

# ANÁLISIS DE DIMENSIONES DASOMÉTRICAS Y PORCENTAJE DEL ATAQUE DE *Hysipyla grandella* Zeller EN *Cedrela odorata* L.

## MENSURATION ANALYSIS AND ATTACK PERCENTAGE OF *Hysipyla grandella* Zeller ON *Cedrela odorata* L.

Teresita del Niño Jesús Marín Hernández<sup>1</sup>, Hilda Susana Azpíroz Rivero<sup>2</sup>, Conrado Parraguirre Lezama<sup>3</sup>, Vicente Sánchez Monsalvo<sup>4</sup>, Efraín Velasco Bautista<sup>5</sup>, Rodrigo Hernández Juárez<sup>6</sup>, Antonio Sánchez Martínez<sup>7</sup> y Agustín Rueda Sánchez<sup>8</sup>

### RESUMEN

*Cedrela odorata* es la segunda especie maderable más importante en Mesoamérica, por la alta calidad de su madera. En México, la situación actual que guardan sus poblaciones en toda su área de distribución es incierta. El objetivo del presente estudio fue determinar las condiciones de las poblaciones de cedro en 15 estados de la república mexicana y 67 sitios, con respecto al análisis de las dimensiones dasométricas y porcentaje del ataque de *Hysipyla grandella*. Los datos registrados fueron número de árbol, coordenadas geográficas, nombre del municipio, altitud, diámetro normal, altura total, altura de fuste, presencia o ausencia de ataque por insecto barrenador, así como las características del sitio. Sus coordenadas fueron registradas mediante GPS e incorporadas al ambiente de Sistema de Información Geográfica ArcView 3.2. ESRI. Los resultados indican que las poblaciones naturales distribuidas en el norte del país están muy reducidas, o en lugares inaccesibles. En el sureste, la especie ya no existe en condiciones naturales; hay árboles en áreas de traspatio, zonas urbanas y plantaciones comerciales. El análisis estadístico de las variables dasométricas reveló diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre municipios dentro de los estados y entre estados. El porcentaje promedio a nivel nacional de la presencia de *H. grandella* fue de 80.5.

**Palabras clave:** Análisis dasométrico, *Cedrela odorata* L., distribución geográfica, *Hysipyla grandella* Zeller, plantaciones forestales.

### ABSTRACT

*Cedrela odorata* is the second most important wood species in Mesoamerica, from its high quality timber. Particularly in Mexico, the present situation of their populations in all its distribution area is uncertain. The aim of this study was to determine the conditions in which cedar is, in regard to the sites where it is found (in 15 states of the country and 67 sites), variability in mensuration, attack per cent of *Hysipyla grandella*. Data included tree number, geographic coordinates, name of municipality, altitude, normal diameter, total height, stem height, presence or absence of borer attack, as well as site characteristics. Coordinates were recorded by a GPS and were input to ArcView 3.2. ESRI, Geographic Information System. Results show that natural populations at the north are very small or at inaccessible places. At the Southeast, the specie does not exist any more under natural conditions; there are trees in yards, urban areas and commercial plantations. The analysis statistics about mensuration revealed significant differences ( $p < 0.05$ ) among municipalities within the states and among states. The mean percentage of presence was % 80.5 nationality of *H. grandella*.

**Key words:** Analysis dasometric, *Cedrela odorata* L., geographic distribution, *Hysipyla grandella* Zeller, forest plantations.

Fecha de recepción: 6 de julio de 2011

Fecha de aceptación: 31 de mayo de 2012

<sup>1</sup> Consultora Privada. Exinvestigadora del INIFAP. Correo-e:marinh@yahoo.com

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Indígena de México Michicahui.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Puebla

<sup>4</sup> Campo Experimental El Palmar, CIR-Golfo Centro, INIFAP

<sup>5</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF), INIFAP

<sup>6</sup> Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, A.C. (CICY)

<sup>7</sup> Exinvestigador del Campo Experimental Forestal El Tormento, CIR-SE, INIFAP

<sup>8</sup> Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, CIR-Pacífico Centro, INIFAP

## INTRODUCCIÓN

*Cedrela odorata* L., conocida como cedro, cedro hembra o cedro rojo es un árbol perteneciente a la familia Meliaceae que se distribuye desde México (26<sup>o</sup> latitud N) hasta Argentina (28<sup>o</sup> latitud S). Es una especie caducifolia que alcanza hasta 35 m de altura y 1.7 m de diámetro, en sus áreas de distribución natural (Pennington y Sarukhán, 2005); además constituye una opción conveniente para las plantaciones forestales debido a su adaptabilidad, rápido crecimiento, madera valiosa y su hábito de crecimiento con pocas ramas (Cornelius y Watt, 2003). En México se le encuentra en la vertiente del Golfo: desde el sur de Tamaulipas y sureste de San Luis Potosí, hasta la Península de Yucatán; y en la del Pacífico de Sinaloa hasta Guerrero y en la depresión central y la costa de Chiapas. Forma parte de los bosques tropical perennifolio, tropical subcaducifolio, tropical caducifolio y mesófilo de montaña (CONABIO, 2000).

El cedro, después de la caoba (*Swietenia macrophylla* King), es la especie maderable tropical más importante en la industria forestal de México por su alto valor comercial y por el uso diverso de productos, entre los que destaca la fabricación de chapas y madera terciada que se exporta a diferentes países (Pennington y Sarukhán, 2005), por lo cual ha sido intensamente extraída en toda Mesoamérica por casi doscientos años (Cavers *et al.*, 2003).

Además, es dañada por el barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* Zeller, lepidóptero que oviposita, preferentemente en las yemas, lo que provoca una alta variación en los rasgos morfológicos de los árboles a muy temprana edad (Newton *et al.*, 1998; Griffiths, 2001). Dicho insecto es atraído por los metabolitos secundarios que produce la planta (Soares, 2003; Lago, 2006).

Por la alta demanda de su madera preciosa, las poblaciones han sido muy mermadas en su hábitat natural, situación que en México es grave, por lo que las autoridades del Gobierno Federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) han incluido al cedro en la lista de especies sujetas a protección especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010); además se han dado incentivos para el establecimiento de las plantaciones comerciales del cedro rojo. Sin embargo, casi la totalidad de estas fracasan por las deformaciones producidas por *H. grandella*, solamente persisten aquellas que tienen manejo forestal y, aún así, no todos los árboles sobreviven (CONAFOR, 2004).

El objetivo de esta investigación fue conocer el estado actual de *C. odorata* en su distribución a lo largo del territorio nacional, para ello se tomaron en cuenta 15 estados y 67 sitios, con el fin de analizar la variabilidad morfológica de la especie (diámetro normal, altura total, altura del fuste); determinar las características del sitio donde habita, altitud, latitud y longitud;

## INTRODUCTION

*Cedrela odorata* L., known as cedar, female cedar, or red cedar, belongs to the family Meliaceae, which is distributed from Mexico (26° N latitude) to Argentina (28° S latitude). It is a deciduous species that can reach a height of 35 m high and a diameter of 1.7 m in its natural distribution areas (Pennington and Sarukhán, 2005). It represents a convenient option for forest plantations due to its adaptability, quick growth, valuable timber and its capacity for growing with few branches (Cornelius and Watt, 2003). In Mexico, it is found near rivers that empty into the Gulf of Mexico, from southern Tamaulipas state and southeastern San Luis Potosí state, to the Yucatán Peninsula, as well as near those who empty into the Pacific Ocean, from Sinaloa to Guerrero states, and in the central depression and the coast of Chiapas state; it grows in tropical rainforests, tropical dry forests, tropical deciduous forests and mountainous cloud forests (CONABIO, 2000).

Cedar tree is the most important timber species in the forest industry in Mexico, only after the mahogany tree (*Swietenia macrophylla* King), due to the high value it can reach and for its use in diverse products. Among these, the most relevant are the elaboration of panels and plywood, which is exported to different countries (Pennington and Sarukhán, 2005). Therefore, it has been intensely extracted throughout all Mesoamerica for almost two centuries (Cavers *et al.*, 2003).

This species is damaged by the shoot borers of meliaceae *Hypsipyla grandella* Zeller, which is a Lepidoptera that lays its eggs preferably in young shoots, which causes a high variation of morphological characteristics of trees from a very young age (Newton *et al.*, 1998; Griffiths, 2001). This responds to the production of the cedar of secondary metabolites, which attract Lepidoptera.

Since its valuable timber is highly demanded, its tree populations have been severely reduced in their natural habitat. This is an alarming situation, which is why the Mexican government, through Ministry of Environmental and Natural Resources (SEMARNAT), has included cedar in the list of species subjected to special protection (Pr) found in NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). It has also promoted the commercial plantations of red cedar. However, most of them fail due to the deformities caused by *H. grandella*, and only those under forest handling persist, but only partially (CONAFOR, 2004).

The purpose of this research was finding the current state of this species in the entire distribution in Mexico, taking into consideration the 15 states and 67 sites, in order to analyze the morphologic variability of this species (normal diameter, total height, shaft height), as well as studying the characteristics of the site it inhabits, such as height (m), latitude and longitude the environment (natural forests, backyards, urban areas, plantations or agroforestry systems), and the attack recurrence or absence of the shoot borer of meliaceae (*Hypsipyla grandella*).

el ambiente (bosque natural, traspatio, zona urbana, plantaciones o en sistemas agrosilvopastoriles); así como, la presencia o ausencia del ataque por el barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las poblaciones se localizaron a partir de la distribución propuesta por Pennington y Sarukhán (2005) para *Cedrela odorata* y la consulta de las fichas de colecta en el Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las coordenadas de cada población fueron registradas en cada sitio, mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) con una precisión menor a 10 m para su posterior incorporación a un Sistema de Información Geográfica con el programa ArcView 3.2 (ESRI, 1999). Como frontera espacial, político-administrativa, se utilizó un mapa vectorial de la república mexicana de la base de datos de ESRI (1999).

Se tomaron datos de campo en 67 sitios en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Oaxaca, Chiapas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. La unidad de muestreo se delimitó en forma rectangular, y el método de muestreo fue completamente al azar con un máximo de 30 individuos por sitio, cuando la población existente y el acceso al lugar lo permitieran; al llegar al lugar se definió un transecto para moverse de 2 a 3 minutos de latitud y de 4 a 5 de longitud, a cada 10 o 12 segundos de latitud y longitud se muestreó el árbol encontrado. En algunas localidades como los municipios de Veracruz, Tuxtepec, Misantla, Cerro Azul, Tuxtepec, Hueytamalco, Ciudad Victoria, Soconusco, Centro de Chiapas, Calendaría y Hopelchen, el transecto se hizo con una variación de hasta un grado de latitud, ya que los individuos estaban a mayor distancia entre sí.

La intensidad de muestreo, esto es, la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, se calculó por:

$$f = (n/N) 100$$

Donde:

- $f$  = Intensidad de muestreo en porcentaje
- $n$  = Número de unidades de la muestra
- $N$  = Número de unidades de toda la población

Las variables dasométricas registradas en las poblaciones naturales fueron diámetro normal (DN) (cm), altura total (m), altura de fuste (m); presencia o ausencia de síntomas o signos de ataque por *Hypsipyla grandella*; ubicación de cada árbol en el sitio (latitud y longitud), altitud (m) y tipo de sitio (bosque

## MATERIALS AND METHODS

The populations were located considering the distribution proposed by Pennington and Sarukhán (2005) for *Cedrela odorata*, and the data from collection forms consulted at the MEXU National Herbarium, of the Institute of Biology of the National Autonomous University of Mexico (UNAM). The coordinates of each population were registered in each site, by using a Global Positioning System (GPS) with a precision of less than 10 m, and were then introduced into a ArcView 3.2 Geographical Information System (ESRI, 1999). In order to determine spatial and political frontiers, a vector map of the Mexico taken from the ESRI database (1999) was used.

Field data were obtained from 67 sites located in the following states: Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Oaxaca, Chiapas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán and Quintana Roo. Rectangular sampling units were delimited. The sampling method was entirely random, considering up to 30 individuals per site, when the existing population and access to the site allowed it. After arriving at the site, a transect for moving from 2 to 3 minutes of latitude, and from 4 to 5 of longitude was traced, and every 10 or 12 seconds of latitude and longitude, the tree that was found was sampled. In some places, such as the municipalities of Veracruz, Tuxtepec, Misantla, Cerro Azul, Tuxtepec, Hueytamalco, Ciudad Victoria, Soconusco, Centro de Chiapas, Calendaría and Hopelchen, the transect was traced with a variation of up to one degree of latitude, since the individuals were more distant from each other.

The sampling intensity, that is, the percentage of sampling surface in relation to the total surface, was calculated using the following formula:

$$f = (n/N) 100$$

Where:

- $f$  = Sampling intensity (percentage)
- $n$  = Number of sample units
- $N$  = Number of units of the entire population

The dasometric variables registered in the natural populations were: normal diameter (DN) (cm), total height (m), shaft height (m), recurrence or absence of signs of attack by *Hypsipyla grandella*; tree location within the site (latitude and longitude), altitude (m), and site type (natural forest, backyard, urban area, plantation, or agroforestry system).

For the analysis of mensuration variables, a two-stage nested experimental design with fixed effects (Montgomery, 1991) was used. The existence of significant differences ( $p < 0.05$ ) among

natural, traspatio, zona urbana, plantaciones o en sistemas agrosilvopastoriles).

Para el análisis de las variables dasométricas se utilizó un diseño experimental anidado de dos etapas con efectos fijos (Montgomery, 1991). Se evaluó la existencia de diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre municipios dentro de los estados y entre estados. Se usó el siguiente modelo estadístico lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + M_{(j|i)} + \epsilon_{(ijk)} \quad \begin{cases} k = 1, 2, \dots, 30 \\ j = 1, \dots, 4 \\ i = 15 \end{cases}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$ : Variable respuesta del  $k$ -ésimo árbol en el  $j$ -ésimo municipio anidado en el  $i$ -ésimo estado.
- $\mu$ : Efecto de la media general.
- $E_i$ : Efecto de la  $i$ -ésimo estado.
- $M_{(j|i)}$ : Efecto del  $j$ -ésimo municipio anidado en el  $i$ -ésimo estado.
- $\epsilon_{(ijk)} \sim_{NID} (0, \sigma^2)$  = Error aleatorio.

Para determinar los grupos homogéneos de municipios dentro cada estado y a nivel estatal, se realizó la comparación de medias por el método de Tukey. Todos los análisis se hicieron con el paquete estadístico JMP versión 5 (Sall *et al.*, 2005).

### Porcentaje de daño de *H. grandella*

En cada sitio se contaron el número de árboles con presencia o ausencia del barrenador por separado, se obtuvo el total de árboles y se transformó al porcentaje de árboles dañados por el lepidóptero.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El total de árboles muestreados fue de 979, distribuidos en 67 sitios de 15 estados (Figura 1).

### Características de los sitios donde se ubica el cedro en México

En Sinaloa, el cedro se observó en su extremo norte, en el ejido "Los Pozos" del municipio Choix a 26°56' de latitud norte y a una altitud de 488 m (Figura 1), latitud que coincide con el límite norte referido por Cintron (1990). En el municipio Concordia destaca que se localizaron poblaciones de cedro en un intervalo altitudinal de 1,650 a 2,034 m (23°34'40" N, 105°56'21" W).

municipalities inside states, and among states was assessed and the following linear statistical model was used:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + M_{(j|i)} + \epsilon_{(ijk)} \quad \begin{cases} k = 1, 2, \dots, 30 \\ j = 1, \dots, 4 \\ i = 15 \end{cases}$$

Where:

- $Y_{ijk}$ : Response variable of the  $k$ -eth tree in the  $j$ -eth municipality nested in the  $i$ -eth state.
- $\mu$ : Effect of the general mean
- $E_i$ : Effect of the  $i$ -eth state
- $M_{(j|i)}$ : Effect of the  $j$ -eth municipality nested in the  $i$ -eth state
- $\epsilon_{(ijk)} \sim_{NID} (0, \sigma^2)$  = Random error.

In order to determine the homogeneous municipality groups within each state and at state level, we carried out a mean comparison, following Tukey's method. Every analysis was done using the JMP statistics package, version 5 (Sall *et al.*, 2005).

### Damage percentage of *H. grandella*

In each site, the trees both attacked and free from the shoot borer were counted separately, the total amount of trees was obtained, and then the percentage of trees damaged by the Lepidoptera was calculated.

## RESULTS AND DISCUSSION

The total amount of sampled trees was 979, which were distributed in 67 sites from 15 states (Figure 1).

### Characteristics of sites where cedar is located in Mexico

In Sinaloa, the cedar was observed in the northern extreme, in the ejido "Los Pozos", located in the municipality of Choix, at 26°56' northern latitude and at an altitude of 488 (Figure 1). This latitude matches the northern limit mentioned by Cintron (1990). In the municipality of Concordia, we should point out that we found cedar populations in an altitude interval ranging from 1,650 to 2,034 m (23°34'40" N 105°56'21" W). The maximum altitude for cedar reported by Cintron (1990) is 1,200 m. However, in the species description, Linné (1768) mentions that it can be found at up to 1,700 masl. This research found populations at higher altitudes. In the territory of Sinaloa, it is associated with the vegetation that is characteristic of climates such as

La altitud máxima que informa Cintron (1990) para el cedro es de 1,200 m, pero en la descripción de la especie Linné (1768) menciona que llega a 1,700 msnm. En esta investigación se consignan poblaciones en altitudes mayores. En el territorio sinaloense se asocia con vegetación propia del clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano y templado subhúmedo, con lluvias en verano; algunos taxa con los que se asocia son *Pinus herrerae* Martínez, *Pinus douglasiana* Martínez, *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham., *Arbutus unedo* L. y *Salvia mexicana* L.

Los recorridos de campo realizados en la sierra Gorda (Querétaro) y en la Huasteca de San Luis Potosí hicieron posible el reconocimiento de las poblaciones de cedro rojo en el bosque tropical, ecosistema que está afectado, principalmente, por deforestación y cambio de uso de suelo, por lo que existe una fragmentación del paisaje. Se detectaron, además, árboles de cedro rojo en dos ambientes distintos: en los fragmentos de la vegetación natural y en ambientes modificados por el hombre (poblados, zonas de cultivo, ganadería y a orilla de carreteras).

warm sub-humid with summer rains and temperate sub-humid with summer rains; it has been associated with taxa such as *Pinus herrerae* Martínez, *Pinus douglasiana* Martínez, *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Cham., *Arbutus unedo* L., and *Salvia mexicana* L.

The field trips to the sierra Gorda (Querétaro) and the Huasteca of San Luis Potosí made it possible to acknowledge the state of the populations of red cedar in rainforests; the latter ecosystems have been mainly affected by deforestation and changes in land use, which is why landscape fragmentation is observed. Red cedar trees were found in two different environments: in the fragments of natural vegetation and in human-modified environments (populations, farmlands and roadsides).

While descending the Moctezuma river canyon, from an altitude of 1,289 m, at 21°10'38" N 99°09'27" W, in the locality of Tilaco, Querétaro state, isolated cedar trees over the mountainside were observed, which showed heights that did not exceed 9 m, and diameters below 28 cm, sorted among trees from other genus usually found in temperate rainforests, such as *Pinus*, *Quercus* and *Juglans*. Both in Jalpa, at an altitude

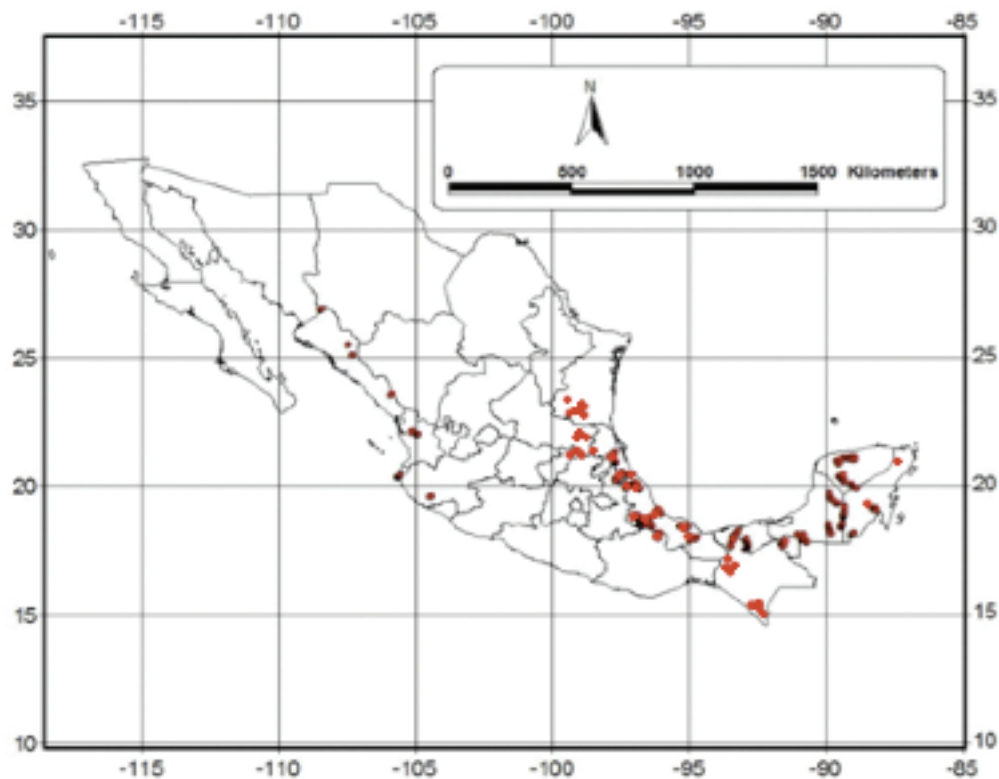


Figura 1. Ubicación de los sitios analizados de *Cedrela odorata* L. en la república mexicana.  
 Figure 1. Location of the analyzed sites of *Cedrela odorata* L. inside the Mexican republic.

Al descender el cañón del río Moctezuma, desde una altitud de 1,289 m y 21°10'38" N, 99°09'27" O en la localidad de Tilaco, Querétaro se observaron árboles aislados de cedro sobre la ladera de la montaña, los cuales registraron alturas no mayores a 9 m y diámetros menores a 28 cm, que estaban mezclados con géneros propios del bosque templado como *Pinus*, *Quercus* y *Juglans*. Tanto en Jalpa a 1,042 msnm (21°13'39" N 99°16'47" O), como en Tangojón a 451 msnm (21°09'35" N 99°06'33" O) los árboles miden hasta 20 m y 80 cm de DN.

En la depresión central las poblaciones de la sierra Gorda de Querétaro se observó la presencia del ataque de barrenador en 50 y 100% de los árboles muestreados (Cuadro 1); en algunos de estos existieron larvas dentro las ramas. En los recorridos por el bosque tropical se detectó que las poblaciones naturales de cedro están afectadas por la conjunción de varios factores: el cambio de uso del suelo y la explotación comercial; por lo que los individuos son muy ramificados. Los pobladores de la zona tienen interés por aprender cómo proteger y propagar la especie, ya que advierten que sus poblaciones naturales están desapareciendo.

En la vertiente del Golfo y la Península de Yucatán se identificó *C. odorata* en Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y Chiapas asociada con diversas especies: *Mangifera indica* L., *Swietenia macrophylla* King, *Cocos nucifera* L., *Prunus amygdalus* L., *Guasuma ulmifolia* Lam., *Annona muricata* L., *Citrus limon* L., *Citrus sinensis* L., *Coffea* spp. y *Gmelina arborea* Roxb.

También se consignó dentro y a la orilla de potreros y en ranchos, donde convive con *Cordia alliodora* Ruiz & Pav., taxon no maderable; *Gliricidia maculata* Kunth ex Walp. (cocuite, árbol de uso medicinal); *Persea americana* Mill., *Tabebuia* sp., *Quercus robur* L., *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *Tamarindus indica* L., *Casimiroa edulis* Llave et Lex, *Ficus elastica* Roxb, *Erythrina americana* Dryand. Mill., (árbol de frutos comestibles) y *Bursera simaruba* (L.) Sarg., taxon que coincide con la distribución del cedro. Un tercer ambiente en el que se observaron ejemplares de cedro incluyeron camellones, plazas y parques, o en las orillas de las carreteras.

Cabe mencionar que en la Península de Yucatán, los individuos de *C. odorata* han desaparecido prácticamente de los bosques naturales, y los pocos individuos que permanecen tienen fustes muy bifurcados.

Por otra parte, en plantaciones monoespecíficas de cedro los individuos muestran alta bifurcación de sus fustes, y en sistemas agrosilvícolas disminuye, en gran medida, el daño por el barrenador, lo cual también ha sido documentado por un gran número de autores (Navarro *et al.*, 2004; Plath *et al.*, 2011; López *et al.*, 2011).

of 1,042 masl (21°13'39" N 99°16'47" W) and in Tangojón, at an altitude of 451 masl (21°09'35" N 99°06'33" W), trees can reach a height of 20 m, and a DN of 80 cm.

In the central depression, in the populations of the Sierra Gorda of Querétaro state, the recurrence of attack of the shoot borer in 50 to 100% of the sampled trees was observed (Table 1). Some of these even showed larvae inside their branches. During the trips to the rainforest, it was found that natural populations of cedar within the region are affected by a combination of factors, such as land use change and commercial exploitation, which explains why trees develop more branches. The inhabitants of the area are interested in learning how to protect and propagate the species, since they realize its natural populations are disappearing.

In the surroundings of rivers that empty into the Gulf and in the Yucatán Peninsula, the presence of cedar was registered in Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, and Chiapas, associated to such species as: *Mangifera indica* L., *Swietenia macrophylla* King, *Cocos nucifera* L., *Prunus amygdalus* L., *Guasuma ulmifolia* Lam., *Annona muricata* L., *Citrus limon* L., *Citrus sinensis* L., *Coffea* spp. and *Gmelina arborea* Roxb.

Cedar was also found within and around pasture fields and ranches, associated with *Cordia alliodora* Ruiz & Pav., a non-timber species; cocuite (*Gliricidia maculata* Kunth ex Walp., medicinal plant); *Persea americana* Mill., *Tabebuia* sp., *Quercus robur* L., *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *Tamarindus indica* L., *Casimiroa edulis* Llave et Lex, *Ficus elastica* Roxb, *Erythrina americana* Dryand. Mill., edible fruit bearing tree, and *Bursera simaruba* (L.) Sarg., taxon that is consistent with the distribution of cedar. A third environment in which cedar individuals have been found, are medians, squares and parks, as well as sides of roads.

It should be pointed out that *C. odorata* individuals have practically disappeared in natural forests in the Yucatán Peninsula, and those few left have quite bifurcated shafts.

On the other hand, monospecific cedar plantations show high bifurcation of shafts, whereas in agroforestry systems the damage caused by the shoot borer greatly decreases. This has also been documented by other authors (Navarro *et al.*, 2004; Plath *et al.*, 2011; López *et al.*, 2011).

Another relevant aspect is the existence of *Chrysobothris yucatanensis* Van Dyke, a stem borer that causes severe damages in commercial cedar plantations. García and Rodríguez (2010) report that the incidence of this plague in plantations can reach up to 43%, and causes the death of up to 45% of cedar seedlings; in adult individuals, the average percentage of damaged timber is estimated to be 21.62%, and the highest being 42.98%, which practically represents half the best timber during the first logging.

Otro aspecto relevante es la existencia de *Chrysobothris yucatanensis* Van Dyke, un barrenador del tallo que provoca daños severos en plantaciones comerciales de cedro. García y Rodríguez (2010) citan que la incidencia de esta plaga en plantaciones alcanza 43%, y causa la muerte de las plántulas de cedro hasta 45%, y en plantas adultas el porcentaje promedio de madera dañada se estimó en 21.62%, con valores máximos de 42.98%, lo cual representa prácticamente la mitad de la mejor madera en la primera troza.

### Ataque de *H. grandella*

*Hypsipyla grandella* se identificó en todas las poblaciones analizadas, con porcentajes de infestación desde 2% hasta 100 %, con un promedio de 80.5 % que puede explicarse por el efecto atrayente ejercido sobre el lepidóptero por los aceites que produce la planta, los cuales contienen diferentes tipos y concentraciones de terpenoides (De Paula *et al.*, 1997; Gomes *et al.*, 2010; Soares *et al.*, 2003). Lo anterior muestra que la variabilidad genética de la especie incluye la diversidad de terpenoides, que a su vez influye en el ataque del barrenador (Cuadro 1).

En el estudio que aquí se documenta, se determinaron varios sitios en donde los árboles muestreados tuvieron porcentajes bajos (9 y 22%) de ataque del barrenador (La Huasteca de San Luis Potosí, Tamaulipas, Xilitla, Tamazunchale, Cd. Valles y Tamuín), en otras dos localidades interesantes, el ataque del insecto varió entre 33 y 36%: Tantoyuca y Coyutla en Veracruz. Los árboles de esos sitios debiesen estudiarse en cuanto a contenido y tipos de terpenoides, y compararlos con los ejemplares en los que se cuantificó un ataque de 100%.

### Dasometría

Altura total. El análisis de varianza determinó la existencia de diferencias significativas entre estados y municipios; así como, dentro de los estados para esta variable (Cuadro 2); lo anterior evidencia la gran variabilidad de la altura total de los árboles de cedro, que se atribuye a diversos factores, entre ellos la edad de los árboles, el ataque de *H. grandella* y la variabilidad genética de la especie.

La prueba de Tukey entre estados identificó diferencias significativas con siete grupos (Cuadro 3). Sobresalen las localidades ubicadas en Jalisco, Nayarit, Veracruz, Puebla y Oaxaca, por presentar las medias de altura más elevadas. Los árboles son en promedio menores a los 20 m., lo que indica que está siendo severamente mermada la población de individuos adultos, ya que dichas tallas corresponden a edades de 16 a 28 años (García *et al.*, 2007). Pennington y Sarukhán (2005) citan árboles de hasta 35 m de alto.

### Attack by *H. grandella*

*Hypsipyla grandella* was not found in all of the analyzed populations. Infestation rates ranged from 2 to 100%, the average being 80.5%, which might be explained by the attraction of this Lepidoptera through the production of oils containing different concentrations and types of terpenoids (De Paula *et al.*, 1997; Gomes *et al.*, 2010; Soares *et al.*, 2003). This shows that the genetic variability of the species includes diversity of terpenoids, which influences the attack of the shoot borer (Table 1).

In the study hereby documented, several sites where sampled trees showed a low percentage (9 and 22%) of attack by shoot borers were determined (La Huasteca de San Luis Potosí, Tamaulipas, Xilitla, Tamazunchale, Cd. Valles and Tamuín). In three other sites, the attack of the insect interestingly ranged from 33 to 36% (Tantoyuca and Coyutla in Veracruz). The trees from these sites should be studied in terms of content and types of terpenoids, and compared to those of trees in which the attack percentage was 100%.

### Mensuration

Total height. The variance analysis determined the existence of significant total height differences among states and municipalities, as well as within states (Table 2). This shows the great height variability of cedar trees, which has been attributed to diverse factors, such as tree age, the attack of *H. grandella*, and the genetic variability of the species.

Tukey's test applied among states showed significant differences and seven groups (Table 3). The localities located in Jalisco, Nayarit, Veracruz, Puebla, and Oaxaca stand out, because they showed the highest height means. The average tree height is below 20 m, which indicates that the population of adult individuals is being severely reduced, because such measures correspond to individuals 16 to 28 years old (García *et al.*, 2007). Pennington and Sarukhán (2005) report the presence of 35 m tall trees.

Tukey's test applied among municipalities within a single state showed significant differences and ten groups for total height (Table 4). In the current research, the maximum numbers registered were 42 m of total height and 104 cm in diameter, in the state of Nayarit (22°00'48" N 104°53'58" W); however, the average total height in this site was 19.97 m, since 49% of the trees of the population was over 20 m high.

In Cabo Corrientes, 59% of individuals were between 20 to 32 m tall, and in Tezonapa, 50% were between 20 to 28 m tall. Cabo Corrientes, Nayarit, Culiacán, Soconusco, Hueytamalco, Coyutla and Catemaco had individuals over 30 m tall.

Cuadro 1. Porcentaje de árboles de cedro con daño por *Hypsipyla grandella* Zeller en las diferentes poblaciones naturales estudiadas.  
 Table 1. Percentage of cedar trees attacked by *Hypsipyla grandella* Zeller in the different natural populations studied.

Estado	Municipio	Total de árboles	Árboles dañados	(%)
Sinaloa	Choix	20	18	90
	Badiraguato	26	21	81
	Culiacán	18	13	72
	Concordia	21	16	76
Nayarit	Rosa Morada	15	13	87
	Ruiz	21	15	71
Jalisco	Cabo Corrientes	21	15	71
	Casimiro Castillo	7	6	86
Oaxaca	Tuxtepec	30	29	93
	Soconusco	21	17	81
Chiapas	Centro de Chiapas	19	16	84
Puebla	Hueytamalco	30	29	97
Hidalgo	Huejutla	10	7	70
	Tezonapa	30	24	80
Veracruz	Omealca	30	29	97
	Tierra Blanca	30	28	93
	Veracruz	30	27	90
	Córdoba	30	24	80
	Los Tuxtlas	30	27	90
	Catemaco	30	27	90
	Acayucan	30	29	97
	Martínez de la Torre	30	27	93
	Misantla	30	27	93
	Cerro Azul	30	30	100
	Poza Rica	30	30	100
	Coyutla	30	11	36
	Tantoyuca	15	5	33
	Balancán	30	30	100
	Tabasco	Villahermosa	30	30
Cárdenas		30	30	100
Candelaria		21	18	86
Campeche	Calakmul	23	20	97
	Hopelchen	21	15	71
Yucatán	Norte de Yucatán	20	19	95
	Sur de Yucatán	20	16	80
Quintana Roo	Noh Bec	22	17	77
	Tres Garantías	15	15	100
	Jalpan	19	19	100
Querétaro	Tangojón	8	4	50
	Tilaco	11	7	64
San Luis Potosí	Xilitla	22	2	9
Tamaulipas	Ciudad Victoria	23	5	22



Cuadro 2. Análisis de varianza para la altura total de *Cedrela odorata* L.Table 2. Variance analysis of total height of *Cedrela odorata* L.

Fuente de variación	GL	SCM	CM	F	P
Modelo	34	8402.03	247.12	12.23	<.0001
Error	945	19090.39	20.20		
Total	979	27492.42			
Municipio x Estado	14	6870.29	490.74	24.29	<.0001
Estado	20	1313.50	65.68	3.25	<.0001

GL= grados de libertad; SCM = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; F = F de Fisher  
 GL= degrees of freedom; SCM = mean square sum; CM = mean square; F = Fisher's F distribution

Cuadro 3. Grupos generados de acuerdo a la prueba de Tukey, a nivel de estado, para la variable altura total.

Table 3. Groups generated according to Tukey's test, at state level, for measuring total height.

Estado	Significancia*						Media
Jalisco	a						20.56
Nayarit	a						19.35
Veracruz	a	b	c				17.11
Puebla	a	b	c	d			16.85
Oaxaca	a	b	c	d			16.69
Tabasco		b	c	d			15.92
Sinaloa			c	d	e		14.45
San Luis Potosí			c	d	e	f	13.95
Hidalgo			c	d	e	f	13.90
Chiapas				d	e	f	13.65
Querétaro				d	e	f	13.19
Tamaulipas					e	f	11.69
Campeche						f	11.20
Quintana Roo						f	10.53
Yucatán						g	9.12

\*Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes ( $\alpha = 0.05$ )

\*Level non connected by the same letter are significantly different ( $\alpha = 0.05$ )

La prueba de Tukey entre municipios de un mismo estado identificó diferencias significativas y 10 grupos para la variable altura total (Cuadro 4). En este trabajo se registró un máximo de altura total de 42 m y 104 cm de diámetro, en el estado de Nayarit (22°00'48" N, 104°53'58" W); aunque el promedio en ese sitio fue de 19.97 m, puesto que 49% de los árboles de la población superaba los 20 m.

En Cabo Corrientes 59 % de los individuos medía entre 20 y 32 m y en Tezonapa 50% de 20 a 28 m. Las localidades de Cabo Corrientes, Nayarit, Culiacán, Soconusco, Hueytamalco, Coyutla y Catemaco tuvieron ejemplares con alturas mayores a 30 m.



When graphing residues against predicted total height, we observed a random distribution, which indicates that the suppositions of the model are adequate (figures 2 and 3).

The variance analysis for shaft height allowed us to observe the existence of significant differences among states and municipalities, as well as within states (Table 5). In this regard, Tukey's test showed significant differences and four groups.

The most outstanding states, in terms of shaft height, were Jalisco and Sinaloa, even though the former showed 83% of individuals attacked by shoot borers, and the latter, 79.8%. Meanwhile, in San Luis Potosí and Tamaulipas, the attack per cent was considerably low (9 and 22%, respectively), and the shaft height medians were 4.33 and 3.79 m, respectively. Therefore, the presence of the shoot borer was considered to impact the shaft height.

Cuadro 4. Grupos generados para la variable altura total de acuerdo a la prueba de Tukey a nivel de municipio dentro del estado de *Cedrela odorata* L.

Table 4. Groups generated for the total height variable, according to Tukey's test, in municipalities within a state, for *Cedrela odorata* L.

Estado y Municipio	Significancia*	Media
[JAL] Cabo Corrientes	a	20.55
[VER] Tezonapa	a b	20.05
[VER] Catemaco	a b	19.97
[NAY] Nayarit	a b c	19.35
[VER] Misantla	a b c d	18.36
[VER] Coyutla	a b c d	18.18
[VER] Martínez de La Torre	a b c d	17.98
[VER] Córdoba	a b c d	17.97
[SIN] Culiacán	a b c d	17.90
[VER] Omealca	a b c d e	17.19
[VER] Acayucán	a b c d e	16.96
[VER] Poza Rica	a b c d e	16.91
[PUE] Hueytamalco	a b c d e	16.86
[OAX] Tuxtepec	a b c d e	16.69
[TAB] Balancán	a b c d e	16.64
[VER] Los Tuxtlas (S. A. Tuxtla, S. Martha, S. M. Pajapan)	a b c d e f	16.44
[VER] Cerro Azul	a b c d e f	16.07
[TAB] Villa Hermosa	b c d e f	15.95
[TAB] Cárdenas	c d e f	15.18
[CHIS] Soconusco (Tapachula, Mazatán, Huixtla, Villa Comaltitlán, Acapetahua, Mapastepec)	c d e f	15.15
[VER] Veracruz	c d e f g	14.99
[SIN] Choix	c d e f g h i	14.93
[VER] Tierra Blanca	c d e f g h i	14.71
[SIN] Concordia	c d e f g h i	13.97
[SLP] Huasteca (Xilitla, Tamazunchale, Cd. Valles, Tamuin)	c d e f g h i j	13.95
[HGO] Hidalgo	c d e f g h i j	13.90
[QRO] Jalpan	c d e f g h i j	13.85
[VER] Tantoyuca	d e f g h i j	13.80
[QRO] Tilaco	d e f g h i j	13.23
[SIN] Badiraguato	d e f g h i j	12.86
[QRO] Tingojó	d e f g h i j	12.50
[CHIS] Centro de Chiapas (V. Carranza, N. Ruiz, Alcalá, Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez, Berriozabal)	e f g h i j	12.16
[TAM] (Cd. Victoria, Jaumave, Ocampo, Cd. Mante)	f g h i j	11.70
[CAM] Candelaria, Calakmul y Hopelchen	g h i j	11.20
[QROO] Noh Bec y Tres Garantías	h i j	10.53
[YUC] Sur (Oxkutzcab, Tekax, Tzucacab, Peto)	i j	9.60
[YUC] Norte (Tizimin, Panaba, Rio Lagartos, San Felipe)	j	8.65

\*Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes ( $\alpha = 0.05$ )

\*\*Levels non connected by the same letter are significantly different  $\alpha = 0.05$

SIN = Sinaloa; JAL = Jalisco; VER = Veracruz; NAY = Nayarit; OAX = Oaxaca; SLP = San Luis Potosí; HGO = Hidalgo; PUE = Puebla; TAM = Tamaulipas; CAM = Campeche; QROO = Quintana Roo; CHIS = Chiapas; TAB = Tabasco; QRO = Querétaro; YUC = Yucatán.

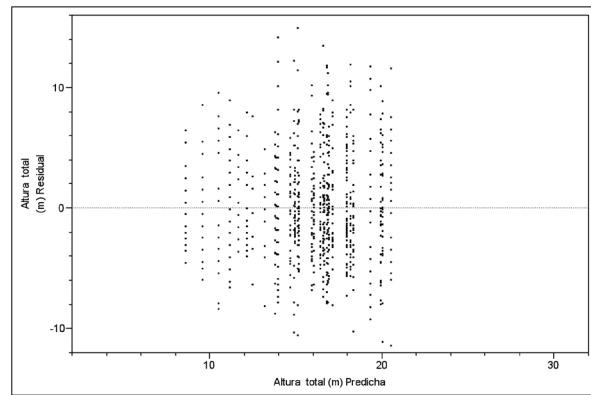


Figura 2. Dispersión de residuales para la variable altura total de *Cedrela odorata* L.

Figure 2. Dispersion of residuals for total height of *Cedrela odorata* L.

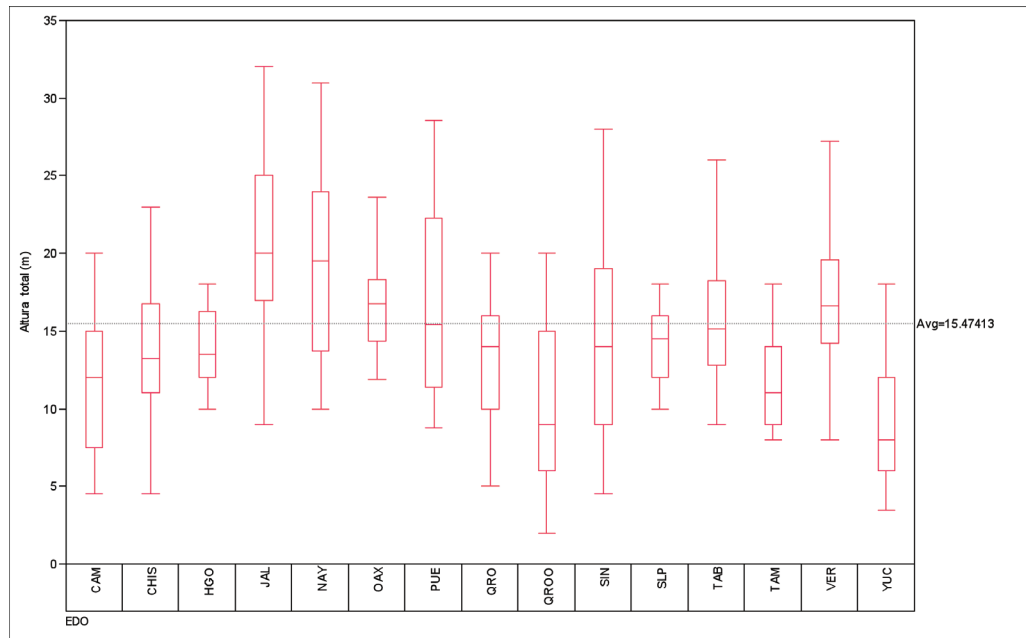


Figura 3. Diagramas de caja de variabilidad en la altura total de *Cedrela odorata* L.

Figure 3. Box plot of variability of total height of *Cedrela odorata* L.

Al graficar los residuos contra la altura total predicha se observa una distribución aleatoria, indicativa de que los supuestos del modelo son los adecuados (figuras 2 y 3).

El análisis de varianza para altura de fuste permitió observar la existencia de diferencias significativas entre estados y municipios, así como dentro de los estados (Cuadro 5). Al respecto, la prueba de Tukey identificó diferencias significativas y cuatro grupos (Cuadro 6).

Tukey's test showed significant differences between the municipalities of a single state for the shaft height variable, and the integration of six groups (Table 7). The first included Culiacán and Cabo Corrientes, with a median of over 8 m that coincides with a moderate percentage of attack from the shoot borer: 72 and 71%, respectively. In the case of Nayarit, however, where 71% of Lepidoptera attack was also observed, the shaft height was only 4.91 m.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la altura del fuste de *Cedrela odorata* L.  
Table 5. Variance analysis for shaft height of *Cedrela odorata* L.

Fuente de variación	GL	SCM	CM	F	P
Modelo	34	1,181.00	34.74	7.51	<.0001
Error	946	4,377.89	4.63		
Total corregido	980	5,558.89			
Municipio [estado]	20	1,69.40	8.47	1.83	<.0001
Estado	14	958.40	68.46	14.79	<.0001

GL= grados de libertad; SCM = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; F = F de Fisher  
GL= degrees of freedom; SCM = mean square sum; CM = mean square; F = Fisher's F distribution

Cuadro 6. Grupos generados de acuerdo a la prueba de Tukey a nivel de estado, para la variable altura del fuste de *Cedrela odorata* L.

Table 6. Groups generated by Tukey's test at state level for shaft height of *Cedrela odorata* L.

Estado	Significancia*	Media
Jalisco	a	8.08
Sinaloa	b	5.43
Nayarit	b c	4.94
Oaxaca	b c	4.87
San Luis Potosí	b c d	4.33
Veracruz	b c d	4.29
Hidalgo	b c d	4.03
Puebla	b c d	3.95
Tamaulipas	b c d	3.79
Campeche	c d	3.52
Quintana Roo	c d	3.42
Tabasco	d	3.16
Chiapas	d	3.10
Querétaro	d	2.45
Yucatán	d	2.43

\*Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes. ( $\alpha = 0.05$ )

\*\*Levels non connected by the same letter are significantly different ( $\alpha = 0.05$ )

Los estados más sobresalientes por la altura del fuste fueron Jalisco y Sinaloa a pesar de que el primero tuvo en promedio 83% de ataque del barrenador, y la segunda entidad de 79.8%; mientras que, en San Luis Potosí y Tamaulipas el ataque fue muy bajo (9 y 22%), las medias de altura de fuste fueron de 4.33 y 3.79 m, respectivamente. Por lo que la presencia de *H. grandella* se consideró que incide en la altura del fuste.

Mediante la prueba de Tukey se determinaron diferencias significativas entre municipios de un estado para la variable altura de fuste, con la integración de seis grupos (Cuadro 7). El primero incluyó a Culiacán y Cabo Corrientes, con una media superior a 8 m, y coincidió con un porcentaje moderado del ataque del barrenador: 72 y 71%, respectivamente. Aunque, en el caso de Nayarit, en donde también se obtuvo 71% de ataque por el lepidóptero, la altura del fuste alcanzó solo 4.91m.

Nine percent of the trees found in the localities of Xilitla, Tamazunchale, Cd. Valles, and Tamuin, in San Luis Potosí, showed damages caused by shoot borers, as well as 22% of the group represented by Jaumave, Ocampo and Ciudad Mante, in Tamaulipas. These numbers seem to be low, but become significant when we consider that shafts were 4.33 m high in the former, and 3.79 m for the latter, which were quite low in comparison to the heights found in Culiacán and Cabo Corrientes, although the attack percentage is more intense.

When this information is compared with the percentage of absence of shoot borer attack (16%) (Table 1), it becomes evident that the study data here described are similar to those reported by Newton *et al.* (1998), since only 6% of the trees not attacked by shoot borers exceeded 3 m in height.

El arbolado presente en las localidades de Xilitla, Tamazunchale, Cd. Valles y Tamuín en San Luis Potosí mostraba daños por barrenador en 9%, y en las localidades de Tamaulipas: Jaumave, Ocampo y Cd. Mante 22% estuvo afectado por dicho insecto. Este porcentaje en apariencia es bajo, pero resulta importante si se considera que los fustes median 4.33 m en los sitios del primer estado y 3.79 m en los del segundo; alturas muy inferiores a las de Culiacán y Cabo Corrientes, a pesar de que el ataque es mucho más intenso.

Al comparar esta información y el porcentaje de no incidencia del barrenador (16%) (Cuadro 1) es evidente que los datos del estudio que se describe son similares a los generados por Newton et al. (1998), ya que solo 6% de sus árboles sin ataque por el barrenador sobrepasaron la altura de 3 m.

Al graficar los residuos contra la altura del fuste predicha se aprecia una distribución aleatoria (figuras 4 y 5), lo cual indica que los supuestos del modelo no son violados. Sin embargo, los sitios en Querétaro tuvieron un posible valor atípico (Figura 5).

Diámetro normal. El análisis de varianza determinó la existencia de diferencias significativas entre estados y municipios, y dentro de los estados (Cuadro 7). La diferencia significativa del DN entre estados refleja cómo los programas gubernamentales están tratando de parar el cambio del uso de suelo y la extracción de esta especie.

Las localidades ubicadas en San Luis Potosí, Chiapas, Veracruz y Querétaro forman el grupo con los diámetros más grandes (52-61 cm), 50% inferiores a los que Pennington y Sarukhán (2005) documentan. En los sitios de Quintana Roo y Sinaloa solo se registraron árboles jóvenes, lo que sugiere una fuerte extracción de la especie.

When residues are graphed against the predicted shaft height, a random distribution is observed (figures 4 and 5), which indicates that the suppositions of the model are not violated. However, the sites in Querétaro showed a possible atypical value (Figure 5).

Normal diameter (DN). The variance analysis determined the existence of significant differences among states and municipalities, as well as within states (Table 7). The significant difference of DN among states reflects how government programs are trying to stop the change in land use and the extraction of this species.

The localities of San Luis Potosí, Chiapas, Veracruz, and Querétaro make up the group with the largest diameters (52-61 cm), 51% below those documented by Pennington and Sarukhán (2005). In the sites in Quintana Roo and Sinaloa, only young trees were found, which suggests that there is an intense extraction of the species.

The states that had trees with larger diameters were different to those where individuals whose total heights and shaft heights were outstanding. Tukey's test for DN among states showed significant differences, and led to the integration of four groups (Table 8); the same happened for DN at municipality level within each state, in which case 10 groups were formed (Table 9).

Table 10 records all groups with considerably low DNs, since the highest values corresponded to the trees in Catemaco (68.24 cm) and Córdoba (65.3 cm); however, these values are 50% lower than those registered by Pennington and Sarukhán (2005). This confirms that older individuals have already been extracted from their natural area, and those remaining are young, since they have grown in forests or other sites where they have been allowed.

Cuadro 7. Análisis de varianza para el DN de *Cedrela odorata* L.  
Table 7. Variance analysis of DN of *Cedrela odorata* L.

Fuente de variación	GL	SCM	CM	F	P
Modelo	34	129714.89	3815.14	11.51	<.0001
Error	946	313511.70	331.41		
Total corregido	980	443226.59			
Municipio [estado]	20	22317.64	1115.88	3.37	<.0001
Estado	14	97138.75	6938.48	20.94	<.0001

GL= grados de libertad; SCM = suma de cuadrados medios; CM = cuadrados medios; F = F de Fisher  
GL= degrees of freedom; SCM = mean square sum; CM = mean square; F = Fisher's F distribution



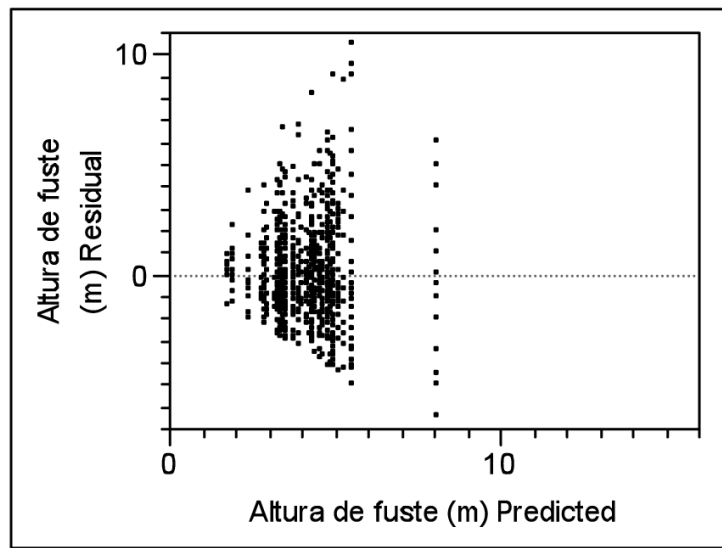


Figura 4. Dispersión de residuales para la variable altura del fuste de *Cedrela odorata* L.

Figure 4. Residual dispersion for shaft height of *Cedrela odorata* L.

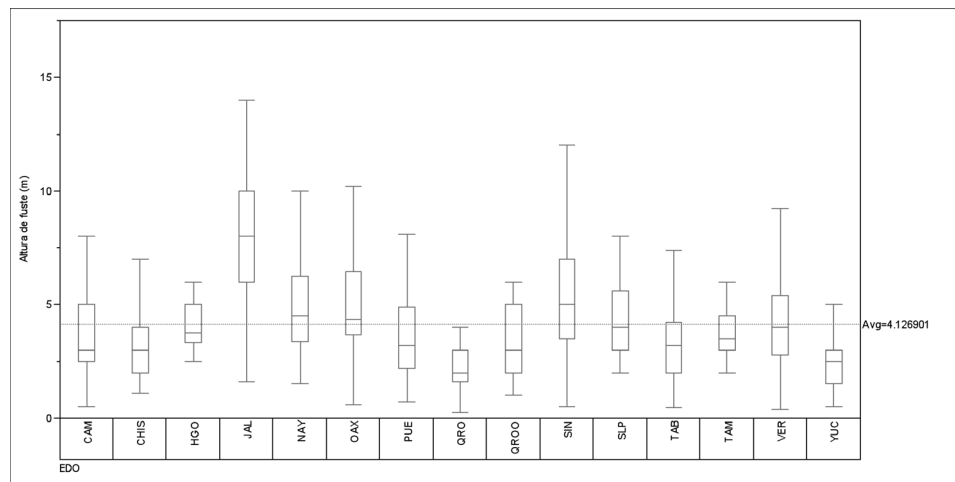


Figura 5. Diagramas de caja de variabilidad de la altura del fuste de *Cedrela odorata* L.

Figure 5. Box plot of variability of shaft height of *Cedrela odorata* L.

Los estados que presentaron los árboles con diámetros superiores fueron diferentes a aquellos individuos cuyas alturas totales y alturas de fustes resultaron sobresalientes. La prueba de Tukey para el DN entre estados mostró diferencias significativas e integró cuatro grupos (Cuadro 8); lo mismo que para el DN a nivel de municipio dentro de estados, en este caso se formaron 10 grupos (Cuadro 9).



When residuals are graphed against the predicted DN, a random distribution can be observed, which indicates that the suppositions of the model are not dramatically violated (figures 6 and 7).

Correlation. Correlations between total height vs. shaft height are summarized in Table 11; they are significant, but considerably low, and the correlation of total height vs. normal diameter and altitude signal a null evidence of normality at 5%, which corroborates that individuals of over 20 years have been

Cuadro 8. Grupos generados de acuerdo a la prueba de Tukey a nivel de municipio dentro de estado, para la variable altura del fuste.

Table 8. Groups generated following Tukey's test results at municipality level within a single state, for DN of *Cedrela odorata* L.

Estado y Municipio	Significancia*	Media
[SIN] Culiacán	a	8.64
[JAL] Cabo Corrientes	a	8.08
[SIN] Choix	b	5.55
[SIN] Concordia	b c	5.31
[VER] Misantla	b c	5.16
[VER] Córdoba	b c d	4.99
[NAY] Nayarit	b c d	4.94
[OAX] Tuxtepec	b c d	4.87
[VER] Acayucan	b c d	4.83
[VER] Catemaco	b c d	4.78
[VER] Los Tuxtlas(S. A. Tuxtla, S. Martha, S. M. Pajapan)	b c d e	4.63
[VER] Tierra Blanca	b c d e	4.56
[SIN] Badiraguato	b c d e	4.49
[VER] Tezonapa	b c d e	4.39
[SLP] Huasteca (Xilitla, Tamazunchale, Cd. Valles, Tamuin)	b c d e f	4.33
[VER] Martínez de la Torre	b c d e f	4.30
[VER] Tantoyuca	b c d e f	4.25
[VER] Coyutla	b c d e f	4.17
[HGO] Hidalgo	b c d e f	4.03
[PUE] Hueytamalco	b c d e f	3.95
[VER] Veracruz	b c d e f	3.80
[TAM] (Cd. Victoria, Jaumave, Ocampo, Cd. Mante)	b c d e f	3.79
[CAM] Candelaria, Calakmul y Hopelchen	c d e f	3.52
[VER] Poza Rica	c d e f	3.51
[QROO] Noh Bec y Tres Garantías	c d e f	3.42
[CHIS] Soconusco (Tapachula, Mazatán, Huixtla, Villa Comaltitlán, Acapetahua, Mapastepec)	c d e f	3.42
[VER] Cerro Azul	c d e f	3.34
[VER] Omealca	c d e f	3.32
[TAB] Balancán	c d e f	3.29
[TAB] Villa Hermosa	c d e f	3.28
[QRO] Tangojón	c d e f	3.24
[YUC] Sur (Oxkutzcab, Tekax, Tzucacab, Peto)	c d e f	2.96
[TAB] Cárdenas	d e f	2.91
[CHIS] Centro de Chiapas (V. Carranza, N. Ruiz, Alcalá, Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez, Berriozabal)	d e f	2.78
[QRO] Tilaco	d e f	2.38
[YUC] Norte (Tizimin, Panaba, Río Lagartos, San Felipe)	e f	1.91
[QRO] Jalpan	e f	1.74

\*Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes

\*\*\*Levels non connected by the same letter are significantly different ( $\alpha = 0.05$ )

SIN = Sinaloa; JAL = Jalisco; VER = Veracruz; NAY = Nayarit; OAX = Oaxaca; SLP = San Luis Potosí; HGO = Hidalgo; PUE = Puebla; TAM = Tamaulipas; CAM = Campeche; QROO = Quintana Roo; CHIS = Chiapas; TAB = Tabasco; QRO = Querétaro; YUC = Yucatán.



Cuadro 9. Grupos generados de acuerdo a la prueba de Tukey a nivel de estado, para la variable DN de *Cedrela odorata* L.  
 Table 9. Groups generated following Tukey's test results at state level, for DN of *Cedrela odorata* L.

Estado	Significancia*			Media
San Luis Potosí	a			61.03
Chiapas	a	b		53.84
Veracruz	a	b		53.40
Querétaro	a	b	c	52.15
Oaxaca	a	b	c	49.92
Puebla	a	b	c	48.53
Tamaulipas	a	b	c	48.47
Tabasco	a	b	c	47.26
Jalisco			c d	38.43
Nayarit			c d	37.91
Hidalgo			c d	32.90
Campeche			d	32.73
Yucatán			d	30.82
Quintana Roo			d	27.64
Sinaloa			d	25.26

\*Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes ( $\alpha = 0.05$ )

\*Levels non connected by the same letter are significantly different ( $\alpha = 0.05$ )

En el Cuadro 10 se consignan todos los grupos con un DN muy bajo, ya que los valores más altos correspondieron a los árboles de Catemaco (68.24 cm) y de Córdoba (65.3 cm); aunque con 50% por debajo de los valores de Pennington y Sarukhán (2005). Esto confirma que los ejemplares más maduros ya fueron extraídos de su área natural y que los remanentes son individuos jóvenes, ya que se desarrollan en el bosque o en los sitios donde se les ha permitido crecer.

Al graficar los residuales contra el DN que se predijo, se aprecia una distribución aleatoria, la cual indica que los supuestos del modelo no son violados drásticamente (figuras 6 y 7).

Correlación. Las correlaciones entre altura total vs. altura del fuste, se resumen en el Cuadro 11. Son significativas, pero muy bajas, y las de la altura total vs. diámetro normal y con la altitud señalan una evidencia nula de la normalidad a 5%, por lo que se corrobora que las poblaciones naturales se han extraído individuos con más de 20 años, ya que el promedio para altura total es de 15.5 m y 46.15 cm de diámetro normal (Pennington y Sarukhán, 2005; García *et al.*, 2007).

Para la altura del fuste la media nacional es de 4.14 m, que en parte es explicable por el daño que ejerce el barrenador a diferentes alturas del árbol; que, a su vez, conlleva a la modificación de la morfología de los ejemplares (Newton *et al.*, 1998).

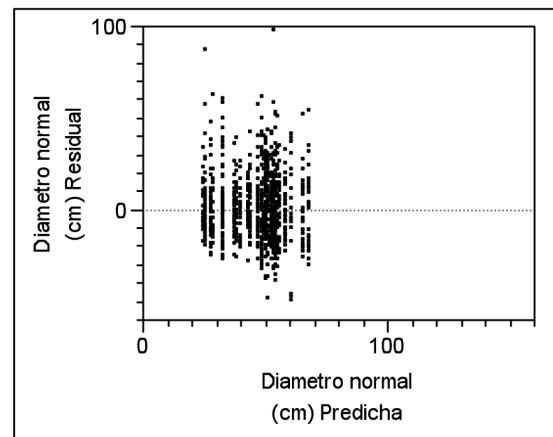


Figura 6. Dispersión de residuales para la variable DN de *Cedrela odorata* L.

Figure 6. Residuals dispersion for DN of *Cedrela odorata* L.

extracted from natural populations, since the average total height is 15.5 m and of the normal diameter is 46.15 cm (Pennington and Sarukhán, 2005; García *et al.*, 2007).

In the case of shaft height, the national average is 4.14 m, which can be mainly explained by the damage caused by the shoot





Cuadro 10. Grupos generados para la variable DN de acuerdo a la prueba de Tukey a nivel de municipio dentro de estado.  
 Table 10. Groups established for the variable DN, according to the results of Tukey's test, at municipality level, within each state.

Estado y Municipio	Significancia*	Media
[VER] Catemaco	a	68.25
[VER] Córdoba	a b	65.31
[SLP] Huasteca (Xilitla, Tamazunchale, Cd. Valles, Tamuin)	a b c	61.03
[VER] Martínez de La Torre	a b c	58.60
[VER] Cerro Azul	a b c d	56.18
[VER] Poza Rica	a b c d e	55.05
[QRO] Jalpan	a b c d e f	54.58
[CHIS] Soconusco (Tapachula, Mazatán, Huixtla, Villa Comaltitlán, Acapetahua, Mapastepec)	a b c d e f	54.17
[VER] Los Tuxtlas (S. A. Tuxtla, S. Martha, S. M. Pajapan)	a b c d e f	53.88
[CHIS] Centro de Chiapas (V. Carranza, N. Ruiz, Alcalá, Chiapa de Corzo, Tuxtla Gutiérrez, Berriozabal)	a b c d e f	53.50
[VER] Tezonapa	a b c d e f	53.14
[VER] Misantla	a b c d e f	52.99
[VER] Coyutla	a b c d e f	52.66
[QRO] Tilaco	a b c d e f g	51.08
[VER] Omealca	a b c d e f g	51.06
[QRO] Tangojón	a b c d e f g h i j	50.79
[TAB] Balancán	a b c d e f g h i j	50.56
[VER] Acayucán	a b c d e f g h i j	50.02
[OAX] Tuxtepec	a b c d e f g h i j	49.92
[PUE] Hueytamalco	a b c d e f g h i j	48.53
[TAM] (Cd. Victoria-Jaumave-Ocampo-Cd. Mante)	a b c d e f g h i j	48.47
[VER] Tantoyuca	a b c d e f g h i j	47.21
[TAB] Villa Hermosa	c d e f g h i j	46.86
[TAB] Cárdenas	c d e f g h i j	44.37
[VER] Veracruz	c d e f g h i j	42.94
[VER] Tierra Blanca	d e f g h i j	40.37
[JAL] Cabo Corrientes	d e f g h i j	38.43
[NAY] Nayarit	d e f g h i j	37.91
[HGO] Hidalgo	d e f g h i j	32.90
[YUC] Sur (Oxkutzcab, Tekax, Tzucacab, Peto)	f g h i j	32.90
[CAM] Campeche Candelaria, Calakmul y Hopelchen.	g h i j	32.73
[YUC] Norte (Tizimin, Panaba, Rio Lagartos, San Felipe)	g h i j	28.75
[QROO] Noh Bec y Tres Garantías	h i j	27.64
[SIN] Choix	h i j	25.86
[SIN] Concordia	h i j	24.67
[SIN] Culiacán	j	21.97

\*Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente diferentes

\*Levels non connected by the same letter are significantly different

SIN = Sinaloa; JAL = Jalisco; VER = Veracruz; NAY = Nayarit; OAX = Oaxaca; SLP = San Luis Potosí; HGO = Hidalgo; PUE = Puebla; TAM = Tamaulipas; CAM = Campeche; QROO = Quintana Roo; CHIS = Chiapas; TAB = Tabasco; QRO = Querétaro; YUC = Yucatán.

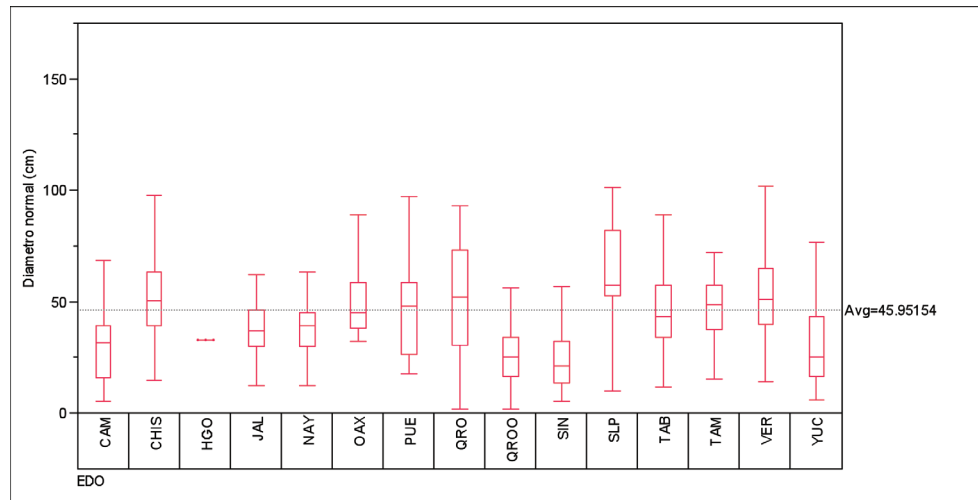


Figura 7. Diagramas de caja de variabilidad en el DN de *Cedrela odorata* L.  
 Figure 7. Box plot of variability of DN of *Cedrela odorata* L.

Cuadro 11. Coeficiente de correlación de Pearson, N = 985 suponiendo H0: Rho = 0 de las variables; altura total, DN, altura del fuste y altitud.

Table 11. Pearson's correlation coefficient, N = 985, assuming H0: Rho = 0 for the following variables: total height, DN, shaft height and altitude.

	Altura total (m)	Altura Fuste (m)	Diámetro normal (cm)	Altitud (msnm)
Altura total (m)	1.000			
Altura Fuste (m)	0.3792 -0.001	1.000		
Diámetro normal (cm)	0.5959 -0.001	0.0577 0.1306	1.000	
Altitud (msnm)	0.0716 0.0609	-0.0581 0.1283	0.1255 <0.001	1.000

La producción de terpenoides en el cedro que ejercen una atracción del barrenador de las meliáceas puede tener como ventaja que el ataque del insecto aumenta el volumen foliar, y con ello la especie capta más energía solar; por lo tanto, el cedro logra sobrevivir en lugares donde hay demasiada sombra (Carpenter *et al.*, 2004).

En el presente trabajo se demostró que en áreas naturales y en algunas plantaciones existen árboles sin daño por el barrenador; por lo tanto, si se utilizan esos ejemplares para la producción de plántulas mediante la clonación por estacado en invernadero y, posteriormente, con el cultivo *in vitro* de ápices es factible obtener individuos con resistencia al patógeno.

borer at different heights. This, in turn, causes a morphologic change of the individuals (Newton *et al.*, 1998).

The production of terpenoids in the cedar that attract the shoot borer of Meliaceae may have a positive effect, since the insect attack increases the foliage volume, which in turn helps the cedar take in more solar energy and thus survive in considerably shady places (Carpenter *et al.*, 2004).

The current study showed that there are some trees in natural areas and plantations that have not been affected by the shoot borer. Therefore, if such individuals are used for the production of seedlings, through cloning using staked plants



## CONCLUSIONES

En las localidades de Sinaloa, se registraron poblaciones naturales de *Cedrela odorata* en altitudes, sin registros previos, de hasta los 2,034 m; asociadas con *Pinus herrerae*, *Pinus douglasiana*, *Abies religiosa*.

En la depresión central, las poblaciones se encontraron tanto en el bosque tropical, como en zonas de cultivo, ganadería y a la orilla de las carreteras.

En la vertiente del Golfo, el cedro rojo es intensamente explotado por el hombre, sobre todo en Veracruz y el sureste de México. En la actualidad, solo existen algunos remanentes de sus poblaciones naturales.

Se obtuvieron diferencias significativas en las variables morfológicas DN, altura del fuste y altura total entre y dentro de los sitios.

La presencia de *H. grandella* fue alta, con un promedio total de 80.5%.

Es factible la conservación de la especie en poblaciones naturales mediante la incorporación de plantas cultivadas *ex situ*. Con base en la información obtenida podría apoyarse la clonación de los individuos que no presentan síntomas o signos de ataque por *Hypsipyla grandella*, lo que ayudaría a que los árboles en su hábitat natural no sean extraídos, y con ello se favorecería la regeneración natural de la especie. 🌱

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a la Comisión Nacional Forestal (proyecto CONAFOR-2002-C01-5983), al Dr. Hugo Ramírez Maldonado por propiciar los grupos de investigación en el INIFAP. A la M en C. Marisela C. Zamora Martínez y a la Dra. María Cecilia del Carmen Nieto de Pascual Pola, Coordinadora del Nodo de Manejo Forestal Sustentable por sus atinadas sugerencias al presente documento.

## REFERENCIAS

- Carpenter, F. L., J. D. Nichols and E. Sandi. 2004. Early growth of native and exotic trees planted on degraded tropical pasture. *Forest Ecology and Management* 196(2-3): 367-378.
- Cavers, S., C. Navarro and A. J. Lowe. 2003. Chloroplast DNA phylogeography reveals colonization history of a Neotropical tree, *Cedrela odorata* L., in Mesoamerica. *Mol. Ecol.* 12(6):1451-1460.
- Cintron, B. B. 1990. *Cedrela odorata* L. Cedro hembra. Spanish Cedar, Meliaceae. Mahogany family. In: *Silvics of North America Hardwoods*. USDA Forest Service. Agric. Handbook No. 654. Washington, DC. USA. pp. 250-257.
- Cornelius, J. P. and A. D. Watt. 2003. Genetic variation in a *Hypsipyla*-attacked clonal trial of *Cedrela odorata* under two pruning regimes. *Forest Ecology and Management* 183(1): 341-349.

grown in greenhouses, and later cultivating apices *in vitro*, it is feasible to obtain individuals that are pathogen resistant.

## CONCLUSIONS

In the localities of Sinaloa, we found natural populations of *Cedrela odorata* at altitudes of up to 2,034 m, which had never been registered before and which are usually associated with species such as *Pinus herrerae*, *Pinus douglasiana*, *Abies religiosa*.

In the central depression, cedar populations both in rainforests and in farmlands and the sides of roads were found.

Near the rivers that empty into the Gulf of Mexico, red cedar is intensely exploited, especially in Veracruz and southeastern Mexico. Nowadays, there are only a few remnants of its natural populations.

Significant differences were found within and among sites regarding the following morphological variables: DN, shaft height, and total height.

The presence of *H. grandella* is high, with a total average of 80.5%.

Conservation of the species in natural populations is possible by incorporating plants cultivated *ex situ*. Considering the data obtained, cloning of individuals that do not show symptoms or signs of attack by *Hypsipyla grandella* could be supported, which would prevent trees in their natural habitat to be extracted, and thus promote the natural regeneration of the species. 🌱

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, the Comisión Nacional Forestal (CONAFOR- Project 2002-C01-5983), Dr. Hugo Ramírez Maldonado for encouraging research groups at the INIFAP, MC. Marisela C. Zamora Martínez and Dr. María Cecilia del Carmen Nieto de Pascual Pola, Coordinadora del Nodo de Manejo Forestal Sustentable, for the sensible suggestions concerning this report.

- De Paula, J. R., J. C. Vieira, M. F. Da Silva, E. Rodrigues, J. B. Fernandes, P. C. Vieira, A. L. Pinheiro and E. F. Vilela. 1997. Sesquiterpenes, triterpenoids, limonoids and flavonoids of *Cedrela odorata* graft and speculations on the induced resistance against *Hypsipyla grandella*. *Phytochemistry*. 44(8): 1449-1454.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). 1999. ArcView GIS 3.2 for Windows. Redlands, CA. USA. s/p.

- García C., X., J. G. Flores G., J. D. Benavides S. 2007. Índice de sitio para *Cedrela odorata* L. (Cedro Rojo) en Quintana Roo, México. *Rev. Cienc. For. en Méx.* 32 (101): 71-81.

- García C., X. y S. B. Rodríguez. 2010. Incidencia y daños ocasionados por *Chrysobothris yucatanensis* Van Dyke en plantaciones comerciales de cedro rojo en Quintana Roo. In: Prieto R., J. A., R. E. Madrid A. y L. V. Macías G. (Eds.). 2010. *Memorias de la Va. Reunión Nacional de Innovación Forestal*. (22 al 27 noviembre de 2010). Campeche, Camp. México, p. 139.

- Gomes S., M., F. G. F. Da Silva M., B. Fernandes J. and H. G. Lago J. 2010. Interspecific variation in the composition of volatile oils from the leaves of *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Quim. Nova* 33(5): 1141-1144.
- Griffiths, M. W. 2001. The biology and ecology of *Hypsipyla* shoot borers. In: Floyd, R. B. and C. Hauxwell (Eds.). Proceedings of the International Workshop on *Hypsipyla* shoot borers in Meliaceae. August 20<sup>th</sup>-23<sup>rd</sup> 1996. ACIAR No. 97. pp. 74-80.
- Lago, J. H. G., M. G. Soares, L. G. Batista-Pereira, M. F. Silva, A. G. Corrêa, J. B. Fernandes, P. C. Vieira and N. F. Roque. 2006. Volatile oil from *Guarea macrophylla* ssp. *tuberculata*: Seasonal variation and electroantennographic detection by *Hypsipyla grandella*. *Phytochemistry*. 67(6): 589-594.
- Linné, C. 1768. *Systema Naturae per regna tria naturae, cundum classes, ordines, genera, species cum characteribus & differentiis*. *Systema Naturae*, Edition 10: 940.
- López A., J., V. Sánchez M. y E. Hernández M. 2011. Crecimiento inicial de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. *Rev. Mex. Cien. For.* 1 (2): 65-79.
- Macías-Zamano, J. E. 2004. *Ecología Química de Hypsipyla grandella*. Investigaciones. In: Reunión Nacional de Análisis sobre la Problemática de Barrenadores de las Meliáceas en México. 7 y 8 de octubre de 2004. CONAFOR. Catemaco, Ver. México. CD.
- Montgomery, D. 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo Editorial Iberoamérica, México D. F. México 589 p.
- Navarro, C., F. Montagnini and G. Hernández G. 2004. Genetic variability of *Cedrela odorata* Linnaeus results of early performance of provenances and families from Mesoamerica grown in association with coffee. *Forest Ecology and Management* 192: 217-227.
- Newton, A. C., J. P. Cornelius, J. F. Mesén, E. A. Corea and A. D. Watt. 1998. Variation in attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), in relation to host growth and phenology. *Bulletin of Entomological Research* 88(3): 319-326.
- Pennington, T. D. and J. Sarukhán. 2005. *Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies*. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D. F., México. 523 p.
- Plath, M., K. Mody, C. Potvin and S. Dorn. 2011. Do multipurpose companion trees affect high value timber trees in a silvopastoral plantation system? *Agroforest Syst* 81: 79-92.
- Sall, J., L. Creighton and A. Lehman. 2005. *JMP Start Statistics. A guide to statistics and analysis using JMP and JMP in Software*. SAS Institute INC. Thomason Brookscote. 3<sup>rd</sup> Belmont, CA. USA. 560 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana. Nom-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestre. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Jueves 30 de diciembre de 2010. México, D. F. México. Segunda Sección: 1-78.
- Soares, M. G., L. G. Batista-Pereira, J. B. Fernandes, A. G. Correa, M. F. Da Silva, P. C. Vieira, F. E. Rodrigues and O. S. Ohashi. 2003. Electrophysiological responses of female and male *Hypsipyla grandella* (Zeller) to *Swietenia macrophylla* essential oils. *J. Chem. Ecol.* 29(9): 2143-2151.