coco mantienen su forma estructural durante la etapa de cultivo en vivero, esta característica es deseable en los contenedores acorde con lo señalado por Fisher (1992), Barnett y McGilvray (1981), Landis *et al* (1994).

Durante la etapa de vivero, el contenedor de fibra de coco presenta la ventaja de que las raíces de las plantas, penetran por las paredes del contenedor promoviendo mayor fibrosidad, lo que es deseable para un mejor anclaje de las plantas en campo.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado para la realización del presente estudio al Patronato de la Escuela Nacional Forestal de Uruapan Mich., del CECFOR 01. Así como a la empresa Artifibras S. A. de C. V. de Uruapan, Mich., por el financiamiento otorgado.

## REFERENCIAS

- Alvarado, R.D., S. Castro., C. Cigarrero C., R. Álvarez R. y L. de L. Saavedra R. 2004. Manual de Detección y Manejo de Enfermedades Bajo el Sistema de Contenedor. Caso Vivero San Luis Tlaxialtemalco. CONAFOR. Gobierno del D.F., C.P. 74 p.
- Barnett, P. and J.M. McGilvray. 1981. Container planting systems for the South. USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 18 p.
- Barnett, P. y J.M. McGilvray. 1997. Practical Guidelines for producing Logleaf Pine Seedlings in Containers. USDA, Forest Service. Southern Research Station. GTR SRS.14. 28 p.
- Birchler, T., R.W. Rose, A. Royo y M. Pardos. 1998. La Planta Ideal: Revisión del Concepto, Parámetros Definitivos e Implementación Práctica. Invest. Agr.: Sist. Rec. For. 7: 1- 2.
- Burdett, A.N; D.G. Simpson; C.F. Thompson. 1983. Root development and plantation establishment success. Plant and Soil. 71:103-110.
- Cuny, H. 1996. The Container Evolution. American Assciation of Nurserymen. Nursery Management & Production. 12(8): 56-61.
- Duryea, M.L. and K.L. McClain. 1984. Altering seedling physiology to Improve reforestation success. In: Duryea, M.L. and G.N. Brown eds. Seedling Physiology and reforestation Success. Martinus Nijhoff/ Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht. 114 p.
- Fisher, J.T. 1992. Container plant propagation. Forest Nursery Training Course. NMSU, Las Cruces NM. 210 p.
- García, M.J.J. y Muñoz, F.H.J. 1993. Guía para la Producción de Planta Forestal en Envases. Guía Técnica No. 3. INIFAP. CIRPAC. SARH. 47 p.
- González, K.V. 1995. Viveros Forestales. Publicación Especial No.3 CENID. COMEF. INIFAP pp: 3-7



- Haase, D.L. 2006. Morphological and Physiological Evaluations of Seedling Quality. In: Riley, L.E, Dumroese, R.K., Landis, T.D. Tech. Cords.2007. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations. 2006. RMRS-P-50. Fort Collins Colorado. USDA, Forest Service. Rocky Mountain Research Station. pp: 3-8. (Disponible en: <http://www.rngr.net/nurseries/publications/proceedings>). (22/junio/2008)
- James, R.L., R.K. Dumroese y D.L. Wenny. 1995. Botrytis cinerea Carried by Adult Fungus Gnat (Diptera: Sciaridae) in Container Nurseries. Tree Planters Notes, Winter. 48:53.
- Landis, T.D. Tinus, R.W.; McDonald, S.E.; Barnett, J.P. 1994. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook. 674. Washington, DC: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service. Vol. 2. 88 p.
- Landis, T.D. y D. Willis. 2008. Mechanical Root Pruning in Container Nurseries. USDA Forest Service. Forest Nursery Notes. pp:16-18. (Disponible en: [www.rngr.net/Publications/fnn](http://www.rngr.net/Publications/fnn)). (12/marzo/2008).
- Le Bude, A.V., B.Goldfarb, F.A.Blazich, J.A. Wright, B. Cazell, F.C. Wise y J. Frampton. 2006.Container Type and Volume Influences Adventitious Rooting and Subsequent Field Growth of Stem Cuttings of Loblolly Pine. North Carolina State University, Raleigh N. Carolina. NC. SJAF 30 (3)123-131.
- Liegel, L.H. y C.R. Venator. 1987. A Technical Guide for Forest Nursery Management in the Caribbean and Latin America. G.T.R. SO-67. USDA Forest Service, Southern Forest Experimental Station. 156 p.
- Martínez G., A. 1988. Diseños experimentales. Editorial Trillas S.A. México, D.F. pp. 118-160.
- Mexal, J.G., R.W. Newman, J.T. Fisher, R. Phillips, T. Sammis y T.D. Landis. 1993. Forest Nurseries: Planning, establishment and seedling growth. USDA, Forest Service, New Mexico State University. International Training Course. 73 p.
- Patiño, V.F. y J. Marín Ch. 1983. Viveros Forestales. Planeación, Establecimiento y Producción de Planta. SARH. INIFAP. CIR Sureste. 159 p.
- Peterson, M.; Sutherland, J.R. 1989. Grey mould control by seedling canopy humidity reduction through under-bench ventilation and Styroblock aeration. FRDA Rep. 077. Victoria, BC: Forestry Canada, Pacific Forestry Centre.

- Ritchie, G.A. 1984. Root Growth Potential: Principles Procedures, and Predictive Ability. In: Duryea, M.L. Proceedings evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major tests. Oregon State University, Forest Research Laboratory: 93-105.
- Ruano, M.J.R. 2002. Viveros Forestales. Manual de Cultivo y Proyectos. Ediciones Mundi Prensa. 281 p.
- Ruter, M.R. 1995. Growth of *Coreopsis* and *Plumbago* in Plastic and Cu (OH)<sub>2</sub> Impregnated Fiber Containers. Hort Technology. 5(4) 300:302.
- Ruter, J.M. 2000. Cross- Country Containers. American Nurseryman. 191 (3):26-28, 30.
- Scarrat, J.B.1972. Effect of Tube Diameter and Spacing of Tubed Seedling Planting Stock. Info. Rep. O-X-170. Sault Ste. Marie, ON. Canadian Forest Service, Great Lakes Forest Research Centre. 16 p.
- Sims, J. 1988. Shifting From Paperpots to Ecopots. Silviculture Magazine 3(2):10-12.
- Strachan, M.D. 1974. Tar Paper Containers: Engineering the Container. Great Plains Agricultural Council Publication No.68. Denver CO. Proceedings of the North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. Edited by: R.W. Tinus, W.I. Stein y W.E. Balmer. USA. pp. 209-210.
- Stuewe E. 2006. Trends in Container Types. In: Riley, L . E.; Dumroese, R. K.; Landis, T. D., Tech. Coords. 2006. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2005. Proc. RMRS-P-43- Fort Collins, CO:U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 160 p. (Disponible en: <http://www.rngr.net/nurseries/publications/proceedings>).(15/julio/2008).
- Timmis, R. Y. Tanaka. 1976. Effects of Container Density and Plant Water Stress on Growth and Cold Hardiness of Douglas-Fir Seedlings. Forest Science 22(2): 167-172.
- Topic, V., L. Butorac, G. Jelic y S. Peric. 2006. Influence of Container Type on Growth and Development of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) seedlings in a Nursery. Periodicum Biologorum. 108(6) 643-648.
- Toral, I.F.M., D. Campos R., A.Fratti B. y R. Varela O. 2000. Manual de Producción de Plantas Forestales en contenedores. PRODEFO. Jalisco. Documento Técnico 25. 219 p.

- Vlado T., L. Butorac, G. Jelic y S. Peric. 2006. Influence of Container Type on Growth and Development of Holm Oak (*Quercus ilex* L.) Seedlings in a Nursery. *Periodicum Biologorum*. ISSN 0031-5362. Croatia. Vol. 18(6):643-648.
- Wenny, D.L., Y. Liu, R.K. Dumroese y H.L. Osborne. 1988. First Year Field Growth of Chemically Root Pruned Containerized Seedlings. *New Forests* 2(2): 111-118.
- Wright, J.A.; Escobar, J.; Henderson, G. 1999. Utilization of Jiffy Pellets in the Production of Pine and Eucalyptus Seedlings, Pine Rooted Cuttings and Native Species Propagation: Nursery and Field Comparisons, In: Landis, T.D.; Barnett, J.P., Tech. Coo&. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Association. Gen. Tech. Rep. SRS-25. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. pp. 54-56.

## ***Juniperus* spp.. EN BOSQUES PRODUCTORES DE HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES**

Cecilia Nieto de Pascual Pola<sup>1</sup>, Marisela C. Zamora Martínez<sup>1</sup>  
y Efraín Velasco Bautista<sup>1</sup>

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de  
Ecosistemas Forestales. INIFAP. Av. Progreso 5 Barrio de Santa Catarina Delegación  
Coyoacán México, D. F. 04110. Correo-e: nieto.cecilia@inifap.gob.mx

### **RESUMEN**

*Juniperus* spp. tiene una extensa distribución al estar integrado a ecosistemas desde templados hasta semiáridos. Crece en terrenos de cultivo como árbol limítrofe, forma masas puras y es codominante en asociaciones fitoecológicas de *Quercus*, *Quercus-Pinus* y *Pinus-Quercus*. En Tlaxcala se han consignado *Juniperus flaccida* y *J. deppeana* en sitios altos con poca humedad, en donde son escasos o muy abundantes. El objetivo del estudio consistió en evaluar las poblaciones de *Juniperus* spp. y sus dimensiones en dos localidades, con el fin de reconocer su participación en el ambiente para la producción de hongos silvestres comestibles. Se delimitaron 40 parcelas de 1,111 m<sup>2</sup> c/u, en las que se determinaron: densidad forestal, altura total, diámetro normal y cobertura de todos los individuos con DAP > 10 cm. En general, los fustes son delgados, con un intervalo de alturas de 3 a 16 m. Las coberturas varían de 1.76 m<sup>2</sup> a 100 m<sup>2</sup>. Las pendientes de las parcelas de muestreo varían de 25 a 40%, mismas que presentan espacios abiertos característicos de los pinares en los que los juníperos tienden a agruparse entre sí; no alcanzan la altura de los pinos y se disponen de forma segregada o individual. Las coberturas se acomodan en el dosel inferior. Su existencia bien puede responder a su condición micorrícica de conífera, pues los lugares con mayor presencia de *Juniperus* registraron una importante diversidad de hongos silvestres comestibles. Por su cobertura contribuye a formar doseles de poca apertura, lo que favorece la conservación de la humedad ambiental.

**Palabras clave:** Bosques de coníferas, hongos silvestres comestibles, *Juniperus deppeana*, *Juniperus flaccida*, micorrizas, Tlaxcala.

## **ABSTRACT**

*Juniperus* spp. has a large distribution as it is present in ecosystems from mild weather forests to semi arid vegetation. It grows in crop lands as a bordering tree, and as codominant tree in oak, oak-pine and pine-oak forests. *Juniperus flaccida* and *J. deppeana*. Have been detected in Tlaxcala, at high places with short water provision, where it can be very scarce or very abundant. The aim of the present study was to assess the *Juniperus* spp. populations as well as their dimensions at two locations in order to find out their role in the environment of the edible wild mushrooms. Forty 1,111 m<sup>2</sup> stands were used to determine forest density, height, dbh and tree cover of all the trees over 10 cm dbh. In general terms, diameters are slender. Hights measure 3 to 16 m. Crown covers vary from 1.76 m<sup>2</sup> to 100 m<sup>2</sup>. The slope of the sampling plots was 25 to 40%, which have open spaces of the pine forests, in which junipers tend to gather; they do not achive the pine heights and they display in a segregated or individual form. Crown covers establish in the lower level. Their presence may be linked to their micorrhizal condition as conifers, since in places where they are abundant an important edible wild mushroom diversity exists. According to their cover, they help to form closures of small opening, which favors the conservation of environmental humidity.

**Key words:** Conifer forests, wild edible mushrooms, *Juniperus deppeana*, *Juniperus flaccida*, mycorrhiza, Tlaxcala.

## **INTRODUCCIÓN**

Los juníperos (*Juniperus* spp.) son especies forestales dioicas o monoicas, desde arbustos hasta árboles de 15 m de alto, con follaje persistente por varios años que pertenecen a la familia Cupressaceae (Zanoni, 1982). Son originarios del sureste de los Estados Unidos de América y del noreste de México; como integrantes del paisaje nacional forman masas puras o mezcladas y se advierte su presencia en las cordilleras que atraviesan el país, donde adquieren diferentes nombres. Se les identifica con el matorral xerófilo y el bosque de encino, pero establecen asociaciones con aciculares diversas, entre ellas, con los pinos piñoneros (*Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus maximartinezii* Rzedowski (Zanoni y Adams, 1979).

Estas coníferas reúnen al segundo mayor número de especies (67) y variedades (28) (Farjon, 2005), de las cuales en México se conocen solamente 10 especies y 6 variedades (Rzedowski, 1978). Poseen características que favorecen su permanencia y la colonización de sitios disturbados, al ser poco demandantes de agua y soportar condiciones de suelos delgados, con alta pedregosidad y tener la facultad de generar vástagos por medio de reproducción asexual (Fonseca, 2006).

*Juniperus* es uno de los géneros de mayor distribución nacional al estar integrado a una amplia variedad de ecosistemas de climas templados hasta semiáridos (Martínez *et al.*, 2007). Reúne una diversidad de taxa, algunos de los cuales están en distintas regiones del continente americano (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001). Maderable por excelencia, a los juníperos les han dado usos muy diversos las poblaciones rurales, entre los que destacan la construcción rústica, la mueblería, el carbón como material combustible; así como su aprovechamiento con fines medicinal, artesanal y ritual (Villavicencio y Pérez, 2002). Crece en terrenos destinados al cultivo, como árbol limítrofe, forma masas puras y asociaciones fitoecológicas en calidad de taxon codominante en bosques de *Quercus*, *Quercus-Pinus* y de *Pinus-Quercus* en los que es común la presencia de madroño (*Arbutus xalapensis* HBK.).

En el estado de Tlaxcala se ha consignado la presencia de *Juniperus flaccida* Schlecht. y *Juniperus deppeana* Steud. en sitios altos de poca humedad, donde se advierten dos condiciones poblacionales: muy escaso o tan abundante como las principales especies de coníferas. Los bosques del estado de Tlaxcala se inscriben en el macizo forestal correspondiente al Eje Neovolcánico Transversal, por lo que muchos de sus atributos son comunes a los descritos para la Sierra Nevada que se distribuyen en entidades vecinas.

*Juniperus flaccida* es una especie dioica de 12 m de alto, troncos que se bifurcan al metro o dos de la base, la copa es de forma globosa. Su corteza es color canela, a café rojizo; suave que se dispone en tiras amplias y en placas. Las ramas son caedizas y pendulantes, lo que otorga su nombre. Su madera tiene demanda para la elaboración de muebles y artesanías debido a su color, veteado suave y aroma agradable (Quintero, 2002 citado por Ayerde, 2006).

Se reconocen tres variedades: *Juniperus flaccida* var. *flaccida* Schltl., *Juniperus flaccida* var. *martinezii* (Pérez de la Rosa) Silba y *Juniperus flaccida* var. *poblana* Martínez

*Juniperus deppeana* tiene una amplia distribución en México, pues se le ha recolectado en 18 de las 32 entidades federativas, entre los 1,900 y los 2,900 msnm (CONABIO, sf). Es el más común de los juníperos y ocupa sitios muy contrastantes ecológicamente, pues se localiza en áreas de pendiente incipiente hasta laderas pronunciadas donde crecen los encinos (*Quercus* spp.) y los oyameles (*Abies religiosa* (HBK.) Schltl et Cham.

Por su corteza, caracterizada por placas cuadrangulares, se le conoce como junípero cocodrilo; esta condición lo hace resistente a los incendios forestales. Su madera de manera tradicional es aprovechada para la elaboración de muebles rústicos, construcción de viviendas rurales y leña; a otras estructuras como las ramas y los conos se les ha dado uso medicinal diverso: para atender problemas renales, capilares, digestivos, de parto y dolores reumáticos, entre otros (Villavicencio y Pérez, 2002).

En ambientes montanos, tiende a formar grupos reducidos derivados de la regeneración natural ineficiente, como la mayoría de las coníferas, cuyas tasas de pérdida son altas durante el primer año de emergencia (McNeill, 1962; Fowells and Stark, 1965; Brandes et al., 2002). Difícilmente se extienden sobre grandes superficies continuas, pero llegan a ser dominantes en algunos rodales en los que coexisten con otras especies forestales como: *Cupressus* spp., *Pinus cembroides* en territorios xéricos, o bien con *Pinus montezumae* Lamb., *Quercus rugosa* Née, *Buddleja parviflora* HBK. y *Arbutus xalapensis*, en otros más húmedos y con mayor altitud. Además, el acomodo de los árboles es irregular y con grandes espacios intervecinales; bajo esta disposición, la reproducción sexual difícilmente se verifica, lo que hace que la generación de nuevos individuos sea de tipo clonal.

A pesar de las ventajas que *Juniperus* spp. parece tener para efectos de supervivencia, es común que la conformación de los individuos en pie tienda a ser desordenada, en gran medida porque mucho del manejo que se le aplica no es tecnificado: el desrame y las

podas obedecen a necesidades inmediatas, de leña principalmente, por lo que se trozan tramos y se les abandona después del corte.

Como árboles capaces de desarrollarse en condiciones difíciles, es frecuente observar juníperos formando parte del paisaje rural de México, en localidades en las que no se les procura cuidado; ya que sólo se obtienen las estructuras que brindan algún beneficio directo. Sin embargo, como componentes de la biodiversidad, son integrantes de una gran variedad de ecosistemas de condiciones ambientales muy contrastantes y aportan elementos aprovechables para la comunidad biótica a la que pertenecen, tales como sombra, hojarasca, hongos comestibles, etc. (Figura 1).

El objetivo del estudio que se describe a continuación consistió en evaluar las características poblacionales y dasométricas del arbolado de *Juniperus* spp. en dos localidades del estado de Tlaxcala, con el fin de reconocer su participación en el ambiente propicio para la producción de hongos silvestres comestibles, pues se le ha identificado en terrenos productivos de este recurso forestal no maderable.



Figura 1. Vista panorámica de una población de *Juniperus flaccida*



## MATERIALES Y MÉTODOS

Como parte de dos proyectos orientados a evaluar la productividad natural de macromicetos comestibles, se seleccionaron dos localidades para trabajar en el estado de Tlaxcala: Rancho Viejo, municipio de Terrenate y El Pardo, municipio de Tlaxco (Figura 2). Dichos sitios fueron escogidos a partir de su riqueza fúngica y forestal (Zamora-Martínez *et al.*, 2000; Montoya, 2003), el tipo de propiedad territorial, su forma de manejo, su biodiversidad y las condiciones ecológicas contrastantes entre ellas.

Se delimitaron 40 parcelas cuadradas de 1,111 m<sup>2</sup> (33.33 x 33.33 m), 10 en Terrenate y 30 en Tlaxco. Las parcelas se delimitaron en los puntos extremos con material visualmente distintivo para facilitar su localización; así, se usaron cintas fosforescentes de abanderamiento (Sunglo Hi-Viz Ben Meadows color amarillo, rosa y naranja), y marcaje de los árboles definidos como señuelo identificados con el número de la parcela, para lo cual se aplicó pintura de color amarillo. En cada una de ellas se determinaron las siguientes variables: a) densidad forestal (árboles en pie, renuevos y árboles muertos en pie) y b) dimensiones de todos los árboles con DAP > 10 cm en términos de altura total (Pistola Haga®), diámetro normal (diámetro normal en centímetros (cinta diamétrica Forestry Suppliers, Jackson, MS®); así como el diámetro mayor y menor de la copa (cinta métrica), a partir de estos se obtuvo la cobertura. Los individuos arbóreos se marcaron con cinta fosforescente o rafia, una vez que fueron determinadas sus dimensiones.

Adicionalmente, se tomaron los datos de pendiente, altitud, exposición y la ubicación geográfica de cada parcela mediante el uso de un GPS. Se hicieron reconocimientos botánicos *in situ* y en forma eventual se recolectaron ejemplares, cuando existió duda sobre su identidad, a fin de hacer su determinación taxonómica, posteriormente en el Herbario Nacional Forestal (INIF) “Biól. Luciano Vela Gálvez”, del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF / INIFAP).

## RESULTADOS

Terrenate

En el Cuadro 1 aparece reunida la información del medio físico correspondiente a las 10 parcelas estudiadas.

Cuadro 1. Información geográfica de las parcelas estudiadas en Rancho Viejo,

Terrenate.	
Coordenadas Geográficas	19°29'3.4"-19°29'59" 97°52'50.3" - 97°53'9.6"
Altitud (msnm)	3,029-3,222
Pendiente (%)	10-40
Exposición	SE, NNE, NE, E, S

Vegetación. Los bosques del sitio ubicado en el municipio de Terrenate son relativamente pobres en biodiversidad y están conformados, principalmente, por pinos (*Pinus ayacahuite* C.A. Ehrenb., *P. montezumae*, *P. patula* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. pseudostrobus* Lindl. y *P. teocote* Schiede ex Schltdl.). También se tiene consignada la presencia de *Abies religiosa* (INFDM, 2005) y de *Pseudotsuga macrolepis* Flous (Nieto-Pérez et al., 2002); además de, latifoliadas como *Alnus jorullensis* HBK., *Arbutus xalapensis* y *Buddleia parviflora*. Las asociaciones vegetales identificadas en la localidad de Rancho Viejo son bosques de *Pinus-Quercus* y bosque de *Pinus-Juniperus*. En el bosque de pino se destaca una fuerte incidencia de muérdago (*Arceuthobium vaginatum* (Willd.) J. Presl) (Fernández, 1987).

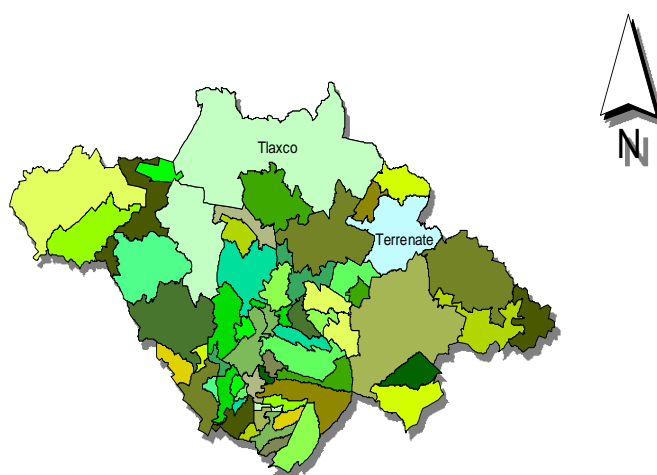


Figura 2. Ubicación de los municipios del estado de Tlaxcala seleccionados para el trabajo de campo.

En el predio de Terrenate, la población de *Juniperus flaccida* es muy escasa, pues solamente se registraron 15 ejemplares de la totalidad de árboles (479). Por lo tanto, no se sometieron a un mayor análisis (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción del arbolado de las parcelas de monitoreo de hongos en las parcelas de muestreo de Rancho Viejo, mpio. Terrenate, Tlax.

Especies Forestales	Ár. ha <sup>-1</sup> (n)	Alturas (m)		DAP (cm)		Cobertura (m <sup>2</sup> )	
		I*	M**	I*	M**	I*	M**
<i>Pinus</i> spp.	459	3-29	18.10	10.9-86.1	28.33	1.76-237.75	43.96
<i>Quercus</i> spp.	4	9-13	11.25	25-42	31.02	9.62-78.53	33.08
<i>Juniperus flaccida</i>	8	11-17	14.98	3-10	5.87	10.17-47.78	20.38
<i>Cupressus</i> sp.	9	3-12	8.88	11.7-30.2	19.70	1.76-201.06	36.68

Ar. = Árboles; \* I = intervalo; \*\*M = Valores promedio

En el Cuadro 3 se ordena el listado florístico de la vegetación identificada en las parcelas estudiadas; algunas especies han sido citadas por Santacruz (1996) y Villers *et al.* (2006).

En cuanto a los valores dasométricos, en general, los diámetros fustales son delgados, pues en su mayoría se agruparon entre los 11 y los 30 cm; 73.33% miden de 11 a 20 cm. Las alturas no son prominentes, se concentraron en un intervalo de 3 a 16 m, pero los valores modales fueron de 4 a 6 m. Las coberturas resultaron muy contrastantes, las hubo desde 1.76 m<sup>2</sup> hasta cercanas a los 100 m<sup>2</sup>.

Cuadro 3. Especies vegetales presentes en las parcelas de la localidad de Rancho Viejo, Terrenate, Tlaxcala.

Especie	Estrato	Parcela
<i>Agave</i> sp.	Herbáceo	5, 9
<i>Baccharis conferta</i> Kunth	Arbustivo	1,3, 5, 9, 10
<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.	Herbáceo	3, 5, 9, 10
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Superior	6, 8
<i>Eryngium carlinae</i> De Laroche	Arbustivo	10
<i>Eupatorium glabratum</i> HBK.	Herbáceo	9
<i>Juniperus flaccida</i> Schlecht.	Superior	3, 5, 9, 10
<i>Muhlenberghia macroura</i> (Kunth) Hitchc.	Arbustivo	5, 10
<i>Pinus</i> sp.	Superior	1-10
<i>Quercus crassifolia</i> Humb. et Bonpl.	Superior	8
<i>Quercus microphylla</i> Humb. et Bonpl.	Herbáceo	6
<i>Quercus rugosa</i> Née	Superior	8
<i>Senecio</i> sp.	Arbustivo	1,5, 10
<i>Stevia monardifolia</i> Kunth	Arbustivo	1,5, 9
<i>Verbena carolina</i> L.	Herbáceo	10
<i>Yucca</i> sp.	Arbustivo	5, 9

## Tlaxco

En el Cuadro 4 se resume la información del medio físico correspondiente a las 30 parcelas estudiadas.

Cuadro 4. Información geográfica de las parcelas estudiadas en El Pardo, Municipio de Tlaxco, Tlax.

Coordenadas Geográficas	19°39'47.2"-19°40'23.8" 98°04'29.4" - 98°05'21.9"
Altitud (msnm)	2,430-3,126
Pendiente (%)	20-48%
Exposición	S, SSE, W, NW

Vegetación. Por su ubicación, las asociaciones presentes en las parcelas estudiadas en esta localidad corresponden a bosque de *Abies-Pinus*; bosque de *Pinus-Quercus* y bosque

de *Abies-Pinus-Quercus*. La mayor población y diversidad de especies de pino sugiere ambientes más xéricos, en consecuencia, el listado florístico (Cuadro5) incluye taxa del listado anterior, pero difiere en otros que son propios de estos ecosistemas.

Cuadro 5. Especies vegetales presentes en las parcelas de la localidad de El Pardo, municipio Tlaxco, Tlax.

Espece	Estrato	Parcela*
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	Arbustivo	1, 5, 6, 7, 8, 9, 10
<i>Arbutus xalapensis</i> HBK.	Arbustivo	2,3,5,6,10,27
<i>Baccharis conferta</i> Kunth	Arbustivo	1, 8, 9
<i>Bryum procerum</i> Hedw.	Rasante	2, 3, 4, 5, 8,
<i>Buddleja americana</i>	Superior	4
<i>Castilleja arvensis</i> Schltld. & Cham.	Herbáceo	5
<i>Eryngium protaeflorum</i> F. Delaroché	Arbustivo	1, 4
<i>Festuca amplissima</i> Rupr.	Arbustivo	4, 7, 8, 9
<i>Hyptis mutabilis</i> (Rich.) Briq.	Herbáceo	5
<i>Juniperus flaccida</i> Schlecht.	Superior	1-30
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Superior	1-30
<i>Pinus</i> sp.	Superior	1-30
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	Rasante	2, 3, 4, 8
<i>Quercus</i> spp.	Superior	1,3,7,8,11,13, 27
<i>Salvia elegans</i> Vahl.	Herbáceo	1, 5, 9
<i>Senecio cinerarioides</i> Kunth	Arbustivo	5, 7, 9, 10
<i>Senecio platanifolius</i> Benth.	Arbustivo	6, 8, 9
<i>Senecio procumbens</i> HBK.	Arbustivo	1, 5
<i>Solanum cervantesii</i> Lag.	Herbáceo	1, 5
<i>Stevia monardifolia</i> Kunth	Arbustivo	1
<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	Herbáceo	3, 4, 9
<i>Symphoricarpos microphyllus</i> HBK.	Arbustivo	9

\* La vegetación herbáceas y arbustiva sólo se verificó en las primeras 10 parcelas

En El Pardo, igualmente, los pinos resultaron dominantes bajo los mismos criterios expresados para el caso de la localidad de Rancho Viejo, pero la abundancia numérica de los juníferos fue superior (Cuadro 6 y Figura 3).

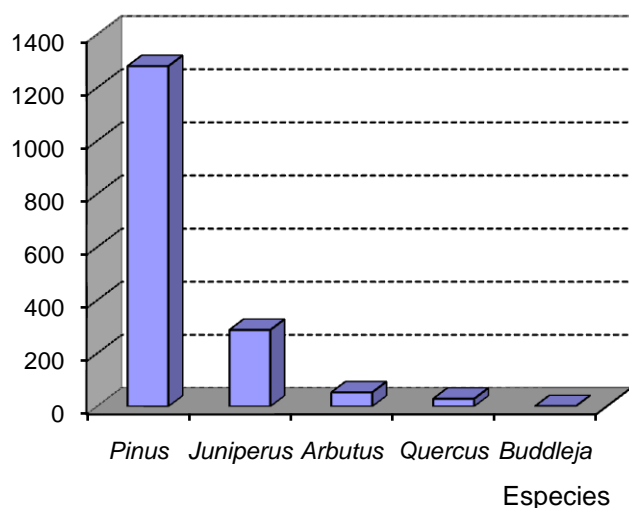


Figura 3. Distribución de las especies forestales en la localidad de El Pardo Municipio Tlaxco, Tlax.

Cuadro 6. Descripción del arbolado de las parcelas de muestreo en El Pardo, municipio Tlaxco, Tlax.

Especies Forestales	Ár. ha <sup>-1</sup> (n)	Alturas (m)		DAP (cm)		Cobertura (m <sup>2</sup> )	
		I*	M**	I*	M**	I*	M**
<i>Pinus</i> spp.	1,281	4-28	14.50	10-65	38.50	1.30- 13.50	3.47
<i>Juniperus</i> spp.	288	4-13	6.40	10-49.9	16.12	2.14-7.64	4.28
<i>Quercus</i> spp.	29	3-21	6.43	10 -60.20	13.54	2.60- 10.45	4.70
<i>Arbutus xalapensis</i>	53	4.20-10.00	5.75	10-28.50	14	2.14-6.30	3.97
<i>Buddleja</i>	1	8	---	12.10	---	7.30	---

Ár. = Árboles; \* I = intervalo; \*\*M = Valores promedio

Las coberturas de los juníferos son cercanas a las de los otros árboles, pero se disponen en un estrato del dosel inferior, lo que favorece su desplazamiento espacial.

## DISCUSION

En Rancho Viejo, mpio. Terrenate, los pinos son dominantes en densidad, altura y diámetro fustal. Las parcelas de muestreo están asentadas en territorios de pendientes pronunciadas (25 a 40%), de espacios abiertos característicos de los pinares, con la incursión de *Juniperus flaccida*; estos árboles tienden a agruparse entre sí, y no alcanzan alturas tan prominentes como las de los pinos; se distribuyen de forma espacialmente segregada o individual (Aguirre-Calderón, 2002). A partir de su escaso número, en términos poblacionales no son importantes en esta localidad. La dominancia numérica y estructural de los pinos es indudable, a pesar de que pocos superan los 25 m de altura y el promedio es inferior a los 30 cm de DAP, lo que describe poblaciones integradas por árboles esbeltos y de mediana altura; en consecuencia, la mayoría de sus coberturas abarcan de 3 a 44 m<sup>2</sup>.

Con respecto a la diversidad vegetal la composición florística de todas las parcelas en su conjunto corresponde a la de una comunidad de pino, en el que hay mayor presencia y cobertura de gramíneas; además de micrositios ecotonales que se identifican con el malpaís y que está representado por los agaves y las yucas, cuyos especímenes crecen, preferentemente, en ambientes secos; en este entorno, resulta lógico que el musgo sólo forme manchones aislados y reducidos sobre las rocas. El estrato arbustivo se desplaza sobre 30 y hasta 70% de los sitios, en general.

En contraste, en El Pardo, la abundancia de juníferos los convierte en el segundo grupo forestal presente en el lugar. Los valores dasométricos contenidos en el Cuadro 6 describen a estos árboles como semejantes a los encinos, a pesar de que numéricamente son muy contrastantes. El tamaño de sus coberturas semejante al de las especies forestales dominantes sugiere que este grupo de árboles contribuye a formar doseles de poca apertura, condición que favorece la conservación de la humedad ambiental en la que prosperan los hongos comestibles.

La presencia de *Juniperus* bien puede responder a su condición micorrícica, pues es una conífera y en los territorios en los que crece de forma abundante, existe una importante diversidad de especies de hongos silvestres comestibles (Zamora-Martínez *et al.*, 2007).

Al respecto, en ambas localidades se registraron 32 (Rancho Viejo) y 39 (El Pardo) taxa fúngicos comestibles, de ellos más del 50% corresponden a macromicetos ectomicorrizógenos (ECM). Sin embargo, al revisar las parcelas en las que hubo presencia de *Juniperus*, en la primera localidad sólo se identificaron ocho especies de hongos (ECM); mientras que en la segunda el número fue de 13.

## CONCLUSIONES

Los juníperos estudiados de Rancho Viejo, municipio de Terrenate, reúnen a una población muy escasa. En El Pardo, municipio de Tlaxco, son la segunda especie en cuanto a densidad forestal y tienen características dasométricas propias de árboles codominantes; no comparten el dosel superior, pues sus alturas son claramente inferiores a las otras especies forestales con las que coexisten. Sin embargo, sus coberturas son equivalentes a las de los árboles de pino y encino, lo que obedece a que en los espacios abiertos pueden alongar sus ramas.

La mayor riqueza fúngica ectomicorrizógena coincide con la presencia de *Juniperus* como especie codominante.

## AGRADECIMIENTOS

A los investigadores del Laboratorio de Geomática del CENID-COMEF: M. en C. Antonio González H., M. en C. Martín Enrique Romero Sánchez, M. en C. Francisco Moreno Sánchez; al M. en C. Andrés Flores García de la Red de Investigación e Innovación de Plantaciones Forestales y Sistemas Agroforestales; así como, al C. Bruno Lechuga Olvera, Biól. Ricardo Segundo Maya y Esteban Martínez los autores desean hacer patente su agradecimiento por su amable participación en el trabajo de campo.

El estudio estuvo patrocinado por los fondos fiscales del INIFAP y el fondo sectorial CONAFOR-CONACYT mediante el proyecto No. 1087.



## REFERENCIAS

- Aguirre Calderón, O. A. 2002. Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. *Rev. Cien. For. en Méx.* Vol. 27(92): 3-27.
- Ayerde L., D. y L. López-Mata. 2006. Estructura poblacional y parámetros demográficos de *Juniperus flaccida* Schltld. *In: Madera y Bosques* año/vol. 12 (002): 65-76.
- Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. CONABIO/Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver., México. pp. 53-55.
- Chapman. H. H. and W. H. Meyer. 1949. *Forest mensuration*. McGra-Hill Book Company, Inc. New York, NY. USA. 522 p.
- CONABIO. sf. *Juniperus deppeana*. (<http://www.conabio.gob.mx>) Fecha de consulta: 28/08'09.
- Ern, H. 1976. Descripción de la vegetación montañosa en los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala. *Botanischer Garten und Botanisches. Willdenowia, Beiheft.* No. 10. Berlin-Dahlem, Germany. 128 p.
- Farjon, A. 2005. *A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys*. Royal Botanic Garden. Kew, London, UK. 648 p.
- Fernández G., Ma. T. E. 1987. Estudio ecológico del bosque de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. en La Malintzin, estado de Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 85 p.
- Fonseca, R. M. 2006. *Juniperus*, la ginebra, el incienso, los lápices y los repelentes. *Ciencias*, enero-marzo, Núm. 81: 44-47.
- Fowells, H. A. and N. B. Stark. 1965. Natural regeneration in relation to environment in the mixed conifer forest type of California. USDA Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Berkeley, CA, USA. Res. Paper PSW-24, 14 p.
- Martínez, A. J., R. Sainos, E. Lezama D. y G. Ángeles A. 2007. El tamaño sí importa: los frutos grandes de *Juniperus deppeana* Steud. Son más susceptibles a la depredación por insectos. *Madera y Bosques*, otoño, Año/Vol. 13(2): 65-81.
- McNeill, W. M. 1962. The problem and prospects of natural regeneration in coniferous plantations with special referente to Scotland. *Forestry*, Vol. 33(2): 28-33.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. LIMUSA. México, D. F., México.

IX CONGRESO MEXICANO DE RECURSOS FORESTALES

23 al 26 de Noviembre de 2009, Oaxaca, Oax., México

- Villavicencio N., M. A. y B. E. Pérez E. 2002. Plantas útiles del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hgo., México. 244 p.
- Villavicencio N., M. A. y B. E. Pérez E. 2002. Plantas útiles del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 244 p.
- Zamora-Martínez, M. C., A. Montoya, A. Kong, C. Nieto de Pascual P., A. González H. y J. I. Martínez-Valdez. 2007. Hongos silvestres comestibles de Tlaxcala II. CENID-COMEF. INIFAP. Libro técnico No. 3. 66 p.
- Zanoni, T. A. 1982. Cupressaceae. Flora de Veracruz. Fascículo No. 23. INIREB. Xalapa, Ver., México. 18 p.
- Zanoni, T. A. and R. P. Adams. 1979. The genus *Juniperus* (Cupressaceae) in Mexico and Guatemala: Synonymy key and distribution of the taxa. Bol. Soc. Bot. Mexico 38: 83-131.

## RESPUESTAS DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DE PINOS EN SIMBIOSIS MÚLTIPLE CON HONGOS ECTOMICORRIZÓGENOS

Fortunato Garza Ocañas<sup>1</sup>, Jesús García Jiménez<sup>2</sup>, Miroslava Quiñónez Martínez<sup>3</sup>, Horacio Villalón Mendoza<sup>1</sup>, Artemio Carrillo Puente<sup>1</sup>, Alfonso Martínez Muñoz<sup>1</sup> y Gonzalo Guevara Guerrero<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales U.A.N.L., [fortunatofgo@gmail.com](mailto:fortunatofgo@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas,

<sup>3</sup>Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chih.

### RESUMEN

Los resultados mostraron que los hongos ectomicorrizógenos *Laccaria bicolor* (Maire) Orton, *Thelephora caryophyllea* Schaeffer ex Fr., y *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch fueron especies compatibles entre sí que inhibieron el crecimiento de *Cantharellus cibarius* Fr., y *Suillus tomentosus* (Kauffm.) Singer, Snell & Dick. en el suelo. Las primeras tres especies crecieron agrupándose en complejos compatibles de 2-3 especies a la vez mientras que las últimas dos especies no crecieron juntas. El tratamiento mixto produjo mayores valores de crecimiento que los tratamientos individuales en la mayoría de los parámetros medidos a las plántulas de *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. patula* Shiede & Deppe., y *P. caribaea* Morelet. Solamente las primeras tres especies de hongos produjeron cuerpos fructíferos secuencialmente en las macetas cada año por cuatro años.

### INTRODUCCIÓN

Las sucesiones de hongos micorrizógenos se desarrollan a partir de comunidades herbáceas que están infectadas principalmente por hongos vesículo-arbusculares y progresan hacia una vegetación de bosque clímax en la que predomina la infección por hongos ectomicorrizógenos (Janos, 1980; Dighton & Mason, 1985; Mason *et al.*, 1987). Existen de igual manera sucesiones entre especies de hongos ectomicorrizógenos, éstas se han estudiado principalmente en plantaciones de coníferas (Hora, 1959; Lamb, 1979; Mason *et al.*, 1982, 1983; Dighton, 1987; Hunt & Trappe, 1987). La composición de especies de

hongos ectomicorrizógenos puede variar de acuerdo con la edad del hospedero (Mason *et al.*, 1987). Así, una plantación de coníferas joven tiene especies de hongos ectomicorrizógenos **e.g.** *Laccaria* spp., *Hebeloma* spp., *Pisolithus tinctorius* y *Thelephora* spp. que se han reportado como pioneras mientras que en un bosque maduro, tiene principalmente especies de **e.g.** *Amanita* spp., *Boletus* spp., *Cantharellus* spp., *Cortinarius* spp., *Lactarius* spp., *Russula* spp., *Suillus* spp., y *Tricholoma* spp. que se han reportado como secundarias (Last *et al.*, 1983; Chu-Chou & Grace, 1987). También se ha observado que el crecimiento de las colonias de hongos ectomicorrizógenos establecidos en las raíces de árboles se incrementa anualmente de la base de los árboles hacia el exterior (Ford *et al.*, 1980). En general, la mayoría de los estudios reportados sobre las sucesiones de hongos ectomicorrizógenos se basan en observaciones de la periodicidad y abundancia de cuerpos fructíferos (Mason *et al.*, 1982, 1983; Dighton, 1987). También se ha reportado que las especies consideradas como “pioneras” son muy competitivas y pueden inhibir el crecimiento y establecimiento de otras especies incluyendo las “secundarias” (Fox, 1983, 1986). Sin embargo, no existen reportes de estudios en los que se involucre la inoculación de plántulas de pinos con una mezcla de micelio de hongos ectomicorrizógenos pioneros y secundarios. El presente estudio tiene por objetivo estudiar el desarrollo de actividad miceliar de hongos ectomicorrizógenos inoculados de manera individual y simultánea en las raíces de tres especies de pinos mexicanos. Se examinaron las diferencias en el desarrollo miceliar entre los hongos dependiendo de las especies de pinos a las que se asociaron y también se evaluaron los efectos de la inoculación en el crecimiento de las plántulas de los pinos estudiados.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Especies de hongos seleccionadas**

Las especies de hongos “pioneros” seleccionados son: *Laccaria bicolor* (Maire) Orton, *Thelephora caryophyllea* Schaeffer ex Fr., y *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch y las especies secundarias son: *Cantharellus cibarius* Fr., y *Suillus tomentosus* (Kauffm.) Singer, Snell & Dick. Todas fueron colectadas de bosques de pinos del estado de Nuevo León y su aislamiento se realizó en el medio modificado de Melin Norkrans (pH 6.5) a partir de trozos de los cuerpos fructíferos.

### **Especies de pinos seleccionados**

Se seleccionaron a *Pinus pseudostrobus* Lindl., *P. patula* Shiede & Deppe., y *P. caribaea* Morelet en base a ser especies nativas de México y a que se usan regularmente en plantaciones forestales en todo el mundo.

### **Esterilización y germinación de las semillas**

Las semillas de los pinos se esterilizaron superficialmente con Peróxido de Hidrógeno (30%) por 15 minutos y se lavaron con agua destilada estéril (2 veces por 30 minutos cada una). La germinación se llevo a cabo en cajas de Petri con agar agua desionizada (1%) colocadas en una cámara bioclimática con 20 grados centígrados y un fotoperiodo de 16 horas luz.

### **Producción del inoculo**

Como sustrato para la producción del inoculo miceliar de los hongos se utilizó una mezcla de musgo-vermiculita previamente lavada en agua desionizada. Se utilizaron frascos de 500 ml. los cuales fueron llenados a 3/4 de su capacidad con la mezcla y a cada uno se le agregaron 190 ml de medio líquido de Melin Norkrans sin carbohidratos (Duddridge, 1986 a, b).

### **Tratamientos**

Las plántulas de las especies de pinos se colocaron en macetas de 11 cm. En los tratamientos con inoculo individual, el inoculo cultivado en el musgo y vermiculita se lavó con agua destilada estéril y se incorporó en una relación de 1:1 v/v con una mezcla de musgo-vermiculita (4:1 v/v). El tratamiento con el inoculo mixto se hizo al mezclar el inoculo de las cinco especies en una relación de 1:1:1:1:1 v/v. A su vez, esta mezcla se incorporó con un volumen igual de sustrato de musgo y vermiculita (4:1 v/v) para obtener una mezcla final de 1:1 v/v en las macetas. En este experimento se utilizaron plántulas de **ca.** 1 mes de edad, que se obtuvieron en condiciones asépticas. Cada uno de los tratamientos fúngicos se replicó 10 veces para cada una de las especies de pinos. El tratamiento testigo sin inocular consistió de un sustrato estéril de musgo y vermiculita. Las macetas se colocaron en condiciones de invernadero y se regaron dos veces a la semana durante el invierno y tres veces a la semana durante el verano por un período de cuatro años. Para reducir los riesgos

de contaminación cruzada entre los tratamientos éstos se separaron en las mesas del invernadero. Durante el transcurso del experimento (*i.e.* 4 años) no se agregaron soluciones minerales o fertilizantes a las plantas. Esto, debido a que altas concentraciones de fósforo y nitrógeno pueden afectar la formación de ectomicorrizas y cuerpos fructíferos.

### Parámetros medidos

(I) Porcentaje de ectomicorrizas; (II) Altura de la planta; (III) Diámetro del cuello de la raíz (IV) Largo del sistema radicular; (V) Peso fresco y seco de la parte aérea de la planta y del sistema radicular (Ba & Thoen, 1990).

### RESULTADOS

Para la evaluación del porcentaje de ectomicorrizas, largo del sistema radicular y peso fresco y seco de la parte aérea y del sistema radicular de las tres especies de pinos estudiadas se utilizó una muestra al azar de 5 plántulas por tratamiento. Las mediciones de altura de la planta y diámetro del cuello de la raíz se hicieron en 10 plántulas seleccionadas al azar. Los datos se procesaron por un análisis doble de varianza y se obtuvo una diferencia significativa ( $p < 0.000$ ) en el rendimiento de las especies (*i.e.* tratamientos). Así mismo, las respuestas de los tres pinos a los tratamientos fueron significativamente diferentes ( $p < 0.000$ ). Las tres especies de pinos mostraron patrones similares de crecimiento en respuesta a los diferentes tratamientos. Los resultados muestran que el tratamiento con el inóculo mixto produjo los valores más grandes para la mayoría de los parámetros medidos. Este, fue seguido en orden decreciente por el grupo de las especies “pioneras” (*i.e.* *L. bicolor*, *T. caryophyllea* y *P. tinctorius*). Las plantas inoculadas con las especies “secundarias” (*i.e.* *C. cibarius* y *S. tomentosus*) tuvieron valores de crecimiento más pequeños. Los valores más pequeños encontrados en las tres especies de pinos ocurrieron en el tratamiento testigo. El porcentaje de colonización ectomicorrícica en el tratamiento con inóculo mixto se estimó tanto visualmente como por reaislamiento de los hongos en una muestra al azar de ectomicorrizas. Las colonias de los hongos ectomicorrizógenos aislados se contaron y se calculó así el porcentaje de infección. En el tratamiento con inóculo mixto solamente tres de las cinco especies inicialmente incluidas (*i.e.* *L. bicolor*, *T. caryophyllea* y *P. tinctorius*) se lograron aislar al final. Así mismo, la composición de las especies de hongos varió en cada una de las especies de pinos estudiadas. Solamente dos de estas especies fueron encontradas

creciendo juntas y formando complejos ectomicorrizógenos en el sistema radicular de las especies de pinos estudiadas. Las especies que se encontraron formando estos complejos fueron *L. bicolor*, y *P. tinctorius* en una proporción media de 55% y 45% respectivamente en las raíces de *P. patula*, *L. bicolor*, *T. caryophyllea* en las raíces de *P. caribaea* en una proporción media de 90% y 10% respectivamente y *P. tinctorius* y *T. caryophyllea* formaron una proporción media de 95% y 5% respectivamente en las raíces de *P. pseudostrobus*. De los pinos estudiados, *P. patula* presentó el porcentaje de infección ectomicorrícica más pequeño con una media de 75% para todos los tratamientos y fue seguido en orden creciente por *P. pseudostrobus* con 79% y *P. caribaea* con 82%. El mayor porcentaje de ectomicorrizas formadas ocurrió en el tratamiento con inóculo mixto en las tres especies de pinos y fue seguido en orden decreciente por *L. bicolor*, *T. caryophyllea* y *P. tinctorius* y los valores más pequeños se encontraron en *C. cibarius* y *S. tomentosus*. Al comparar el largo del sistema radicular de las tres especies de pinos se encontraron patrones de crecimiento muy semejantes. El tratamiento con inóculo mixto mostró el sistema radicular más largo para las tres especies de pinos y de los tratamientos con inóculo individual *S. tomentosus* mostró el sistema radicular más corto. Los mayores valores del diámetro del cuello de la raíz de *P. patula* no ocurrieron en el tratamiento con inóculo mixto sino en las plantas inoculadas con *L. bicolor*. Este fue el único parámetro en *P. patula* que resultó ser mayor que el tratamiento con inóculo mixto. El diámetro más pequeño del cuello de la raíz de este último pino no se presentó en el tratamiento testigo sino en las plantas inoculadas con *S. tomentosus*. Los mayores valores de altura de la planta y del diámetro del cuello de la raíz de *P. caribaea* se presentaron en las plantas inoculadas con *T. caryophyllea*. Los mayores valores de altura de la planta de *P. pseudostrobus* ocurrieron con *C. cibarius* y los más pequeños con *P. tinctorius*. En las tres especies de pinos estudiadas se encontraron patrones similares para los valores máximos y mínimos de peso fresco y seco de la parte aérea de las plantas y del sistema radicular. El tratamiento con inóculo mixto mostró los máximos valores para estas mediciones y el testigo los mínimos. *L. bicolor*, *T. caryophyllea* y *P. tinctorius* produjeron cuerpos fructíferos durante los cuatro años del experimento. Los cuerpos fructíferos de *L. bicolor* se produjeron cinco meses después de la inoculación de las plantas. Los cuerpos fructíferos de *T. caryophyllea* y *P. tinctorius* se produjeron seis y diez meses después de la inoculación respectivamente. *C. cibarius* o *S. tomentosus* no produjeron basidiomas en ninguno de los tratamientos utilizados (i.e. mixtos o individuales) y con ninguna de las

especies de pinos. En este estudio se documenta por primera vez tanto el hábito ectomicorrízico como la producción de cuerpos fructíferos de *T. caryophyllea* en condiciones experimentales.

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio concuerdan con lo reportado con respecto a la dominancia de las especies ya que se demostró que los hongos ectomicorrizógenos “pioneros” (i.e. *L. bicolor*, *T. caryophyllea* y *P. tinctorius*) inhibieron el establecimiento de las especies “secundarias” (i.e. *C. cibarius* y *S. tomentosus*). El tratamiento con inoculo mixto produjo respuestas del crecimiento las cuales fueron significativamente diferentes de los tratamientos individuales para las tres especies de pinos. De los tratamientos con inoculo individual *L. bicolor* mostró mayores valores para la mayoría de los parámetros de crecimiento medidos a las plantas y *S. tomentosus* mostró los valores más pequeños. La excepción a estos valores fueron *C. cibarius* y *S. tomentosus* los cuales produjeron la media más alta de la altura de la planta y el diámetro de la raíz de *P. caribaea* y *P. pseudostrobus* respectivamente. La composición de las especies en el tratamiento con inoculo mixto varió para las tres especies de pinos estudiadas y se encontraron complejos ectomicorrizógenos formados por *L. bicolor* & *T. caryophyllea*; *L. bicolor* & *P. tinctorius* y *P. tinctorius* & *T. caryophyllea*. Estos complejos se documentan por primera vez en este estudio. Marks & Foster, (1967) reportaron la presencia de hasta 3 especies de hongos ectomicorrizógenos establecidos en una sola raíz ectomicorrízica. Estos últimos autores también señalaron que estos hongos parecían ser bastante compatibles. Estas observaciones son significativas ya que en este estudio se demostró que las especies consideradas como “pioneras” (i.e. *L. bicolor*, *T. caryophyllea* y *P. tinctorius*) formaron complejos ectomicorrizógenos muy compatibles. Es interesante hacer notar que en estudios no reportados en este trabajo (Garza, 1991) encontró que las especies “pioneras” no fueron antagonistas entre sí al ser confrontadas en medios de cultivo. Así mismo estas especies no produjeron compuestos antibióticos ni indujeron en la planta respuestas de incompatibilidad a su infección (Garza, 1993). Sin embargo, las especies “secundarias” fueron poco compatibles en cultivo; produjeron compuestos antibióticos y etileno e indujeron respuestas de incompatibilidad de la planta a su infección (Garza, 1991). La producción de cuerpos fructíferos por los hongos ectomicorrizógenos establecidos ocurrió cuando se presentaron cambios en la temperatura del invernadero. En ambos tratamientos



con inoculo individual y mixto hubo producción anual de cuerpos fructíferos de *L. bicolor*, *T. caryophyllea* y *P. tinctorius*. En los tratamientos con inoculo mixto que contenía los complejos ectomicorrizógenos formados por *L. bicolor* & *P. tinctorius*; *L. bicolor* & *T. caryophyllea* y *P. tinctorius* & *T. caryophyllea* se produjeron cuerpos fructíferos anualmente y secuencialmente durante el año en la misma maceta. Las otras especies de hongos (*i.e.* *C. cibarius* y *S. tomentosus*) no produjeron cuerpos fructíferos en ninguno de los tratamientos o con ninguna de las especies de pinos, aún en la presencia de una alto porcentaje de ectomicorrizas. Esto pudiera indicar la especificidad de los factores del crecimiento requeridos por estos hongos ya que por lo regular forman asociaciones ectomicorrícicas con árboles maduros (Mason *et al.*, 1987).

## CONCLUSIONES

Las especies *L. bicolor*, *T. caryophyllea* y *P. tinctorius* fueron más competitivas que *C. cibarius* y *S. tomentosus* para colonizar las raíces de las tres especies de pino estudiadas. La competencia se basó en la formación de complejos ectomicorrizógenos compatibles de 2-3 especies creciendo simultáneamente. Esto se debió probablemente a que las primeras tres especies fueron compatibles y no indujeron respuestas de incompatibilidad durante la colonización de las plántulas de pinos mientras que las otras dos especies no mostraron compatibilidad para crecer juntas o con las otras especies.

## BIBLIOGRAFIA

Ba, A.M., & Thoen, D. (1990). First synthesis of ectomycorrhizas between *Afzelia africana* Sm. (Cesalpiniodiae) and native fungi from West Africa. *New Phytol.*, 114: 99-103.

Chu-Chou, M., & Grace, L.J. (1987). Mycorrhizal fungi of *Pseudotsuga menziesii* in the South island of New Zealand. *Soil Biol., Biochem.*, 19: 243-246.

Dighton, J. (1987). Ecology and management of ectomycorrhizal fungi in the U.K. In *Proceedings of the 7<sup>th</sup> North American Conference on Mycorrhizae.* p. 75-77.

Dighton, J., & Mason, P.A. (1985). Mycorrhizal dynamics during forest tree development. In *Developmental Biology of Higher Fungi.* (Ed. by D. Moore, L.A. Casselton, D.A. Wood and

J.C. Frankland) Br. Mycol. Soc. Symp., 10. p. 117-139.

Duddridge, J.A. (1986a). The development and ultrastructure of ectomycorrhizas III. Compatible and incompatible interactions between *Suillus grevillei* (Klotzsch) Sing., and a number of ectomycorrhizal hosts *in vitro*, in the absence of exogenous carbohydrate. New Phytol., 103: 457-464.

Duddridge, J.A. (1986b). The development and ultrastructure of ectomycorrhizas. IV. Compatible and incompatible interactions between *Suillus grevillei* (Klotzsch) Sing., and a number of ectomycorrhizal hosts *in vitro* in the presence of exogenous carbohydrate. New Phytol., 103: 465-471.

Ford, E.D., Mason, P.A. and Pelham, J. (1980). Spatial patterns of sporophore distribution around a young birch tree in three successive years. Trans. Br. Mycol. Soc., 75: 287-296.

Fox, F.M. (1983). Role of basidiospores as inocula of mycorrhizal fungi of birch. Plant & Soil 71: 269-273.

Fox, F.M. (1986). Groupings of ectomycorrhizal fungi of birch and pine, based on establishment of mycorrhizas on seedlings from spores in unsterile soils. Trans. Br. Mycol. Soc., 87(3): 371-380.

Garza, F. (1991). Competition between ectomycorrhizal fungi during establishment on the roots of tropical pines. DPhil., Thesis, University of Oxford.

Garza, F. (1993). Producción de compuestos antibióticos por dos especies de hongos ectomicorrizógenos. En: Contribuciones Micológicas en Homenaje al Biólogo José Castillo Tovar por su labor en pro de la micología mexicana. Reporte Científico Número Especial 13. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 198pp.

Hora, F.B., (1959). Quantitative experiments on toadstool production in woods. Trans. Br. Mycol. Soc., 42(1): 1-14.

Hunt, G.A., & Trappe, J.M. (1987). Seasonal hypogeous sporocarp production in a Western Oregon Douglas-fir stand. *Can. J. Bot.*, 65: 438-445.

Janos, D.P. (1980). Mycorrhizae influence tropical succession. *Biotropica* 12 (Suppl.): 56-64.

Kropp, B.R., & Langlois, C.G. (1990). ectomycorrhizas in reforestation. *Can. J. For. Res.*, 20: 438-451.

Lamb, R.J. (1979). Factors responsible for the distribution of mycorrhizal fungi of *Pinus* in Eastern Australia. *Aust. J. For. Res.*, 9: 25-34.

Last, F.T., Mason, P.A., Wilson, J., and Deacon, J.W. (1983). Fine roots and sheathing mycorrhizas: their formation, function and dynamics. *Plant & Soil* 71: 9-21.

Marks, G.C., & Foster, R.C. (1967). Succession of mycorrhizal associations on individual roots of radiata pine. *Aust. For.*, 31: 193-201.

Marx, D.H. (1972). Ectomycorrhizae as biological deterrents to pathogenic root infections. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 57 p. 429-454.

Mason, P.A., Last, F.T., Pelham, J., and Ingelby, K. (1982). Ecology of some fungi associated with a ageing stand of birches (*Betula pendula* and *B. pubescens*). *For. Ecol. Manage.*, 4: 19-39.

Mason, P.A., Wilson, J., Last., F.T. and Walker, C. (1983). The concept of succession in relation to the spread of sheathing mycorrhiza fungi on inoculated tree seedlings growing in unsterile soils. *Plant & Soil* 71: 247-256.

Mason, P.A., Last, F.T., Wilson, J. and Deacon, J.W., Fleming, L.V., and Fox, F.M. (1987). Fruiting and successions of ectomycorrhizal fungi. In *Fungal Infection of Plants*. p. 253-268.