



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**CRECIMIENTO DEL CEDRO (*Cedrela odorata* L.) EN ETAPA JUVENIL BAJO
RIEGO, FERTILIZACIÓN Y APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y SU RELACIÓN
CON LA INCIDENCIA DE *Hypsipyla grandella* Z.**

ERNESTO CASTILLO DOMÍNGUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO

2008

La presente tesis titulada: **CRECIMIENTO DEL CEDRO (*Cedrela odorata*) EN ETAPA JUVENIL BAJO RIEGO, FERTILIZACIÓN Y APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y SU RELACIÓN CON LA INCIDENCIA DE *Hypsipyla grandella***, realizada por el alumno: **Ernesto Castillo Domínguez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

PROGRAMA EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO P

Consejero



DR. JOSÉ HERNÁNDEZ

Asesor

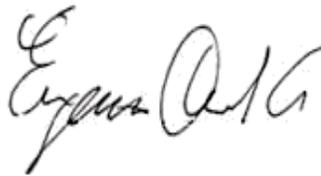
Dr.



lán

Asesor

D



i

Asesor

Dr. José Hi



ernández

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi esposa y mi hijo, por el tiempo, confianza y paciencia que me han dado.

A mis padres y hermanos, por su apoyo moral e incondicional.

A mis compañeros de generación, por haberlos tenido como tales.

A mis amigas y amigos, cuyos nombres omito por el temor de faltar a la justicia, pero que ellos saben quiénes son.

A las personas especiales que siempre me apoyaron... Estoy en deuda con ellas.

...A todos..., los aprecio.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme disfrutar de esta nueva experiencia.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por invertir nuestros impuestos, en la formación de técnicos y científicos de alto nivel en el área de las ciencias agropecuarias en nuestro país.

Al colegio de Postgraduados, su cuerpo de académicos y su personal administrativo y de apoyo

A los integrantes de mi Consejo Particular por su disponibilidad, confianza y sugerencias.

CRECIMIENTO DEL CEDRO (*Cedrela odorata* L) EN ETAPA JUVENIL BAJO RIEGO,
FERTILIZACIÓN Y APLICACIÓN DE INSECTICIDA Y SU RELACIÓN CON LA
INCIDENCIA DE *Hypsipyla grandella* Z.

Ernesto Castillo Domínguez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2008

RESÚMEN

En el estado de Tabasco, localizado en el trópico de México, se tienen plantadas alrededor de 7,000 ha de cedro (*Cedrela odorata* L), como una respuesta a los procesos de deforestación de la región y como una forma de suplir las necesidades de materia prima de la industria de la madera. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el crecimiento del cedro en etapa juvenil bajo riego, fertilización y aplicación de insecticida y su relación con la incidencia de *Hypsipyla grandella* Zeller. El estudio se desarrolló de abril a de septiembre de 2008 en una plantación de cedro de 10 meses de edad plantada en marco real de 3x3 m, con una densidad de 1100 plantas/ha, localizada en el municipio de Cárdenas, Tabasco (18°01' N, 93°03' W). Las variables evaluadas fueron altura total y diámetro de las plantas, así como el número de plantas barrenadas por *H. grandella*, en función de la aplicación de riego, fertilización (17-17-60) e insecticida sistémico (carbofurán). Se evaluaron ocho tratamientos con tres repeticiones en un diseño experimental de bloques completos al azar, y un arreglo factorial de 2³ combinaciones. Los resultados demuestran que el factor que más influyó en el crecimiento del cedro bajo las condiciones evaluadas es el fertilizante, ya que marca una diferencia de hasta 60 % mayor con respecto a los demás tratamientos, donde no hubo un efecto de potenciación.

Palabras clave: *Cedrela odorata*, irrigación, fertilización, insecticida, crecimiento

GROWTH OF CEDAR (*Cedrela odorata* L) IN A YOUNG STAGE UNDER STRESS,
FERTILIZATION AND APPLICATION OF INSECTICIDE, AND ITS RELATIONSHIP
WITH THE INCIDENCE OF *Hypsipyla grandella* Z

Ernesto Castillo Domínguez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2008

ABSTRACT

In the state of Tabasco, located in the tropics of Mexico, there is planted about 7,000 ha of cedar (*Cedrela odorata* L.) in response to the deforestation of the region and as a way to replace the primary wood used in industry. The objective of this investigation was to evaluate the growth of young cedar trees under stress, fertilization and application of insecticide and their relationship to the pest *Hypsipyla grandella*. The study was carried out from April to September 2008 on a 10 month old cedar plantation, planted in a 3x3 m plot, with a density of 1100 plants/ha located in the municipality of Cardenas, Tabasco (18°01'N, 93°03' W). The variables evaluated were total height and diameter of the plants, the number of plants affected by *H. grandella*, in relation to the application of water, fertilization (17-17-60) and systemic insecticide (carbofurán). Eight treatments were evaluated with three repetitions in an experimental complete random block design, and an arrangement of 2 3 combinations. The results show that the most important factor in the growth of cedar under the evaluated conditions was the fertilizer that made a difference up to 60% growth rate with respect to the other treatments, where there was no potential effect.

Key words: *Cedrela odorata*, irrigation, fertilization, insecticide, growth

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| RESÚMEN..... | v |
| ABSTRACT..... | vi |
| LISTA DE CUADROS..... | ix |
| LISTA DE FIGURAS..... | x |
| LISTA DE TABLAS..... | xi |
| LISTA DE ANEXOS..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| OBJETIVO..... | 2 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 Situación actual de bosques y selvas..... | 3 |
| 2.1.1. El problema de la deforestación..... | 3 |
| 2.1.2 Situación actual..... | 4 |
| 2.1.3. Antecedentes históricos..... | 5 |
| 2.1.4. Causas de la deforestación..... | 9 |
| 2.1.5 Perspectivas de la cubierta forestal..... | 10 |
| 2.1.6. La reforestación como una alternativa..... | 11 |
| 2.2. El cultivo del cedro (<i>Cedrela odorata</i> L)..... | 12 |
| 2.2.1. Caracterización..... | 13 |
| 2.2.2. Hábitat y requerimientos edafoclimáticos..... | 13 |
| 2.2.3. Productividad..... | 14 |
| 2.2.4. Superficies plantadas de cedro rojo..... | 16 |
| 2.2.5 Volúmenes de producción..... | 18 |
| 2.3. Limitantes y alternativas para la producción de cedro..... | 21 |
| 2.3.1. Aplicación de riego..... | 22 |
| 2.3.2. Aplicación de fertilizante..... | 25 |
| 2.3.3. Aplicación de pesticidas:..... | 26 |
| 2.4. La importancia de <i>Hypsipyla grandella</i> en el cultivo del cedro rojo..... | 27 |
| 2.4.1. Distribución..... | 27 |
| 2.4.2. Ciclo biológico, hábitos y daño..... | 28 |

| | |
|--|----|
| 2.4.3. Control y manejo..... | 29 |
| III. MATERIALES Y MÉTODO | 32 |
| 3.1. Localización y descripción del área de estudio..... | 32 |
| 3.2. Tratamientos y diseño experimental | 33 |
| 3.3. Criterios de evaluación..... | 35 |
| 3.4. Análisis estadístico..... | 35 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 37 |
| V. CONCLUSIONES | 46 |
| VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA | 47 |
| VII. ANEXOS..... | 57 |

LISTA DE CUADROS

| | Pag. |
|---|------|
| Cuadro 1. Tasa de deforestación en países tropicales megadiversos..... | 4 |
| Cuadro 2. Tasas de deforestación y sus factores asociados en regiones seleccionadas de México. | 6 |
| Cuadro 3. Proyección de crecimiento del cedro rojo en condiciones de temporal y fertirrigación en el cual se contempla la edad, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura comercial (AC) y el volumen de madera en rollo | 15 |
| Cuadro 4. Distribución de las plantaciones forestales comerciales por especie establecidas en México..... | 17 |
| Cuadro 5. Número de proyectos, superficies plantadas y montos de apoyo (1997-2004) por estado para la especie forestal cedro rojo (<i>Cedrela odorata</i>). | 18 |
| Cuadro 6. Producción forestal maderable por especies 1990-1999 (m ³ r). | 19 |
| Cuadro 7. Balanza comercial nacional de la industria de la madera. | 20 |
| Cuadro No. 8 Producción y consumo forestal maderable en México (miles m ³ r) | 21 |
| Cuadro 9. Diámetro a la altura de pecho y altura total promedios a diferentes edades de una plantación de cedro con sistema de riego en Balancán, Tabasco..... | 24 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pag. |
|---|------|
| Figura 1. Producción y consumo per-cápita de madera en México (FUMIAF, 2005)..... | 21 |
| Figura 2. Localización del área de estudio..... | 32 |
| Figura 3. Valores promedio de altura por tratamiento y fecha para plantas de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.) | 43 |
| Figura 4. Valores promedio de diámetro, por tratamiento y fecha, de plantas de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.) | 44 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Crecimiento inicial de plantas de cedro establecidas en campo. | 23 |
| Tabla 2. Incremento anual del diámetro a la altura de pecho (DAP) en plantaciones de cedro | 24 |
| Tabla 3. Comparación múltiple de medias para las variables altura y diámetro promedios (Tukey, $P \leq 0.05$). Factor riego con dos niveles de aplicación, en el cultivo del cedro..... | 37 |
| Tabla 4. Comparación múltiple de medias para las variables altura y diámetro promedios (Tukey, $P \leq 0.05$). Factor fertilizante con dos niveles de aplicación en el cultivo del cedro- | 38 |
| Tabla 5. Comparación múltiple de medias para las variables altura y diámetro promedios (Tukey, $P \leq 0.05$). Factor insecticida con dos niveles de aplicación, en el cultivo del cedro- | 39 |
| Tabla 6. Valores del nivel de significancia observado (NSO) para las interacciones de los factores riego, fertilizante e insecticida aplicados en un DBCA (factorial 2^3), en el cultivo de cedro. | 40 |
| Tabla 7. Comparación múltiple de medias para la variable altura (cm) para los tratamientos evaluados (Tukey, $P \leq 0.05$). | 41 |
| Tabla 8. Comparación múltiple de medias para la variable diámetro (cm) para los tratamientos evaluados (Tukey, $P \leq 0.05$). | 43 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo A. Análisis de Varianza para altura..... | 57 |
| Anexo B. Análisis de Varianza para diámetro..... | 57 |
| Anexo C. Efecto de tratamiento en la altura de cedro..... | 59 |
| Anexo D. Efecto de tratamiento en el diámetro de cedro..... | 61 |
| Anexo E. Valores promedio de altura de los tratamientos durante el período de estudio..... | 63 |
| Anexo F. Valores promedio de diámetro de los tratamientos durante el período de estudio..... | 63 |

I. INTRODUCCIÓN

Las áreas tropicales se caracterizan por poseer una gran diversidad de especies arbóreas. Representadas por las selvas medianas y altas, son el tipo de vegetación más importante del ecosistema de bosques tropicales, tanto por su diversidad faunística y florística, como por su función ambiental. En México su distribución se restringe a las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico, en el Istmo de Tehuantepec, Norte de Chiapas y Península de Yucatán (SEMARNAT, 2004; CONAFOR, 2005; SFFS, 1994).

Desde tiempos inmemoriales, las dos especies más importantes desde el punto de vista económico y forestal han sido la caoba (*Swietenia macrophylla* King) y el cedro (*Cedrela odorata* L); razón por la cual la posibilidad del aprovechamiento de estas especies se ha visto limitado, ya que cada vez son más escasas (García, 1998), entre otras cosas por las altas tasas de deforestación, aprovechamientos clandestinos para el comercio local y conversión del uso de suelo. Una consecuencia directa de ello es la densidad muy baja de estas especies, que actualmente se ubica hasta en una planta por cada 100 hectáreas (SSN, 2008).

Como consecuencia de lo anterior, la tendencia actual en el sureste de México es establecer plantaciones forestales para solucionar la deficiencia de materia prima en la industria y hacer más eficiente y competitivo el mercado de exportación (Rodríguez, 1996; Ramírez y Zepeda, 1994; Molina, 2006).

Para el caso del cedro (*Cedrela odorata* L), simultáneamente se ha generado información referente a la fenología reproductiva, regeneración natural, producción de plantas en vivero y establecimiento de plantaciones. Sin embargo, sigue habiendo un déficit en lo relativo a información cuantitativa sobre crecimiento, desarrollo y rendimiento de la especie, tanto en masas naturales como en plantaciones (García, 1998; Rodríguez, 1996).

El presente trabajo pretende contribuir con datos que sirvan para la adecuada toma de decisiones en el manejo y administración de las mismas, considerando la evaluación del crecimiento de la altura total y del diámetro del cedro en su etapa de crecimiento temprano

podrían resultar sustantivos en la elaboración de estudios de predicción del aumento del volumen maderable a través del tiempo, derivado de la utilización de insumos y tecnología.

Para lograrlo, esta investigación se propuso realizar dichas evaluaciones en su fase de crecimiento temprano; específicamente durante los seis meses posteriores inmediatos al establecimiento definitivo en campo, en función de la aplicación de riego, fertilizante e insecticida.

En este contexto, se realizó la presente investigación, cuya finalidad fue encontrar prácticas de manejo de las plantaciones de cedro que permitan incidir en la conservación de la calidad de la madera, aumentar los rendimientos por unidad de superficie plantada y acortar el tiempo transcurrido desde la plantación hasta la cosecha; así como formar parte de un control integrado que modifique la severidad de los ataques de *Hypsipyla grandella*, principal plaga de esta meliácea, en plantaciones homogéneas; razón por la cual se estableció el siguiente objetivo:

OBJETIVO

Evaluar el crecimiento del cedro (*Cedrela odorata* L) en etapa juvenil bajo riego, fertilización y aplicación de insecticida y su relación con la incidencia de *Hypsipyla grandella* Zeller

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación actual de bosques y selvas

2.1.1. El problema de la deforestación

México ocupa un lugar privilegiado en el mundo por la diversidad de sus bosques naturales (Mäser, 1995). Está considerado entre los 12 países Megadiversos; es decir, aquellos que mantienen entre el 60 y 70% de la diversidad del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992). México no es un país con grandes extensiones de vida silvestre, como Brasil, Canadá o Rusia. Su diversidad se debe más a la interacción compleja entre las formas de uso de los recursos naturales y los ecosistemas naturales. Adicionalmente, los aspectos culturales, tienen mucho que ver con esta paradoja aparente, en la que coexisten bosques alterados y fragmentados con una enorme diversidad biológica (Madrid y Chapela, 2005).

Los bosques y selvas brindan una infinidad de servicios ambientales, desde la regulación del ciclo hidrológico y el microclima hasta fenómenos globales como la biodiversidad y la captura de carbono. Los bosques son también una importante fuente de ingresos y de materias primas para los pobladores rurales de México, ya que en los 21 millones de hectáreas arboladas que aún existen en el país viven alrededor de 10 millones de indígenas y campesinos (SEMARNAP, 2000), y un número amplio de pequeñas empresas y grandes industrias forestales (Mäser, 1995).

A pesar de este enorme acervo, históricamente el desarrollo económico del país se ha dado a costa de y no en armonía con sus recursos forestales. Se tiene el triste privilegio de estar entre el grupo de países con las tasas de deforestación más altas del planeta (Madrid y Chapela, 2005) (Cuadro 1). De hecho, actualmente sólo queda alrededor del 10% de la superficie original de selvas altas y cerca de la mitad de la superficie de bosques templados (Mäser, 1992, 1994, 1995).

En México, el 80% de los bosques están bajo propiedad y resguardo colectivo de comunidades campesinas o indígenas (CONAFOR, 2002). Esto contrasta con la situación

mundial, en la que se estima que el 71% de los bosques en los países llamados en desarrollo, pertenecen al gobierno. Se estima que situaciones de tenencia semejantes a la de México sólo existen en países como Guatemala, Nicaragua o Bolivia, y representa solamente el 14% de los bosques de los países en desarrollo (White y Martín, 2002). “Esto refleja cierta incapacidad de los arreglos institucionales para mantener los bosques y los recursos biológicos y naturales asociados a ellos” (WRI, 2000).

Cuadro 1. Tasa de deforestación en países tropicales megadiversos.

| Deforestación en países tropicales megadiversos | | |
|---|---------------------|----------|
| País | Deforestación anual | |
| | Superficie (Has) | Tasa (%) |
| R.D. Congo | 370,000 | 0.6 |
| Brasil | 2,530,000 | 0.6 |
| Colombia | 890,000 | 0.6 |
| México | 615,000 | 1.2 |
| Madagascar | 156,000 | 0.8 |
| Indonesia | 620,000 | 1.0 |
| Malasia | 255,000 | 1.8 |

Fuente: WRI, 2000

2.1.2 Situación actual

En México solamente quedan zonas muy localizadas de bosques capaces de mantener pirámides tróficas en estado silvestre relativamente completas: La selva de Calakmul, en Campeche y el sur de Quintana Roo; la de Los Chimalapas en Oaxaca; parte de los bosques de la Sierra de Guerrero; parte de los bosques de la Sierra Madre Occidental y la Sierra de San Pedro Mártir en Baja California (WRI, 1997; WRI, 2002). De estos bosques de frontera únicamente se considera que las selvas del sur de Quintana Roo no presentan amenazas inminentes, y sin embargo, se encuentran bajo aprovechamiento maderable. Fuera de esas zonas, los bosques de México han sido intervenidos en muchas formas, y presentan los efectos de actividades humanas que van desde la caza, hasta la sustitución de la cubierta arbolada, pasando por una gama de sistemas formales y no formales de aprovechamiento.

México ha perdido la mayor parte de la cobertura original de bosques y selvas. Y a pesar de la magnitud de los procesos de cambio de uso de suelo que se han verificado en el país, no se cuenta actualmente con estimaciones precisas de las tasas de deforestación y degradación forestal. Esto ha sido resultado de: 1) inconsistencias en las definiciones de los tipos básicos de vegetación entre los diferentes inventarios forestales y entre diferentes instituciones; 2) cada uno de los tres inventarios forestales con los que se cuenta actualmente (Primer inventario forestal SARH, 1984; Inventario forestal de gran visión, SARH, 1992 e Inventario forestal periódico, SARH, 1994) se efectuaron con imágenes de satélite de diferente resolución y cobertura, por lo que no se puede hacer una comparación directa entre ellos; 3) no ha existido una actitud gubernamental decidida para obtener información más precisa sobre tasas de cambio de uso del suelo. Estos problemas han llevado a una proliferación de estimaciones sobre tasas de deforestación, cuyo rango oscila entre 370 mil y millón y medio de hectáreas al año (Masera, 1995). Por ejemplo, la SEMARNAT (2005) reconoce que en el período 1993 – 2002 hubo una reducción cercana a los 5,000 km² de la superficie arbolada del país, con una tasa anual de cambio que oscila entre 0.04 % y 0.12 %, y CONAFOR (2008) establece que la tasa de cambio es de 0.4 % anual, todas ellas consideradas tolerables. Por el contrario, existen otros estudios que indican que el daño ya está hecho. Por ejemplo, Cortez-Ortíz (1990) y SARH (1984) analizaron el período comprendido de 1976-1988 en el Sureste de nuestro país y encontraron que la tasa de deforestación anual a la que fue sometida la Selva Alta alcanzó el valor de 7.7 % (Cuadro 2).

2.1.3. Antecedentes históricos

La historia del proceso de deforestación en el país es larga y compleja. Probablemente la primera tala de bosques a gran escala ocurrió a principios del periodo colonial, entre los siglos XVI y XVII, cuando los conquistadores españoles forzaron a los grupos indígenas a abandonar las mejores tierras agrícolas y éstos tuvieron que establecerse en terrenos forestales. Las enormes cantidades de leña y madera que se necesitaban para la explotación minera durante todo el periodo colonial contribuyó también a la eliminación de grandes superficies de bosques (González, 1992).

El proceso de deforestación tuvo otro pico importante en el periodo comprendido entre el final del siglo XIX y principios del XX. Durante este periodo el gobierno de México otorgó concesiones a compañías extranjeras para que explotaran enormes superficies boscosas. Estas compañías cortaban a mata rasa el recurso, moviéndose por las áreas concesionadas a medida que agotaban la madera de los bosques (González, 1992).

Cuadro 2. Tasas de deforestación y sus factores asociados en regiones seleccionadas de México.

| Región | Tipo de vegetación | Tasas de deforestación (%/año) | Principales Factores |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|
| Los Tuxtlas, Veracruz | selva alta | 4.3% 750 ha/año | ganadería |
| Selva Lacandona (Río Usumacinta) | selva alta | (1976-86) 4.5% 14,700 ha/año | ganadería extensiva (200% aumento), agricultura |
| Sureste de México | selva alta | (1980-88) 7.7% 40,000 ha/año | ganadería (42% del total desforestado), erosionado (6.7%), agricultura RTQ* (3.7%), vegetación Secundaria (45%) |
| Palenque, Chiapas | selva alta | (1974-86) 12.4% 9,500 ha/año | ganadería (no existen ya selvas altas en esta zona) |
| Chamela, Jalisco | selva baja | (1973-81) 3.8% 26,700 ha/año | ganadería, agricultura RTQ* |
| Meseta purépecha, Michoacán | bosque de pino | (1982) 1.5-2% 1,800 ha/año | Extracción clandestina; problemas de tenencia de la tierra, crisis de la agricultura del maíz |

*RTQ: roza, tumba y quema. Fuentes: Cortéz-Ortiz, 1990; SARH, 1984; Caro, 1987 y Caro, 1990.

Según Masera (1995), el impulso final y el más dramático al proceso de deforestación y degradación forestales se inició en los años cuarenta y tuvo su apogeo en las décadas de 1960 y 1970. En este caso, las selvas fueron las más afectadas. La tala de las selvas fue resultado de varios procesos. Por una parte, se instauraron extensos programas de colonización, utilizando a las selvas como un medio para evitar la distribución de la tierra en las áreas agrícolas existentes (Paz, 1995). Asimismo, se financiaron enormes proyectos

de desarrollo —muchos de ellos impulsados activamente y financiados por agencias internacionales como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo— para la construcción de diversas obras de infraestructura y para impulsar la ganadería extensiva. Para esto último se otorgaron cuantiosos subsidios e incentivos de todo tipo.

Para principios de los años noventa, el 12% de la superficie de México (aproximadamente 24.1 millones de hectáreas) estaba cubierta todavía por bosques cerrados, es decir, selvas altas y bajas (Maser, 1995), pero presentaban tasas de cambio entre 1.2 y 2 % (SARH, 1994). Sin embargo, las tasas de deforestación nacional presentan diferencias significativas por región. Utilizando la regionalización propuesta en el Inventario Forestal de Gran Visión (SARH, 1994), que divide al país en cuatro grandes zonas (Noroeste, Noreste, Centro y Sureste) se tiene que el 80% de la deforestación total del país está concentrada en las regiones Centro y Sureste. En estas regiones, la deforestación alcanza entre 115 y 135 mil hectáreas por año para bosques y entre 288 y 428 mil hectáreas por año para selvas (Maser *et al.*, 1992). De acuerdo con este autor, la deforestación tiene también diferencias marcadas por estado. En Tabasco por ejemplo, entre 1940 y 1980 se eliminó prácticamente toda la superficie de selvas. Michoacán es el estado en donde se registran las tasas más altas de pérdidas de bosques con más de 50 mil hectáreas por año para la estimación baja, mientras que en Campeche y Quintana Roo se registra la pérdida más extensa de selvas: entre 50 y 80 mil hectáreas por año.

Cabe mencionar que la remoción de los árboles de las especies comerciales puede afectar el potencial reproductivo de los individuos en las poblaciones y, con ello, disminuir la capacidad de regeneración de las poblaciones, principalmente por la remoción de los adultos reproductivos y por el daño que las labores extractivas pueden causar a los individuos en las fases tempranas de la regeneración natural. También puede producir la alteración del hábitat, afectando las condiciones microclimáticas, y promover la invasión de especies exóticas (Rzedowsky, 1998). Ejemplos de especies forestales maderables y no maderables que han sido colocadas en riesgo de extinción por el aprovechamiento no controlado son: la caoba (*Swietenia macrophylla*), el cedro rojo (*Cedrela odorata*), el pino colonial (*Araucaria cunninghamii*), el pino de Brasil (*Araucaria angustifolia*), la cáscara sagrada (*Rhamnus purshianus*) y el tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*), entre otras

(SEMARNAT, 2005); mientras que otros autores (Quadri, 2007) señalan que actualmente se han extinguido 11 especies de plantas superiores, 56 están en peligro, 66 endémicas en peligro, 159 amenazadas y 43 están sujetas a protección especial.

La información acerca de la degradación de los bosques de México es sumamente fragmentada. Sin embargo, la evidencia existente permite concluir que esta última es severa y se encuentra en aumento, dado los siguientes factores: Las áreas forestales perturbadas han aumentado de 17.8 millones en el primer inventario forestal a 22.2 millones de hectáreas en el último inventario. Estas zonas se concentran en lo que otrora fueran bosques templados de los estados del centro y sur del país y en la península de Yucatán. Anualmente, la superficie afectada por incendios alcanza entre 90 mil y 500 mil hectáreas. La mayor parte de los incendios son provocados por el hombre y una buena parte son recurrentes, impidiendo que la masa forestal alcance un pleno desarrollo, fomenta plagas y enfermedades, y facilita el cambio de uso del suelo (Masera *et al.*, 1995).

Un análisis agregado contenido en un informe de la FAO (1990) de la demanda de productos forestales indica que existe una extracción total de aproximadamente 50 millones de m³/año, de la cual el 80% se dirige a la satisfacción de necesidades de subsistencia (principalmente leña, con 38 millones de m³/año). Este cálculo contrasta con las estadísticas oficiales (SARH, 1991), que sólo cuantifican la extracción comercial, equivalente a 8.1 millones de m³ para 1990, es decir, solamente el 20% de la extracción total de madera.

El caso del estado de Tabasco es muy representativo de esta situación, “este estado sufrió, entre 1981 y 1992, una reducción del 29 por ciento en su cobertura vegetal natural y un incremento de 8 por ciento en las zonas de uso agropecuario. Es decir, en sólo 11 años, la superficie destinada a la agricultura y ganadería pasó del 61 por ciento al 69 por ciento de todo su territorio” (Greenpeace México, 2007); muy acorde con la tasa de deforestación de los bosques de México, que desaparecen a un ritmo de alrededor de 600 mil hectáreas por año (WRI, 1997 y 2000); lo que lo convierte en uno de los tres estados que han sufrido mayor transformación de su cubierta forestal en zonas de uso agropecuario (SEMARNAT, 2006). Por su parte, Martens (1999) comenta que estos procesos de degradación del medio ambiente en Tabasco se acentúan a partir de los años setenta; ya que por un lado se inicia

la explotación petrolera a gran escala, se inicia la modernización de las ciudades y se promueve el desarrollo de la ganadería extensiva; y por otro, y como consecuencia directa de aquellos, se remarca la marginación del campo y la deforestación se acelera. En 1970 el 12.8% de la superficie de Tabasco era selva, y para 1989 sólo tenía 4% de la misma (Fernando 1989 y Tudela 1989; citados por Martens, 1999).

De los 24 475.42 km² que constituyen la superficie total del estado de Tabasco (INEGI, 2001), existen solamente 1,671.16 km² de superficie arbolada en su forma autóctona; representada por pequeñas áreas o relictos de selva alta perennifolia (714.47 km²), selva mediana perennifolia y subperennifolia (377.93 km²) y selva baja perennifolia y subperennifolia (578.75 km²) ubicadas en los municipios de Huimanguillo, Macuspana, Tacotalpa, Teapa, y Tenosique (UNAM, 2000; Inventario Forestal Nacional, 2004).

2.1.4. Causas de la deforestación

Los factores que inducen el cambio de uso del suelo son muy complejos. Incluyen aspectos económicos (por ejemplo, la ganancia esperada por usos alternativos del suelo), demográficos (como la presión por tierra para agricultura), políticos (las normas que regulan la tenencia de la tierra) y técnicos (como la aptitud de los terrenos para diferentes usos).

En general, entender el proceso de deforestación implica tanto la identificación de lo que Masera (1992) llama “factores puntuales” del cambio de uso del suelo (por ejemplo, la agricultura, la ganadería, la tala clandestina y otros) como el análisis de las políticas específicas por sector o de tipo estructural que brindan varios de los incentivos básicos para la remoción de la cobertura vegetal. Históricamente, tres de los principales factores que han alentado el proceso de deforestación en el país han sido: 1) un marco institucional y económico contrario al sector forestal y a los dueños de los recursos forestales; 2) presiones para la conversión de los bosques a la agricultura y ganadería y, 3) ineficiencia de la industria forestal y sistemas de manejo de bosques naturales técnicamente muy deficientes.

La importancia de los distintos factores puntuales de cambio de uso del suelo varía con el tipo de bosque. En las selvas, la secuencia típica del proceso de deforestación inicia con la

extracción de madera preciosa. Mediante esta actividad se construyen normalmente los primeros caminos al interior de la selva, mismos que facilitan la colonización espontánea de campesinos pobres. Luego de que se ha extraído la madera preciosa, la selva se desmonta y se utiliza por unos pocos años para la agricultura de temporal. Subsecuentemente el terreno se dedica a pastizal permanente. Las ventajas comparativas que ofrece la producción de ganado frente a cultivos tradicionales como el maíz y la ausencia de mercados para maderas comunes tropicales u otros productos del bosque inducen la conversión última de las selvas a pastizales. La agricultura de roza, tumba y quema es también un factor de deforestación, particularmente cuando se acortan los periodos de barbecho. Finalmente, la industria petrolera ha contribuido de manera directa (mediante la exploración y explotación de pozos) e indirecta (por la construcción de caminos) al proceso de deforestación en el trópico.

2.1.5 Perspectivas de la cubierta forestal

Análisis recientes acerca de posibles escenarios futuros del sector forestal permiten establecer una clara disyuntiva: Continuar con las tendencias actuales y perder el 50% de los bosques existentes para el año 2030, con el consecuente aceleramiento del proceso de deterioro ambiental local (erosión, pérdida de recarga de acuíferos, etcétera) y global (emisiones de CO²); o, hacer un cambio radical de estrategia y convertir al sector forestal en fuente de divisas, empleo y grandes beneficios ambientales, con lo que se conseguiría un aumento neto de la superficie forestal en el largo plazo (Bellón *et al.*, 1994; Masera, 1995).

Los elementos generales de esta última estrategia son: 1) considerar tanto las necesidades de los usuarios de los bosques como las del sector industrial, de manera que México sea autosuficiente en productos forestales y exista incluso un remanente para exportación; 2) dar énfasis al manejo de los bosques naturales para la producción de madera en rollo; impulsando en estas áreas el aprovechamiento de especies de hoja ancha y maderas comunes tropicales (en México prácticamente el 100% del aprovechamiento forestal se realiza en bosques naturales); 3) apoyar la recuperación de las áreas forestales degradadas y el crecimiento económico del sector forestal mediante el fomento de plantaciones forestales comerciales para producción de pulpa y plantaciones energéticas para producción de electricidad. Estas plantaciones se establecerían exclusivamente en las zonas forestales

perturbadas; 4) desarrollar un intenso programa de reforestación y recuperación de otra porción de las áreas degradadas, basado en el establecimiento de especies nativas; 5) dedicar un mínimo del 10% de la superficie actual por tipo de bosque para fines de conservación de la biodiversidad empleando esquemas que brinden beneficios económicos a los pobladores cercanos a estas áreas y 6) garantizar el uso sostenible de la leña, con énfasis en las regiones con mayor escasez del energético (Masera, 2007).

Los aspectos más interesantes de esta última alternativa propuesta son, según Masera, (2000), por un lado, demostrar que el deterioro de los bosques de México no tiene que seguir necesariamente un proceso irreversible. Por otro lado, se demuestra que existen formas de conseguir un balance entre conservación forestal y desarrollo económico. En efecto, al brindar beneficios netos tangibles para los encargados de llevar a la práctica las diferentes opciones y actuar con una visión de largo plazo, se evitan contradicciones de fondo entre los objetivos locales (tales como obtención de ingresos por el manejo forestal) y los globales (como la captación de carbono o la biodiversidad).

2.1.6. La reforestación como una alternativa

En los bosques naturales del trópico las meliáceas comerciales se encuentran en un número limitado, frecuentemente en una densidad de 1 a 5 árboles por ha y mezcladas con numerosas especies de otros árboles en una abundante vegetación. Para el caso específico de *Cedrela*, cuando está presente en los bosques naturales su densidad poblacional es extremadamente baja, a razón de un árbol por cada dos hectáreas o hasta un árbol por cada cien hectáreas ($0.5-0.01 \text{ ha}^{-1}$) (SSN, 2008).

Estas meliáceas han sido explotadas debido al alto valor económico de sus maderas y a la alta presión de la población por tierras para agricultura (Briceño, 2007). Adicionalmente, esta tala selectiva e irracional produce una continua erosión de la diversidad genética, disminuyendo la capacidad de respuesta de las poblaciones de *Cedrela* ante cambios en el ambiente. Además, dificulta su posibilidad de domesticación a largo plazo y provoca la desaparición de los genotipos económicamente más valiosos y representativos en las cada vez más escasas selvas tropicales mexicanas.

2.2. El cultivo del cedro (*Cedrela odorata* L)

Esta rápida marcha de destrucción y deflexión del recurso natural, representada en esta ocasión por las especies nativas, y de manera más específica por las meliáceas existentes en la región, así como los obstáculos encontrados para establecerlas y mantenerlas exitosamente, hace necesario realizar esfuerzos que permitan su conservación y aprovechamiento racional, incluyendo la implementación de métodos de control de plagas, que sean eficientes y económicos, de tal forma que permitan expresar los máximos valores del cultivo en crecimiento y calidad (Fornes, 2006).

El conocimiento que se tiene sobre varios aspectos concernientes a los requerimientos ecológicos de la especie *Cedrela odorata* en México y el grado de plasticidad de dicho material ha servido para establecer la potencialidad del cultivo en cuanto a superficie, calidad de sitios y disponibilidad de los recursos madereros plantados (Cortés, 2005); de tal forma que los efectos adversos que la deforestación trae consigo, podrían ser corregidos, entre otras cosas, a través de la reconversión en el uso del suelo y la reforestación de vastas superficies en aquellas zonas geográficamente propicias para ello. De acuerdo al informe de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 1990-2005 (FAO, 2005) en lo referente a la situación actual de bosques y selvas, se han reforestado poco más de 193,000,000 de hectáreas en el mundo. Para el caso de México, según SEMARNAT (2004), en el período comprendido de 1997-2006, se han plantado 120,000 hectáreas de especies forestales comerciales en el país, que tendrán una producción estimada anual de 2,800,000 m³, beneficiando a 34,317 personas y generando alrededor de 21,000 empleos. Por su parte la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) reconoce haber financiado 1,572 proyectos de plantaciones forestales comerciales de 1997 al 2004, en una superficie total de 303,036.64 hectáreas con una inversión total de \$1,820,033,636.76 pesos, de las cuales 92,888.26 hectáreas se plantaron de cedro rojo como plantación compacta o asociado con otras maderas preciosas (FUMIAF-SAGARPA, 2005). En lo que concierne al estado de Tabasco, según datos de la CONAFOR (2008), en la última década se han financiado y establecido 7,000 hectáreas de esta meliácea, con inversiones superiores a los \$ 68,000,000 de pesos.

2.2.1. Caracterización

El cedro rojo (*Cedrela odorata*) es un árbol caducifolio, que alcanza comúnmente una altura de 20 a 35 m (aunque se han encontrado ejemplares de más de 60 m de altura) y diámetro a la altura del pecho de hasta 1.7 m. La copa es grande, redondeada, robusta y extendida o achatada; las hojas son alternas, paripinnadas o imparipinnadas, de 15 a 50 cm, incluyendo el pecíolo, compuestas por 10 a 22 folíolos opuestos o alternos, de 4.5 a 14 cm de largo por 2 a 4.5 cm de ancho, lanceolados u oblongos. El tronco es recto, robusto, formando a veces pequeños contrafuertes poco prominentes de 1 m de alto; las ramas son ascendentes o arqueadas y gruesas. Externamente, la corteza es bastante fisurada con las costillas escamosas, de color pardo grisácea a moreno rojiza; internamente es rosada, cambiando a pardo amarillenta, con aspecto fibroso y sabor amargo; su grosor total es de 20 mm. Las inflorescencias están dispuestas en panículas terminales, largas (15 a 30 cm) y sueltas; muchas flores angostas aparentemente son tubulares, pero con 5 pétalos, suavemente perfumadas, actinomorfas, con cáliz en forma de copa y corola de color crema verdoso. Presenta infrutescencias de hasta de 30 cm de largo, y penduladas; las cápsulas leñosas son dehiscentes (parecidas a nueces), de 2.5 a 5 cm de largo, con 4 a 5 valvas de forma elipsoide a oblonga y color pardo verdoso a moreno, con un fuerte olor a ajo y producen un exudado blanquecino y acuoso cuando están inmaduras. El fruto contiene alrededor de 20 a 40 semillas y permanece adherido al árbol por algún tiempo. Las semillas son aladas de 2 a 3 cm de largo, incluyendo el ala, de color moreno, adheridas al eje. La sexualidad es monoica (FUMIAF, 2005).

2.2.2. Hábitat y requerimientos edafoclimáticos

En América es posible encontrarlo desde el sur de la península de Florida en Estados Unidos, hasta América del sur (excepto Chile). En México se desarrolla bien en bosques tropicales húmedos, bosques húmedos subtropicales y en bosques secos tropicales; es muy exigente en cuanto a luz se refiere. En forma natural se le encuentra en la vertiente del Golfo de México, desde el sur de Tamaulipas y sureste de San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán, y en la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa hasta Guerrero, así como la Depresión Central y la Costa de Chiapas. Los estados que cuentan con cedro rojo en forma natural son: Campeche, Colima, Chiapas, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco,

Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. El hábitat óptimo del cedro rojo se encuentra a altitudes que van desde los 0 msnm hasta los 1,700 msnm; en laderas y planicies costeras, la elevación óptima es de 800 msnm. Se encuentra en climas húmedos con rango de precipitación entre 2,500 y 4,000 mm anuales con una óptima de 2,500 mm de lluvia. La temperatura media óptima es de 25 °C, pero tolera una máxima de 35 °C. En zonas con precipitaciones menores a los 2,500 mm no se desarrolla adecuadamente y presenta fustes cortos y frecuentemente torcidos. Se desarrolla bien en suelos tipo litosoles y rendzinas, calcáreos, arcillosos, profundos, arenosos, negro pedregosos, negro arenosos, rojo arcillosos y café calizos; aunque se ha visto que se desarrolla mejor en suelos arcillosos derivados de roca caliza (ultisoles) (Holdridget *et al*, 1971; Marrero, 1948; Ramírez, 1964). Requiere buen drenaje interno y aireación de los terrenos. Tolerancia a pH ácidos, alcalinos y neutros, de tal manera que en lo referente a suelos el denominador común parece ser el drenaje y la aireación del suelo (Inoue, 1973, 1980; Styles, 1972; Whitmore, 1976) y no su pH (Más Porras *et al.*, 1974).

2.2.3. Productividad

En ausencia de daños por el barrenador, y en buenas condiciones de sitio y luz, el crecimiento medio anual en los primeros años es de 1.3 a 1.6 m de altura y 1.3 a 1.6 cm en DAP (diámetro a la altura del pecho) de acuerdo con experiencias de plantaciones en Nicaragua y Honduras (Lamb, 1968; CONABIO, 2004). El crecimiento más rápido sucede cuando el árbol mide 15 a 35 cm de DAP, después se hace más lento. Los árboles en plantaciones se pueden aprovechar cuando alcanzan 45 cm de DAP, lo cual corresponde a un volumen de 1.8 m³ y un fuste comercial de 15 m. La edad a que se alcanzan estas alturas y diámetros en bosques naturales es a los 40 años. Turnos de corta más breves (18 a 25 años) pueden producir mayor volumen total (11 a 22 m³/ha/año), pero la madera producida es apreciablemente de menores dimensiones. La decisión de la fecha de corta, por lo tanto, dependerá del mercado de madera de diferentes tamaños. Los árboles que crecen a espaciamientos mayores en sistemas agroforestales (por ejemplo con café, cacao y frutales), pueden mostrar mayor incremento en diámetro (2 a 3 cm por año), y alcanzar tamaños comerciales más rápidamente. Siempre requieren de podas oportunas para producir trozas

comerciales de calidad. En cafetales de Costa Rica, a densidades de 70 a 140 árboles por hectárea, se tuvieron promedios de 42 a 48 cm de DAP, con 8.5 a 11 m hasta la primera bifurcación y 130 a 210 m³/ha a los 16 y 18 años de edad.

Una forma de acelerar el crecimiento de los arboles de cedro consiste en la aplicación de fertirriego desde la plantación hasta los cinco años, que es cuando alcanza la altura comercial. A partir de ahí se retira la aplicación del riego para dejar que el diámetro aumente en forma natural, y que la calidad de la textura y la fibra sea la adecuada. Con esta tecnología se esperan rendimientos de 1.90 m³ por árbol a los quince años de edad. La sobrevivencia de las plantaciones de cedro rojo de temporal es muy baja (50%) y con fertirrigación adecuada es de 95%, lo cual representa una gran ventaja en dichas plantaciones; tal y como se puede entender en el cuadro No. 3

Cuadro 3. Proyección de crecimiento del cedro rojo en condiciones de temporal y fertirrigación en el cual se contempla la edad, el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura comercial (AC) y el volumen de madera en rollo

| Año | DAP (m) | | AC (m) | | Volumen (m ³ r) | |
|-----|----------|-------|----------|-------|----------------------------|--------|
| | Temporal | Riego | Temporal | Riego | Temporal | Riego |
| 1 | 0.03 | 0.03 | 1.50 | 1.50 | 0.0006 | 0.0006 |
| 2 | 0.04 | 0.05 | 2.80 | 3.64 | 0.0021 | 0.0027 |
| 3 | 0.06 | 0.08 | 3.10 | 4.34 | 0.0053 | 0.0074 |
| 4 | 0.07 | 0.11 | 3.50 | 5.25 | 0.0081 | 0.0122 |
| 5 | 0.09 | 0.14 | 3.80 | 6.08 | 0.0145 | 0.0232 |
| 6 | 0.11 | 0.18 | 4.10 | 6.56 | 0.0234 | 0.0374 |
| 7 | 0.13 | 0.22 | 4.60 | 7.82 | 0.0366 | 0.0622 |
| 8 | 0.17 | 0.31 | 5.00 | 9.00 | 0.0681 | 0.1226 |
| 9 | 0.21 | 0.40 | 5.50 | 10.45 | 0.1143 | 0.2172 |
| 10 | 0.26 | 0.51 | 5.90 | 11.51 | 0.1879 | 0.3664 |
| 11 | 0.31 | 0.60 | 6.30 | 12.29 | 0.2853 | 0.5563 |
| 12 | 0.36 | 0.70 | 7.00 | 13.65 | 0.4275 | 0.8336 |
| 13 | 0.40 | 0.78 | 7.50 | 14.63 | 0.5655 | 1.1027 |
| 14 | 0.44 | 0.86 | 8.10 | 15.80 | 0.7390 | 1.4411 |
| 15 | 0.48 | 0.94 | 8.90 | 17.36 | 0.9663 | 1.9000 |

Fuente: Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A.C. 2005.

2.2.4. Superficies plantadas de cedro rojo.

2.2.4.1 Nivel mundial.

Las reservas mundiales de cedro rojo en las selvas tropicales de Centro y Sudamérica se encuentran en franco descenso, situación que ha propiciado una oportunidad para el establecimiento de plantaciones comerciales de esta especie. México ocupa el onceavo lugar en cuanto a superficie forestal se refiere en el mundo, y el vigésimo sexto lugar en producción forestal. Los principales países que cuentan con producción de cedro rojo en el contexto mundial son Estados Unidos, Canadá, Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Perú, Colombia y Brasil.

2.2.4.2 Nivel Nacional.

Las selvas tropicales de la República mexicana se encuentran en la zona litoral del Golfo de México y del Pacífico, en el Istmo de Tehuantepec, en la Península de Yucatán y la zona de la frontera con Guatemala. Los estados que tienen la mayor parte de estos recursos son Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán. Las existencias totales de madera de las selvas altas y medianas de México son de 972 millones de m³, con un promedio de 168 m³/ha, correspondiendo a las selvas bajas solamente 24 m³/ha (SEMARNAT, 2004; CONAFOR, 2005). En términos generales, existen posibilidades para un manejo basado en la producción maderable en las selvas altas y medianas, pero en el caso de otros tipos de vegetación hay precondiciones solamente para un manejo como un cultivo de largo plazo en forma comercial.

Las principales especies establecidas en México como plantaciones forestales comerciales se enlistan en el Cuadro 4, donde destaca que el cedro rojo representa apenas el 9% de la superficie total establecida, proporción que es mínima considerando que el mercado existente de su madera es de gran demanda, y que la vocación para este cultivo en zonas tropicales de nuestro país es alta.

Cuadro 4. Distribución de las plantaciones forestales comerciales por especie establecidas en México.

| Especie o género | Participación porcentual |
|--|---------------------------------|
| Eucalipto (<i>Eucalyptus</i> spp.) | 44 |
| Pino (<i>Pinus</i> spp.) | 34 |
| Cedro (<i>Cedrela odorata</i>) | 9 |
| Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) | 5 |
| Melina (<i>Gmelina arborea</i>) | 4 |
| Hule (<i>Hevea brasiliensis</i>) | 4 |
| TOTAL | 100 |

Fuente: Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A.C. 2005.

La CONAFOR (2004) reporta un total de 92,888.26 hectáreas de plantaciones comerciales de cedro rojo asociado con caoba, macuilís, primavera, palo de rosa, ceiba, melina, teca, palo colorado, etc., las cuales se realizaron del año 1997 al 2004 en los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán, Colima, Jalisco, México, Michoacán, Nayarit, Puebla, Querétaro, San Luís Potosí, Sinaloa y Tamaulipas. Por lo tanto, las oportunidades de negocio de plantaciones comerciales de cedro rojo se encuentran en forma óptima en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Quintana Roo y Yucatán, donde se satisfacen los requerimientos de altitud, suelos, temperatura, precipitación y humedad.

Sin embargo, la CONAFOR (2006), reporta plantaciones forestales comerciales en 19 estados de la República, lo cual significa que no solo en los 7 estados óptimos se pueden lograr rendimientos económicos de cedro. El Cuadro 5 muestra los 19 estados de la República Mexicana donde se reportan plantaciones forestales de cedro rojo, el número de proyectos apoyados, la superficie de plantaciones, las inversiones erogadas por el gobierno federal a través de la CONAFOR y el porcentaje relativo.

Cuadro 5. Número de proyectos, superficies plantadas y montos de apoyo (1997-2004) por estado para la especie forestal cedro rojo (*Cedrela odorata*).

| Lugar | Estado | Proyectos | Sup (ha) | Inversión (\$) | Porcentaje (%) |
|--------------|-----------------|------------|-------------------|------------------------|----------------|
| 1 | Veracruz | 115 | 23,050.71 | 151, 267,554.89 | 24.82 |
| 2 | Campeche | 44 | 17,112.00 | 112,494.368.34 | 1 8.42 |
| 3 | Oaxaca | 103 | 11,403.00 | 75, 882,972.60 | 12.28 |
| 4 | Chiapas | 69 | 10,310.33 | 60, 406,581.81 | 11.10 |
| 5 | Puebla | 28 | 8,476.23 | 54, 886,039.88 | 9.13 |
| 6 | Tabasco | 21 | 4,435.63 | 28, 171,517.73 | 4.78 |
| 7 | Yucatán | 20 | 3,803.00 | 26, 413,127.50 | 4.09 |
| 8 | Quintana Roo | 21 | 3,517.00 | 22, 651,000.00 | 3.79 |
| 9 | Nayarit | 24 | 2,218.50 | 12, 115,488.10 | 2.39 |
| 10 | Guerrero | 5 | 1,731.00 | 9, 940,500.00 | 1.86 |
| 11 | Michoacán | 11 | 1,681.41 | 12, 041,048.80 | 1.81 |
| 12 | Jalisco | 14 | 1,522.00 | 11, 014,956.80 | 1.64 |
| 13 | Tamaulipas | 18 | 1, 323,03 | 8, 515,283.80 | 1.42 |
| 14 | Colima | 12 | 891.50 | 5, 954,000.00 | 0.96 |
| 15 | Querétaro | 2 | 425.00 | 2,975.000.00 | 0.46 |
| 16 | Sinaloa | 4 | 422.80 | 2,878.760.00 | 0.46 |
| 17 | San Luis Potosí | 5 | 300.12 | 1, 896,528.30 | 0.32 |
| 18 | Hidalgo | 3 | 255.00 | 1, 500,000.00 | 0.27 |
| 19 | Edo. México | 1 | 10.00 | 79,684.60 | 0.01 |
| TOTAL | 19 | 560 | 92, 888,26 | 601, 084,413.10 | 100.00 |

Fuente: Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A.C. 2005.

2.2.5 Volúmenes de producción

2.2.5.1 Nivel mundial.

En el año 2001, la producción mundial de madera tropical en rollo (trozas) en los países productores de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) alcanzó un total de 121.9 millones de m³, equivalente al 10% de la producción total de todos los tipos de bosques en el mundo.

Las maderas preciosas, dentro de las que se encuentra el cedro rojo, son las más cotizadas en los mercados internacionales. Los principales mercados de destino de este tipo de productos son Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, quienes se han enfocado a apoyar plantaciones forestales comerciales en países de Sur y Centroamérica

2.2.5.2 Nivel Nacional.

El cedro, como especie nativa de México, ha tenido una gran importancia dentro de la explotación forestal de la región sureste y otras zonas costeras. Hasta mediados del siglo pasado, las explotaciones de los bosques tropicales se tenían concesionadas a empresas extranjeras que comercializaban en el mercado internacional; estas empresas, en general, no establecieron programas y planes de reforestación, simplemente aprovecharon los recursos que se les asignaban. Gran parte de la pérdida de los bosques tropicales tuvo su origen en este tipo de empresas, y en la apertura de tierras a la ganadería extensiva. Esto ha traído como consecuencia, entre otras, que en el año 2005 se hubiera importado 32,301 de los 40,508 m³r que se consume ese mismo año, con un consumo per-cápita estimado en casi 400 m³r por cada mil habitantes (FUMIAF, 2005).

El 94% de la producción de especies preciosas provienen de los estados de Quintana Roo, Campeche, Veracruz y Tabasco que, en conjunto, producen 103 mil m³r. De acuerdo a la tendencia de producción de estas especies, (formadas por cedro rojo y caoba en un 90%), existe un incremento importante hasta el año 1999 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Producción forestal maderable por especies 1990-1999 (m³ r).

| ESP | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pino | 6,440,821 | 5,066,051 | 5,438,055 | 5,351,723 | 5,783,299 | 640,0919 | 6,970,689 | 7,005,781 |
| Oyamel | 223,596 | 217,278 | 214,876 | 162,860 | 140,054 | 252,604 | 271,297 | 331,816 |
| Otras conífera | 56,738 | 41,064 | 6,731 | 56,048 | 62,634 | 38,962 | 22,418 | 15,708 |
| Encino | 416,601 | 525,711 | 307,499 | 455,949 | 578,687 | 642,879 | 692,915 | 662,509 |
| latifolias | 136,170 | 164,937 | 0 | 74,103 | 77,684 | 120,334 | 125,645 | 128,729 |
| preciosa | 29,044 | 30,032 | 23,802 | 33,493 | 32,199 | 41,446 | 36,483 | 110,288 |
| Común | 379,085 | 304,283 | 223,974 | 168,241 | 169,230 | 214,664 | 211,535 | 241,895 |
| TOTAL | 7,682,061 | 6,349,356 | 6,406,750 | 6,302,417 | 6,843,786 | 7,711,809 | 8,330,982 | 8,496,726 |

Fuente: CONAFOR; 2004

Para el año 2002 la producción nacional de maderas preciosas en rollo disminuyó a 22,675 m³, reduciéndose aún más en el siguiente año para ubicarse en 21,166 m³r, lo que al final de cuentas se traduce en una demanda interna insatisfecha que tiene que ser cubierta con

productos provenientes de Guatemala, Perú y Ecuador, ya sea como madera en rollo, en tableros o productos manufacturados (CONAFOR, 2004; Forestal XXI, 2003, 2004, 2005).

La balanza comercial de los productos del sector silvícola en México ha tenido serias dificultades en los últimos años, debido a que se importan fuertes cantidades de materiales como celulosa y tableros, en donde las oportunidades del mercado interno se dejan ver con mayor claridad, esto indica que el negocio de las maderas preciosas se potencia claramente con la agregación de valor, lo que no implica grandes costos si se realizan producciones en el aprovechamiento de economías de escala. En los cuadros 7 y 8 se aprecia el comportamiento de la balanza comercial de productos forestales a nivel nacional. En esta destaca el déficit casi persistente durante los últimos años, mostrando diferencias importantes en la presente década. La relación importación-exportación madereras, muestra un comportamiento deficitario; observándose que las importaciones madereras no maquiladoras son muy superiores a las exportaciones, debido a que parte de estas maderas se convierten en manufacturas de consumo interno y para exportación como lo muestra el superávit de la balanza de productos madereros de la industria maquiladora.

Cuadro 7. Balanza comercial nacional de la industria de la madera.

| Año | Total | | Maquiladoras | | No maquiladoras | |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Exportaciones | Importaciones | Exportaciones | Importaciones | Exportaciones | Importaciones |
| 1993 | 523.9 | 661.7 | 253.5 | 172.1 | 270.4 | 489.6 |
| 1994 | 524.8 | 701.1 | 261.5 | 183.9 | 263.3 | 517.2 |
| 1995 | 539.2 | 378.8 | 253.2 | 176.2 | 286.0 | 202.6 |
| 1996 | 744.7 | 408.8 | 294.0 | 196.8 | 450.7 | 212.0 |
| 1997 | 880.1 | 481.4 | 309.1 | 231.0 | 571.0 | 250.4 |
| 1998 | 906.8 | 584.9 | 378.3 | 257.6 | 528.5 | 327.3 |
| 1999 | 945.8 | 685.6 | 413.9 | 291.0 | 531.9 | 394.6 |
| 2000 | 965.1 | 938.9 | 506.3 | 354.9 | 458.8 | 584.0 |
| 2001 | 736.1 | 928.1 | 366.7 | 267.6 | 369.4 | 660.5 |
| 2002 | 688.3 | 1049.3 | 364.7 | 300.5 | 323.6 | 748.8 |
| 2003 | 638.8 | 1098.5 | 355.0 | 293.4 | 283.8 | 805.1 |
| 2004 | 662.1 | 1291.3 | 328.6 | 318.6 | 333.5 | 972.7 |
| 2005 | 339.0 | 698.9 | 179.2 | 167.1 | 159.8 | 531.8 |

Fuente: FUMIAF, 2005; CONAFOR, 2004

El consumo de madera en México ha superado ampliamente la producción durante los últimos 15 años. Esta tendencia indica que las importaciones han tenido que satisfacer las necesidades del mercado interno (Figura 1), por lo que el sector forestal requiere

urgentemente fomentar y apoyar la actividad maderera con una visión sustentable (FUMIAF, 2005).

Las maderas comunes de pino son las más comercializadas en el territorio nacional por ser de bajo costo y por existir abundancia de este tipo de materia prima en todo el mundo. En cambio, las maderas preciosas como el cedro rojo representan un parte pequeña del volumen que circula en el mercado; sin embargo, es significativo el valor de este volumen, siendo hasta cinco veces mayor el precio de estas maderas comparadas con las comunes; dada las preferencias del producto por su elegancia a la vista y al tacto.

Cuadro No. 8 Producción y consumo forestal maderable en México (miles m³r)

| Año | Producción | | | | Consumo nacional aparente | | | |
|------|------------|-----------|----------------|----------------------------|---------------------------|-----------|----------------|----------------------------|
| | Total | Escuadria | Chapa tripla y | Postes, pilotes y morillos | Total | Escuadria | Chapa tripla y | Postes, pilotes y morillos |
| 1980 | 9048 | 4975 | 333 | 256 | 6911 | 5358 | 385 | 318 |
| 1985 | 9946 | 5339 | 742 | 237 | 6957 | 5453 | 586 | 249 |
| 1990 | 8158 | 5538 | 58 | 139 | 11364 | 5736 | 51 | 163 |
| 1995 | 6302 | 4657 | 72 | 117 | 9603 | 4529 | 62 | 106 |
| 2000 | 9430 | 6534 | 399 | 143 | 16297 | 8375 | 1101 | 275 |
| 2005 | 8207 | 5630 | 556 | 145 | 40508 | 29853 | 2356 | 142 |

Fuente: FUMIAF, 2005; CONAFOR, 2004

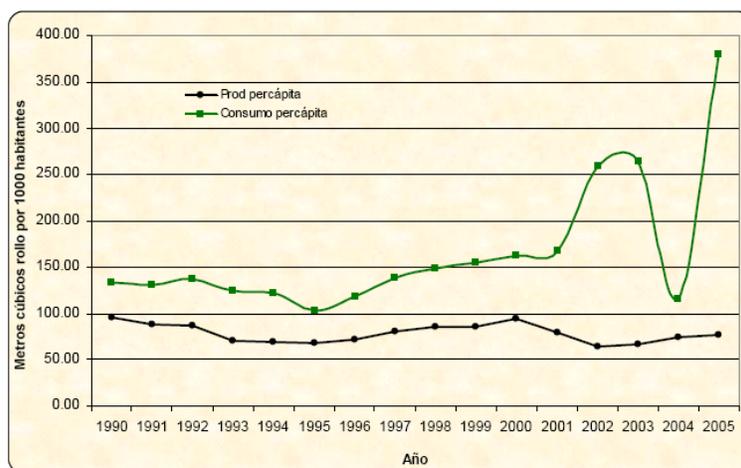


Figura 1. Producción y consumo per-cápita de madera en México (FUMIAF, 2005).

2.3. Limitantes y alternativas para la producción de cedro

Entre las limitantes que se presentan para el desarrollo adecuado del cedro, están: suelos pesados y pobres, suelos pantanosos y bajos, suelos con arena silíceas, presencia de plagas y enfermedades y exceso de luz durante los primeros años y ausencia de ella en etapas posteriores (Aguirre, 2002). Esto induce a plantear posibles soluciones a estos factores adversos. En este caso se tomó la decisión de plantear y evaluar algunos de los factores que tienen influencia en el crecimiento del cedro: eliminación del estrés de la planta por desbalance hídrico en temporadas de sequía mediante la aplicación de riego de auxilio, aplicación de fertilizante edáfico en la etapa temprana del cultivo y aplicación de insecticida sistémico al suelo como una forma de prevención de ataques de plagas.

La evaluación del efecto, combinado o independiente el uno del otro, de estos tres factores (riego, fertilización e insecticida), busca aportar conocimientos y elementos técnicos para el buen manejo del cultivo de *C. odorata*.

2.3.1. Aplicación de riego

La noción general que se tiene del riego es que “cuando las condiciones naturales de precipitación en las tierras agrícolas no son las apropiadas para mantener la humedad del suelo, es decir, cuando hay deficiencias de humedad, se requiere adecuar artificialmente esas condiciones, suministrando agua cuando escasea” (Dulá, 2000). El consumo de agua de las plantas es, relativamente, una constante para cada especie. Es decir, cuando las condiciones naturales de humedad son inferiores al consumo, estas condiciones se pueden adecuar nuevamente al rango conveniente, de manera artificial, aplicando agua al suelo, para restaurar las condiciones de humedad al nivel requerido por el cultivo, derivado esto de la diferencia entre los requisitos del consumo y la “lluvia efectiva” aprovechable, tal y como lo establecen Murray-Rust y Snellen (1993).

Las necesidades de agua de las plantas van a depender de la especie y su estado fenológico, del medio de cultivo y de las condiciones ambientales. De poco sirve un buen plan de nutrición, si no se encuentra en un sustrato húmedo, ya que el agua es el vehículo que pone en contacto a los nutrientes con las raíces; y el 98-99 % del agua que absorbe la planta se pierde en el proceso evapotranspirativo. Para lograr una nutrición correcta, es necesario

subsancar también los aspectos climatológicos, de sanidad, culturales y de manejo (Alarcón, 2008).

A través de muchos años se ha desarrollado investigación destinada a conocer la influencia del agua en los cultivos forestales, ya sea por métodos empíricos o por medio de datos experimentales, que en general evalúan la evapotranspiración a partir de registros climáticos y otros factores (Luque, 1981; Orson y Hansen, 1985; Pizarro, 1986; Salisbury y Ross, 2000; Camacho, 2004) entre los que destaca el balance de agua (Ángeles, 2002). En términos generales, el Centro Internacional para la Investigación y el desarrollo, para el caso de plantaciones forestales, recomienda la aplicación de un riego inicial suplementario, y riegos periódicos con intervalos no mayores de quince días, ya que mejora considerablemente la sobrevivencia de las plantas. En ningún caso la aplicación de riego podrá ser menor a 4.75 litros por planta cada quince días (IDRC, 2005).

Desde la década de los 60 se comprobó, en Puerto Rico, que el cedro puede doblar su crecimiento al aplicar fertilizante al suelo (Belanger, 1963). En 1999, Cintrón se dio a la tarea de comparar el crecimiento del cedro en diferentes países y bajo condiciones climáticas diferentes, cuyos resultados se presentan en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Crecimiento inicial de plantas de cedro establecidas en campo.

| País | Origen del material | Germinación | Supervivencia | Crecimiento anual | |
|-------------|---------------------|-------------|---------------|-------------------|----------|
| | | | | Altura | Diámetro |
| | | % | % | cm | mm |
| Puerto Rico | 5 procedencias | 10-62 | 98-100 | 26.2 | 8.4 |
| Venezuela | Venezuela | 85-90 | 93-97 | 120 | 8.5 |
| Trinidad | Trinidad | 90 | “baja” | 100 | nd* |
| Nigeria | 15 procedencias | nd* | 76 | 133.7 | 34.8 |
| Uganda | 12 procedencias | “buena” | 75-96 | 141 | 23.5 |
| Tanzania | 5 procedencias | nd* | 75 | 95 | nd* |

*No datos. Fuente: Cintrón, 1999.

En España se han obtenido crecimientos del cedro del orden de 1.7 metros en dos años, en tanto que la pauta indica crecimientos de 1.0 metro en el mismo tiempo (Cadahída, 2008). En el estado de Tabasco, se tiene información que nos indica que el crecimiento puede alcanzar valores del orden de 5.2 cm de DAP a los 12 meses (Cuadro 9) (De la Cruz, 2005).

Por su parte el FUMIAF (2005), ha realizado investigaciones sobre el mismo tema y encontró que después de transcurrido un año, los incrementos de diámetro, altura y volumen, eran de 22 %, 42 % y 8 % respectivamente mayores para las plantaciones que recibieron riego y fertilización en contraste con aquellas que no lo recibieron. A partir del quinto año, estos valores casi se duplican.

En el Cuadro 9 se muestran los resultados correspondientes a Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) y Altura total de la planta (AT) de una plantación en Balancán, cuyo dato más importante podría ser que a los 34 meses de establecida la plantación se tiene una media de DAP de 10 cm; valor que en las plantaciones tradicionales se obtiene generalmente después de cinco años.

Tabla 2. Incremento anual del diámetro a la altura de pecho (DAP) en plantaciones de cedro

| Localidad | Precipitación | Suelo | Edad | Distribución | Δ anual Θ^* |
|-----------------|---------------|--|-------------|--------------|---------------------------|
| | <i>mm</i> | | <i>Años</i> | <i>m</i> | <i>mm</i> |
| Puerto Rico | 1900 | Piedra caliza | 8.0 | 2.4 | 5.6 |
| Islas. Vírgenes | 1000 a 1200 | Superficial, sobre arcillas esquistosas | 8.0 | | 7.4 |
| Costa de Marfil | 1300 a 1500 | Marga arenosa derivada de granito | 7.5 | | 24.3 |
| Nigeria | 1600 | Marga arenosa superficial | 7.5 | | 31.9 |
| Tanzania | 1450 | “Bien drenado” | 5.6 | | 28.8 |
| México | 1200 | Derivado de piedra caliza | 8.0 | | 15.0 |
| Ecuador | 1200 | Aluvial, arenoso | | 6 por 4 | 40.0 |
| Jamaica | 2500 | Piedra caliza, arcilla liviana | 5.0 | | 16.0 |
| México | 1100 | Piedra caliza, arcilla delgada pedregosa | 8.0 | | 14.0 |
| México | 900 | Piedra caliza, arcilla arenosa | 12 | 8.0 | 6.7 |
| Panamá | 2600 | Aluvial, bien drenado | 12.0 | 1.5 por 3 | 20.0 |
| Honduras | 1800 | Piedra caliza y volcánico | 13.0 | 1.5 por 3 | 21.5 |
| Trinidad | 2400 | Piedra caliza, bien drenado | 15.0 | nd ** | 21.3 |
| Ecuador | 1200 | Aluvial | 18 a 20 | 3.0 | 25.0 |

*Incremento anual del diámetro. **No datos. Fuente: Cintrón, 1999.

Cuadro 9. Diámetro a la altura de pecho y altura total promedios a diferentes edades de una plantación de cedro con sistema de riego en Balancán, Tabasco.

| |
|-------------------------------------|
| Resultados de las mediciones |
|-------------------------------------|

| EDAD (meses) | DAP PROMEDIO (CM) | AT PROMEDIO (m) | % S* |
|--------------|-------------------|-----------------|------|
| 12 | 5.2 | 4.7 | 94 |
| 20 | 8.5 | 6.3 | 93 |
| 34 | 10 | 7.8 | 92 |

%S*: Porcentaje de supervivencia. Fuente: De la Cruz, 2005

Valores similares obtiene FUMIAF (2005) aplicando la misma tecnología, ya que espera obtener rendimientos de 1.90 m³ por árbol a los quince años de edad. La sobrevivencia mínima de las plantaciones en ambos casos fué de 94%, lo cual representa una gran ventaja en dichas plantaciones (Barrosa *et al*, 1992).

2.3.2. Aplicación de fertilizante

En el cultivo del cedro (*Cedrela odorata*), como en el de casi todas las especies vegetales, la utilización de fertilizantes químicos se hace casi imprescindible. Los fertilizantes químicos son utilizados en muchos viveros forestales. En nuestro país, incluso, se les entrega como parte del apoyo del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE). Los más comunes son el triple 17 (17-17-17), el dap (18-46-00) y la urea (46-00-00). Pero hay mucha confusión en cuanto a la aplicación correcta. Muchos “viveristas” han visto que al aplicarlo se “quema” la planta. Además, es común el uso de fertilizantes foliares que contienen NPK y micronutrientes para “poner verde a la planta”, pero no ayuda a estimular el crecimiento radicular ni aumenta los nutrientes en el sustrato (Patiño y Chávez, 1993; Bello y Tovar, 2000; Mexal *et al*, 2000; Wightman, 2002).

La segunda etapa de fertilización se dá con el establecimiento definitivo de las plántulas en campo y su primera fase de desarrollo. Se debe tener especial cuidado al momento de plantar, ya que la bolsa de polietileno en la que está contenida la planta debe retirarse y colocar al fondo del hoyo dos onzas (57 g) de fórmula química 16 - 20 - 0 ó 20- 20- 0 cubriéndose con una pequeña capa de tierra y posteriormente se coloca el pilón conteniendo la planta con el cuidado de que el cuello del árbol quede a nivel del suelo, y apisonar bien para que no queden cámaras de aire. Se sugiere realizar una segunda aplicación; en este caso de sulfato de amonio a razón de dos onzas (57g) por planta, colocado a unos ocho

centímetros del tronco del árbol. Esta fertilización se realiza finalizando la estación lluviosa o 60 días después de realizado la primera fertilización (CATIE, 1991, 1996).

Otros autores defieren un tanto en la fecha en que debe realizarse la fertilización del cedro, ya que esta deberá realizarse de 15 a 30 días después de la plantación en una dosis única de 50 a 60 g por planta de cualquiera de las siguientes fórmulas: 17-17-17 (NPK), 10-34-6, 10-28-6, 5-30-10, 10-30-10, 5-30-6 o 8-20-20 (CATIE, 2000; Delgado, 2000; Aguirre, 2002; FUMIAF, 2005).

2.3.3. Aplicación de pesticidas:

La aplicación de pesticidas en el cultivo del cedro tiene que ver fundamentalmente con la cantidad y calidad final de la madera.

Existe una cantidad considerable de plagas y enfermedades que atacan al cedro, principalmente en su etapa juvenil entre las que cabe mencionar, según Aguirre (2002): el pulgón saltador (*Caelocara ernstii*), el saltahojas (*Dikrancura cedrelae*), el gusano de las hojas de cedro (*Leuocophobetrion argentiflua*), así como el hongo basidiomiceto formes *cedrelae* (*Fulviformes cedrelae*) que causa la pudrición del corazón de la madera, que a su vez degenera en huecos en el fuste. Sin embargo, el principal daño es causado por el insecto *Hypsipyla grandella*, al cual se le conoce también como el barrenador de las meliáceas americanas.

Para el control de esta última plaga se han evaluado, y con buenos resultados, el control biológico, principalmente a base de *Hexameris* sp. (nemátodos en larvas), *Metiops mirabilis* Towns (Tachinidae en larvas y pupas) y una especie no determinada de *Trychogrammatidae*, en huevos. También se puede controlar con avispa *Apantelles* sp., *Ipobracron* sp., *Microbracon cushmani*, *Bracon cushmani*, *Mesostenus* sp., *Trichomma* sp., *Stenavella brevicuadis* y la mosca *Sarcophaga* sp. (Ramírez, 1964; Hidalgo-Salvatierra y Berrios, 1972; Grijpma, 1974; Griffiths, 2001; Aguirre, 2002; Hilje y Cornelius, 2001; Hilje, 2004; Hilje, 2007).

Los entomopatógenos conocidos son a base de la bacteria *Bacillus thurriensis* y los hongos *Metarrhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, los cuales pueden ser aplicados en

la época de lluvias, en horas de la tarde, para evitar las horas de alta insolación. Los biocidas tienen el inconveniente de su poca permanencia en el ambiente al no existir condiciones favorables para su desarrollo (Aguirre, 2002; INIFAP, 1998).

En altas poblaciones y daño, el control químico es casi obligatorio. Bajo esta situación generalmente se utilizan productos sistémicos, elaborados a base de Carbosulfan, Methomyl, Carbofuran, etc. Del primero se aplican 2 ml por litro de agua, con bomba de mochila directamente a los brotes, follaje y fuste de cada árbol. Las aplicaciones preventivas pueden efectuarse cada 30 días, si el daño es severo se harán con intervalos de 10 días, haciendo tres aplicaciones con diferentes productos para no causar resistencia del insecto ante un solo producto (INIFAP, 2004).

Para el caso de Methomyl y Carbofurán se tienen experiencias en su manejo colocándolos en cápsulas de polímeros (8 cm de longitud y 1 cm de diámetro) y aplicados al suelo, enterrándolos superficialmente y a 30 cm alrededor del árbol (Allan, 1973; Wilkins, 1973). El número de cápsulas puede ser de hasta 12 por cada árbol. Esta modalidad de control puede ser hecha al inicio de las lluvias ya que el insecticida es liberado lentamente e incorporado a la planta obteniéndose buena protección del árbol, por 160 y 340 días respectivamente, según los autores arriba citados.

2.4. La importancia de *Hypsipyla grandella* en el cultivo del cedro rojo.

El barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), es considerada la principal plaga de las meliáceas americanas (Hilje, 2007); específicamente de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*), de tal forma que constituye un factor limitante en las plantaciones de estas especies, por lo que se le considera una de las plagas forestales más severas conocidas en el trópico americano (Briceño, 2007).

2.4.1. Distribución

La distribución del taladrador de las meliáceas probablemente coincide con la de sus plantas hospederas principales (Macias-Sámamo, 2001); es decir, las caobas y los cedros, en

el sur de la Florida, la mayoría de las islas de las Indias Occidentales, México (desde Sinaloa hasta el sur), Centroamérica y América del Sur, con la excepción de Chile (Griffiths 2001, Howard y Mérida, 2007).

En México, como en el resto del trópico americano, *H. grandella* se ha considerado como una plaga crónica que limita el establecimiento exitoso de plantaciones de cedro y caoba en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

Debido a la importancia económica de esta plaga, se ha generado información diversa sobre ella, incluyendo aspectos sobre su biología (Ramírez-Sánchez, 1964; Grijpma y Gara, 1970; Roovers, 1971; Whitmore, 1976) y ecología (Grijpma y Gara, 1970; Gara *et al.* 1975; Whitmore, 1976) hasta los métodos de control, ya sean estos químicos, biológicos o silviculturales

2.4.2. Ciclo biológico, hábitos y daño.

El principal daño es causado por la larva que destruye el meristemo principal de las plantas jóvenes, barrenando las puntas y haciendo túneles en los tallos jóvenes (Fors, 1944; Becker, 1973; Marquetti, 1990; Howard, 2007). La alimentación continúa generalmente en la médula, consumiendo la corteza, floema y hojas. Los rebrotes de las plantas afectadas por repetidos ataques del insecto, dan como resultado retraso en el crecimiento de las plantas, numerosas ramas laterales y, consecuentemente, árboles mal formados, indeseables para la producción de madera (Briceño, 2007), principalmente porque la troza basal es la más valiosa y un árbol con una bifurcación baja no produce madera de valor comercial; e incluso, si los ataques son continuos la planta puede morir (Fornes, 2006). Aunque en general son dos o tres larvas que atacan al mismo tiempo una planta, en la cual completan su ciclo, el umbral de tolerancia es menor, pues con apenas una larva por árbol el daño resulta severo (Briceño, 2007). El número de estados larvarios puede variar entre 5 y 7 pero, más frecuentemente, han sido observados 6 instares (Hidalgo y Berrios, 1972). El ciclo total de vida es completado en 4 a 7 semanas (promedio 5 semanas) dependiendo de las condiciones climáticas y la disponibilidad de alimento adecuado. La duración promedio de los diferentes estados de *H. grandella* (a 25 °C y 60 % de humedad relativa) son: huevos: 4 días, larvas: 20 días, pupas: 10 días y adultos (hasta oviposición): 2 días. Sliwa y

Becker (1973) y Sterringa (1973), observaron que dependiendo de la disponibilidad de alimento y condiciones climáticas el número de generaciones por año varía considerablemente.

2.4.3. Control y manejo

Los ensayos para establecer en gran escala plantaciones puras de cedro (*Cedrela* spp.), han fallado, en gran parte, debido a la presencia de esta plaga (Howard, 2007); sin embargo, es posible realizar un control integrado de la misma si se toman en cuenta factores tales como: uso de variedades de plantas más resistentes al ataque de la plaga, manejo adecuado de semillas y plántulas en el vivero, selección del sitio de plantación con suelos bien drenados y fértiles, y ejecución de prácticas silviculturales consistentes en podas, control de malezas y fertilización foliar y/o edáfica (Briceño, 2007). Todos estos factores deben de estar fundamentados y regidos, según Fornes (2006), por tres disciplinas principales a saber:

Genética: Nos indica qué plantar. Existen poblaciones e individuos (en el rango de distribución natural de *Cedrela* en México) con la suficiente diversidad genética y potencialidad en cuanto a crecimiento, forma, calidad de la madera y plasticidad para afrontar diversos factores bióticos y abióticos que limitan su cultivo.
Ecofisiología: Nos indica dónde plantar. Existen diferencias a nivel de especie en cuanto al tipo de estrategias ecofisiológicas y a su grado de plasticidad fenotípica para modificar estructuras y procesos relacionados con la resistencia al estrés hídrico y térmico.
Silvicultura: Nos indica cómo plantar. El manejo integral, basado en los aspectos biológicos de *H. grandella* y en tratamientos silviculturales, permiten disminuir los daños económicos ocasionados en viveros y plantaciones comerciales.

2.4.3.1. Manejo silvicultural

Desde el punto de vista ecológico, particularmente en el trópico húmedo, las plantaciones puras a gran escala de especies de árboles de meliáceas representan una situación poco común. La ocurrencia aislada de esos árboles bajo condiciones de bosque natural condujo al desarrollo de los métodos silviculturales imitando algunas de esas condiciones ecológicas. Básicamente, los principales factores tomados en consideración se refieren a: reducción del número de meliáceas por hectárea, presencia de sombra y calidad del sitio de plantación

(Grijpma, 1974). La presencia o ausencia de sombra en relación con el ataque de este insecto ha sido largamente discutido por Chablé (1967), Noltee *et al* (1926), Beeson (1961) y Roberts (1968) entre otros, (citados por Grijpma, 1974).

2.4.3.2. Control biológico

Bajo condiciones ideales, el control biológico puede proveer un sistema de control a más largo plazo, siempre que las poblaciones fluctúen por debajo del umbral económico. En el trópico, bajo condiciones de alta humedad relativa y altas temperaturas, donde existe una diversidad de especies insectiles, el control biológico podría ofrecer ventajas comparativas en relación al control químico (INIFAP, 1998).

2.4.3.3. Control integrado

Los métodos anteriores tienen como objetivo obtener un control factible, económico y ecológico del barrenador de las meliáceas, *H. grandella*. Tomando en consideración el tiempo que tardan para crecer los árboles antes de ser cosechados, parecería que ningún método aplicado solo, dé un resultado óptimo para la protección adecuada de las meliáceas, para que la producción se incremente y para que se pueda comparar con los resultados obtenidos en condiciones de un bosque natural (Grimpja, 1974). Sin embargo, las combinaciones de los métodos silviculturales, biológicos, químicos y mecánicos pueden crear un sistema de medidas complementarias de protección no solo del árbol sino de un equilibrio del ambiente y con una promesa de retornos económicos deseables. En el manejo integrado se tiene como premisa que cualquier tipo de control aplicado solo, nunca daría un resultado óptimo, por lo que es necesario utilizar dos o más métodos de control con el objeto de obtener protección tanto de la especie vegetal como del medio ambiente circundante.

Con el fin de aportar conocimientos nuevos o, reforzar aquellos que ya se tienen en lo relativo al desarrollo del cedro rojo en su etapa juvenil, es que se ha propuesto y desarrollado la presente investigación, específicamente para determinar como la planta responde a la disponibilidad de agua y nutrientes reflejado en el crecimiento a través del

incremento de la altura total y del diámetro, además del efecto de la aplicación de insecticida sistémico, y su relación con la incidencia de *H. grandella*.

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Localización y descripción del área de estudio

El trabajo de campo se realizó del 02 de abril al 05 de septiembre de 2008 en una plantación joven de cedro que se estableció en una superficie de 0.5 ha en el lote D6 del campo experimental “El Trapecio” del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco con ubicación geográfica 18° 01' latitud norte y 93° 03' longitud oeste (km-21 de la carretera federal Cárdenas-Coatzacoalcos). El clima es tropical (cálido-húmedo) con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 26.7° C y mínima de 23° C, la precipitación y evaporación promedio anual es de 2240.3 y 1400 mm respectivamente. El suelo es un Vertisol gleyi-estagnico (Palma *et al.*, 2007; Salgado *et al.*, 2008). El lote mencionado cuenta con sistema de riego por aspersión.

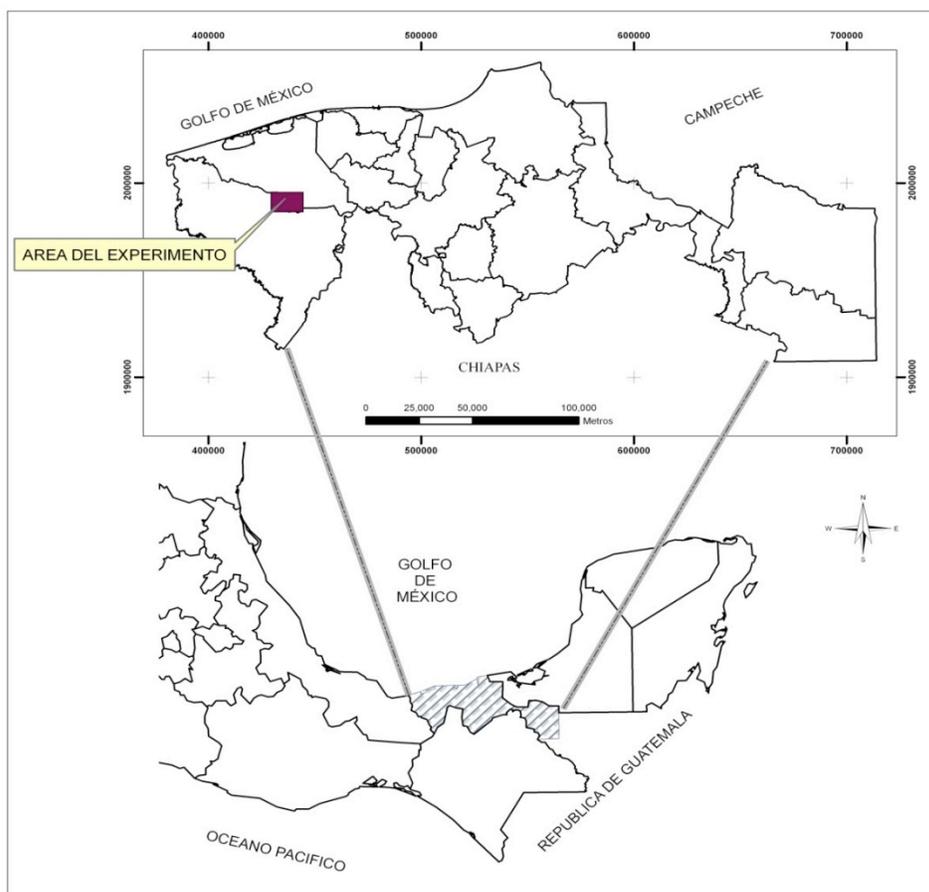


Figura 2. Localización del área de estudio.

Las plantas, obtenidas previamente en vivero con cuatro meses de desarrollo, se trasplantaron a inicio de abril de 2008 bajo un arreglo topológico en marco real de 3 x 3 m y con una densidad de 1100 plantas por hectárea.

3.2. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron los factores riego, fertilizante e insecticida, con dos niveles cada uno, por lo que se empleó un diseño factorial de la serie 2^k , con $k=3$ (Hinkelman y Kempthorne, 1994; Rodríguez, 1997). Para efectos del análisis estadístico, las 23 combinaciones de tratamientos generados se representan simbólicamente de acuerdo con el orden de Yates (Martínez y Martínez, 1996):

| | |
|---|---|
| T ₁ . A ₀ F ₀ I ₀ | T ₅ . A ₀ F ₀ I ₁ |
| T ₂ . A ₁ F ₀ I ₀ | T ₆ . A ₁ F ₀ I ₁ |
| T ₃ . A ₀ F ₁ I ₀ | T ₇ . A ₀ F ₁ I ₁ |
| T ₄ . A ₁ F ₁ I ₀ | T ₈ . A ₁ F ₁ I ₁ |

Dónde:

T_{1...8}: Número de tratamiento

A: Agua

F: Fertilizante

I: Insecticida

Subíndices 0,1: Denotan los dos niveles de estudio (sin y con).

Por lo que se obtuvieron y evaluaron los siguientes tratamientos

- T1. Plantas sin riego, sin fertilizante, sin insecticida
- T2. Plantas con riego, sin fertilizante, sin insecticida
- T3. Plantas sin riego, con fertilizante, sin insecticida
- T4. Plantas con riego, con fertilizante, sin insecticida
- T5. Plantas sin riego, sin fertilizante, con insecticida
- T6. Plantas con riego, sin fertilizante, con insecticida
- T7. Plantas sin riego, con fertilizante, con insecticida

T8. Plantas con riego, con fertilizante, con insecticida.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones (Rodríguez, 1997; Romero y Zúnica, 2005), en donde se considera como repetición a la parcela constituida por nueve plantas. Los factores considerados se aplicaron de la siguiente manera:

Factor riego (A). La lámina de riego (LR) se calculó en base a características físicas del suelo, de acuerdo a la fórmula citada por Camacho (2004), en la que se integran una serie de elementos adicionales (Ángeles, 2002) de carácter climático (Cadahída *et al*, 2005); así como las consideraciones y valores obtenidos por Palma (1985) para el tipo de suelo en cuestión:

$$LR = \frac{(CC - PMP) * Da * Pr}{100 * Dw}$$

Donde:

LR: Lámina de riego (cm)

CC: Capacidad de campo (%)

PMP: Punto de marchitez permanente (%)

Da: Densidad aparente ($g\ cm^{-3}$)

Pr: Profundidad radicular (cm)

Dw: Densidad del agua ($g\ cm^{-3}$)

La aplicación de agua se hizo de manera directa en la base de la planta utilizando cubetas graduadas, en cada una de las fechas correspondientes a intervalos de cuatro días entre una y otra aplicación.

Factor fertilizante (B). En otras regiones la fertilización en cedro ha tenido buenos resultados utilizando las fórmulas 15-15-15 (PROMABOS, 2007) y 16-16-00, o, 20-20-00 (CATIE, 1996) aplicada de manera diferida en dos momentos: la primera al momento de plantar (57 g), y una segunda aplicación de igual cantidad a los dos meses después de plantar, o bien, al término de la estación de lluvias. En este caso, debido a las condiciones

de clima y suelo en la zona, se realizó una sola aplicación de fertilizante, inmediatamente después de la siembra, consistente en 50 g de mezcla de triple 17 y cloruro de potasio, de tal manera que la fórmula quedó balanceada en 17-17-60. La aplicación de fertilizante se realizó a tres golpes por planta tratada, en forma de triángulo y a 10-12 cm equidistantes del tronco de la misma (PNUD, 1997; Lotschert, 1995).

Factor insecticida (C). Se evaluó el insecticida sistémico carbofurán, conocido comercialmente con el nombre de Furadán, en su presentación granulada al 5%. Se aplicaron 12 gramos por planta a intervalos de 30 días entre cada aplicación. Ésta se realizó a tres golpes por planta en forma de triángulo equidistantes a 10-12 cm de la misma.

3.3. Criterios de evaluación

El efecto de los tratamientos fue evaluado determinando las siguientes variables:

1. Altura de las plantas
2. Diámetro del tronco
3. Número de plantas barrenadas por la plaga.
4. Número de deformaciones del fuste.

La evaluación de la altura y diámetro del tronco de las plantas se realizó cada dos semanas. La altura de las plantas se consideró desde la base del tronco hasta el ápice del brote principal. El diámetro de las mismas se midió a los 15 cm de la base del tronco. La toma de datos se realizó a todas las plantas bajo observación; es decir, nueve plantas por cada tratamiento y repetición. Para el análisis estadístico se utilizaron los datos de la última toma; considerando el promedio de las observaciones realizadas. Para el caso de barrenaciones se realizaron revisiones semanales revisando a detalle el brote de cada una de las plantas. Se considera como planta barrenada aquella que presente una perforación en el brote, lo cual se detecta por la presencia de aserrín fresco acumulado por la larva en el exterior de la galería. Se consideró evaluar el número de deformaciones al final del experimento.

3.4. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza del diseño factorial 2^3 , y a la comparación múltiple de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) mediante el programa SAS 9.1. Ver. Esp.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan en tablas sintetizadas de cada una de las variables evaluadas en el orden que se expusieron en la metodología: Riego, Fertilizante e Insecticida. En ellas se contemplan los niveles evaluados (con y sin), sus medias (expresadas en centímetros) y su comparación estadística.

Riego

Los resultados de la evaluación del efecto de la aplicación de riego de auxilio en plantaciones de cedro en la etapa posterior inmediata a su establecimiento en campo, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación múltiple de medias para las variables altura y diámetro promedios (Tukey, $P \leq 0.05$). Factor riego con dos niveles de aplicación, en el cultivo del cedro.

| Riego/nivel | Altura promedio (cm) | Diámetro promedio (cm) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Con riego | 34.58 A | 0.78 A |
| Sin riego | 31.60 A | 0.68 B |
| Media | 33.09 | 0.730 |
| C.V. | 10.33% | 12.34% |
| NSO | 0.050* | 0.016* |
| DSM | 2.994 | 0.078 |

Notas: Medias con la misma literal en columna no son diferentes estadísticamente; C.V.= Coeficiente de variación; NSO = Nivel de significancia observado de la prueba; DMS = Diferencia mínima significativa; *Efectos significativos.

Para el caso de la variable altura, aún cuando existe diferencia numérica entre la media de los tratamientos que recibieron riego y la media de aquellos que no lo recibieron (T2-T4-T6-T8 Vs T1-T3-T5-T7; o sea: 34.58 cm Vs. 31.60 cm), estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey no resultaron diferentes, a pesar de haberse encontrado un efecto significativo en el análisis de la varianza. Sin embargo; cuando observamos el comportamiento del diámetro encontramos resultados diferentes, según se aprecia en la Tabla 3. Mientras que el valor de la media del diámetro para los tratamientos que no recibieron riego de auxilio se mantuvo en 0.68 cm (**A**), para los tratamientos que si lo recibieron el valor promedio del diámetro tuvo un aumento superior al valor de la DMS (0.078 cm), para ubicarse en 0.78 cm (**B**). Es decir, para el caso de plantaciones de cedro recién establecidas, bajo estas condiciones geográficas, edafoclimáticas y de manejo; la

aplicación de riego influye de manera estadística significativa en el aumento de la altura total y del diámetro de las plantas. En esta última variable la aplicación de riego implica un aumento del orden de 14% más con respecto a aquellos tratamientos que no recibieron riego.

Fertilizante

Los resultados derivados de la aplicación de fertilizante al cultivo de cedro en su etapa temprana, se condensan y presentan en la tabla 4. En esta tabla se aprecia la influencia determinante que la fertilización ejerce sobre el aumento de la altura total y el diámetro.

Tabla 4. Comparación múltiple de medias para las variables altura y diámetro promedios (Tukey, $P \leq 0.05$). Factor fertilizante con dos niveles de aplicación en el cultivo del cedro-

| Fertilizante/nivel | Altura promedio (cm) | Diámetro promedio (cm) |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Con fertilizante | 40.626 A | 0.900 A |
| Sin fertilizante | 25.565 B | 0.560 B |
| Media | 33.095 | 0.730 |
| C.V. | 10.332% | 12.341% |
| NSO | <.0001** | <.0001** |
| DSM | 2.994 | 0.078 |

Notas: Medias con la misma literal en columna no son diferentes estadísticamente; C.V.= Coeficiente de variación; NSO = Nivel de significancia observado de la prueba; DMS = Diferencia mínima significativa; **Efectos altamente significativos.

El bajo coeficiente de variación, tanto para altura (10.33%), como para diámetro (12.34%), fue un resultado de la correcta aplicación de los tratamientos, lo que permite establecer conclusiones estadísticas sólidas respecto del efecto de los factores en estudio sobre las variables en evaluación. Adicionalmente, el elevado nivel de significancia observado en el análisis de varianza (<.0001) que comparten ambas variables de estudio nos permite afirmar categóricamente que, para este trabajo y bajo las condiciones ambientales específicas y de manejo en que se desarrolló, la aplicación de fertilizante (50 g de la fórmula 17-17-60/planta) tiene un claro efecto directo en el aumento de la altura total de la planta, así como de su diámetro. Los aumentos fueron del orden de 58.92% y 60.71% respectivamente en altura y diámetro en los tratamientos a los que se le aplicó fertilizante en contraste con los que no se les aplicó; según se aprecia en la tabla 4. Así, para el caso de altura, la diferencia entre la media de los tratamientos que recibieron fertilizante y los que no lo recibieron es de cinco veces la Diferencia Significativa Mínima (2.994 cm); o sea,

15.06 cm. En el caso del diámetro la brecha entre ambas medias se reduce ligeramente, al alcanzar 4.35 veces la DSM (0.078 cm).

Insecticida

Contrariamente a lo que se podría esperar, la aplicación de pesticida tiene un peso estadístico significativo para al menos una de nuestras variables en estudio; en este caso la altura total de las plantas. Según se puede apreciar en la tabla 5, existe una diferencia estadística entre las medias de los tratamientos que recibieron pesticida y los que no, equivalente a 3.34 cm (1.11 veces la DSM). Por su parte, para la variable diámetro no existe diferencia estadística alguna. Si atendemos a la simple aritmética, tendremos que la diferencia entre la media de los tratamientos que recibieron pesticida contrastada con la media de aquellos tratamientos que no recibieron, es de 0.063 cm; lo que representa un valor por debajo de 0.078 cm, que es el equivalente de la DSM; al cual mínimamente debería de equipararse para ser estadísticamente diferentes. No se puede precisar a qué se debe la influencia del pesticida en el aumento de la altura total de las plantas de cedro, ya que las condiciones edafoclimáticas y de manejo de los bloques fue similar para todos. Este tema se retomará más adelante, al tratar lo referente al efecto de bloques en el experimento.

Tabla 5. Comparación múltiple de medias para las variables altura y diámetro promedios (Tukey, $P \leq 0.05$). Factor insecticida con dos niveles de aplicación, en el cultivo del cedro-

| Insecticida/nivel | Altura promedio (cm) | Diámetro promedio (cm) |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Con insecticida | 34.76 A | 0.761 A |
| Sin insecticida | 31.42 B | 0.698 A |
| Media | 33.095 | 0.730 |
| C.V. | 10.332% | 12.341% |
| NSO | 0.0314* | 0.1071 |
| DSM | 2.994 | 0.078 |

Notas: Medias con la misma literal en columna no son diferentes estadísticamente; C.V.= Coeficiente de variación; NSO = Nivel de significancia observado de la prueba; DMS = Diferencia mínima significativa; *Efectos significativos.

Hasta aquí se ha visto el efecto que los elementos evaluados de manera independiente en los tratamientos ejercen sobre las variables en estudio. La influencia del riego, fertilizante e

insecticida sobre la altura y el diámetro de las plantas tratadas han sido analizados estadísticamente y los resultados se han consignado líneas arriba. Sin embargo: ¿Qué sucede cuando los elementos en evaluación interactúan entre ellos? ¿Cómo responde la planta cuando recibe la influencia simultánea de dos o más de ellos? ¿La combinación de los mismos necesariamente produce una sinergia? ¿...O los inhibe?

En la tabla 6 se aprecia el valor del nivel de significancia observado para las diferentes interacciones (de dos o más de los factores evaluados) que resultan de las combinaciones posibles del experimento factorial (2^3).

Tabla 6. Valores del nivel de significancia observado (NSO) para las interacciones de los factores riego, fertilizante e insecticida aplicados en un DBCA (factorial 2^3), en el cultivo de cedro.

| Fuente de variación/interacciones | NSO altura | NSO diámetro |
|--|-------------------|---------------------|
| Bloques | 0.0060** | 0.4267 |
| Riego * Fertilizante | 0.0029** | 0.0040** |
| Riego * Insecticida | 0.1287 | 0.1955 |
| Fertilizante * Insecticida | 0.0288* | 0.0199* |
| Riego * Fertilizante * Insecticida | 0.4235 | 0.3357 |

*Significativa; **Altamente significativa

De la tabla anterior (6) llaman la atención dos cosas. La primera es que: el valor de NSO es totalmente disímbolo para altura y diámetro por efecto de bloques, ya que este es altamente significativo para altura (0.0060), en tanto que para diámetro no alcanza a ser estadísticamente significativo (0.4267). Es decir, para efectos del experimento, daría lo mismo bloquear que no hacerlo, en lo referente a diámetro. La segunda es que: el valor de NSO para la interacción de los tres factores considerados en el experimento (riego, fertilizante e insecticida) resultó claramente no significativo en ambas variables (altura y diámetro), el cual es de 0.4235 y 0.3357 respectivamente. Es decir, podemos afirmar que el aumento de altura total y diámetro de las plantas de cedro para este experimento no se debe a la incidencia simultánea de riego, fertilizante e insecticida en las mismas (aunque es el tratamiento que mostró la media más alta). Indudablemente que la aplicación de fertilizante es determinante (NSO altura: $<.0001$ y NSO diámetro: $<.0001$) para el buen desarrollo de altura y diámetro (aumenta 58.92 % y 60.71 % respectivamente, contrastado con la no aplicación), pero su efecto es independiente de si se aplica combinado con otros factores o

no. Dicho de otra forma, no existe una potenciación del efecto de los factores cuando estos se combinan entre sí.

Por su parte, la interacción del riego con el fertilizante presenta un nivel de significancia observado altamente significativo, tanto para altura como para diámetro (0.0029 y 0.0040). De la interacción del riego con el insecticida diremos que no existe una influencia directa apreciable de la combinación de estos dos factores sobre nuestras variables de estudio (altura y diámetro) al mostrar valores de NSO mayores a 0.05 (0.1287 y 0.1955 respectivamente). Para el caso de la combinación de fertilizante con insecticida los valores de NSO son: altura = 0.0288 y diámetro = 0.0199, por lo que se consideran significativos.

Las tablas 7 y 8 resultan del mayor interés e importancia, pues con base en los resultados contenidos en ellas podemos entender y explicar estadísticamente lo sucedido en el experimento. Los tratamientos evaluados, así como sus promedios, se presentan en orden descendente, según fue establecido en la metodología, señalando las medias que resultaron estadísticamente iguales con la misma literal (agrupamiento Tukey) correspondientes a cada uno de ellos (desde **A** hasta **D**).

La tabla 7 se refiere a la variable altura, y es la que se presenta a continuación:

Tabla 7. Comparación múltiple de medias para la variable altura (cm) para los tratamientos evaluados (Tukey, $P \leq 0.05$).

| Tratamiento | Media (cm) |
|---|-----------------|
| T ₈ . (Con riego, con fertilizante, con insecticida) | 49.69 A |
| T ₄ . (Con riego, con fertilizante, sin insecticida) | 39.55 B |
| T ₇ . (Sin riego, con fertilizante, con insecticida) | 38.29 B |
| T ₃ . (Sin riego, con fertilizante, sin insecticida) | 34.96 CB |
| T ₁ . (Sin riego, sin fertilizante, sin insecticida) | 27.16 C |
| T ₅ . (Sin riego, sin fertilizante, con insecticida) | 25.99 CD |
| T ₆ . (Con riego, sin fertilizante, con insecticida) | 25.07 D |
| T ₂ . (Con riego, sin fertilizante, sin insecticida) | 24.03 D |
| C.V. | 10.33 |
| NSO Bloques | 0.0060** |
| NSO Tratamientos | <0.0001** |
| DSM | 9.852 |

Notas: Medias con la misma literal en columna no son diferentes estadísticamente; C.V.= Coeficiente de variación; NSO = Nivel de significancia observado de la prueba; DMS = Diferencia mínima significativa; *Efectos significativos. **Efectos altamente significativos.

En la tabla 7 se aprecia con claridad que el mejor tratamiento es el T₈ (**A** = 49.69 cm).

El tratamiento que mostró el segundo mejor crecimiento fue T_4 (con riego, con fertilizante, sin insecticida) con una media absoluta de 39.55 cm, 10.14 centímetros menos que T_8 . Si consideramos que la DSM es de 9.85, entonces tenemos que T_4 es estadísticamente diferente a T_8 ($T_4 = \mathbf{B}$). Por su parte T_7 (media = 38.29 cm) es un tratamiento estadísticamente igual a T_4 .

Mención aparte merece la significancia estadística que para bloques y tratamientos ocurrió en el experimento, cuyo valor fue de 0.0060 y <0.0001 respectivamente (para la variable altura); lo que justifica la decisión tomada en cuanto a bloqueo. El Coeficiente de Variación (C.V = 10.33%) confirma que el experimento fue bien planteado y ejecutado.

Como parte de la investigación, según ya se ha visto, se planteó y evaluó el efecto de los factores agua, fertilizante e insecticida en el aumento del diámetro de las plantas de cedro. Todo lo referente a la significancia estadística de los tratamientos para la variable diámetro se presenta en la tabla 8.

En la tabla 8 resalta el hecho de que el valor del nivel observado de significancia para el efecto de bloques no es significativo (0.426), en tanto que para tratamientos es altamente significativo (0.0001).

Otro asunto a tomar en consideración, es que, la diferencia (numérica y estadística) que existe entre los dos tratamientos punteros (T_8 y T_4) no es tan marcada; ya que es de solamente 0.246 cm; valor apenas similar a la DSM, con balance positivo para T_8 , lo que lo convierte en el tratamiento con el mejor promedio para diámetro (1.136 cm = \mathbf{A}). Sin embargo, los tratamientos que le siguen (T_4 y T_7) resultaron iguales estadísticamente.

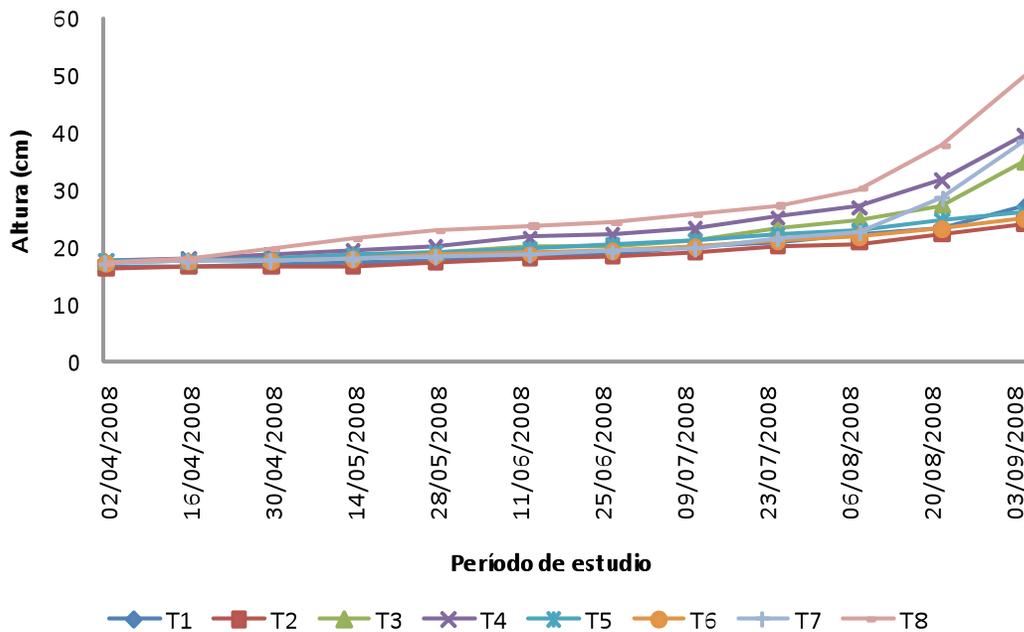
La media de los tratamientos que le siguen (en orden descendente), nos muestra que el tratamiento T_6 (con riego, sin fertilizante, con insecticida) es el que tuvo la media más baja ($\mathbf{D} = 0.536$ cm); lo que nos lleva a pensar que el agua, actuando como factor único, no tiene efecto alguno en el incremento del diámetro de las plantas de cedro.

Tabla 8. Comparación múltiple de medias para la variable diámetro (cm) para los tratamientos evaluados (Tukey, $P \leq 0.05$).

| Tratamiento | Media (cm) |
|---|------------------|
| T ₈ . (Con riego, con fertilizante, con insecticida) | 1.135 A |
| T ₄ . (Con riego, con fertilizante, sin insecticida) | 0.890 BC |
| T ₇ . (Sin riego, con fertilizante, con insecticida) | 0.823 BC |
| T ₃ . (Sin riego, con fertilizante, sin insecticida) | 0.750 BCD |
| T ₁ . (Sin riego, sin fertilizante, sin insecticida) | 0.596 CD |
| T ₂ . (Con riego, sin fertilizante, sin insecticida) | 0.556 D |
| T ₅ . (Sin riego, sin fertilizante, con insecticida) | 0.550 D |
| T ₆ . (Con riego, sin fertilizante, con insecticida) | 0.536 D |
| C.V. | 12.341% |
| NSO Bloques | 0.426 |
| NSO Tratamientos | <0.0001** |
| DSM | 0.259 |

Notas: Medias con la misma literal en columna no son diferentes estadísticamente; C.V.= Coeficiente de variación; NSO = Nivel de significancia observado de la prueba; DMS = Diferencia mínima significativa; *Efectos significativos. **Efectos altamente significativos.

Derivado del calendario de actividades se hicieron tomas quincenales de altura total y diámetro, cuyos resultados están contenidos en los anexos 5 y 6. Adicionalmente se presentan las figuras correspondientes (3 y 4) para cada variable, donde se aprecia la curva de crecimiento para cada tratamiento a través del tiempo.



Figura

3. Valores promedio de altura por tratamiento y fecha para plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.)

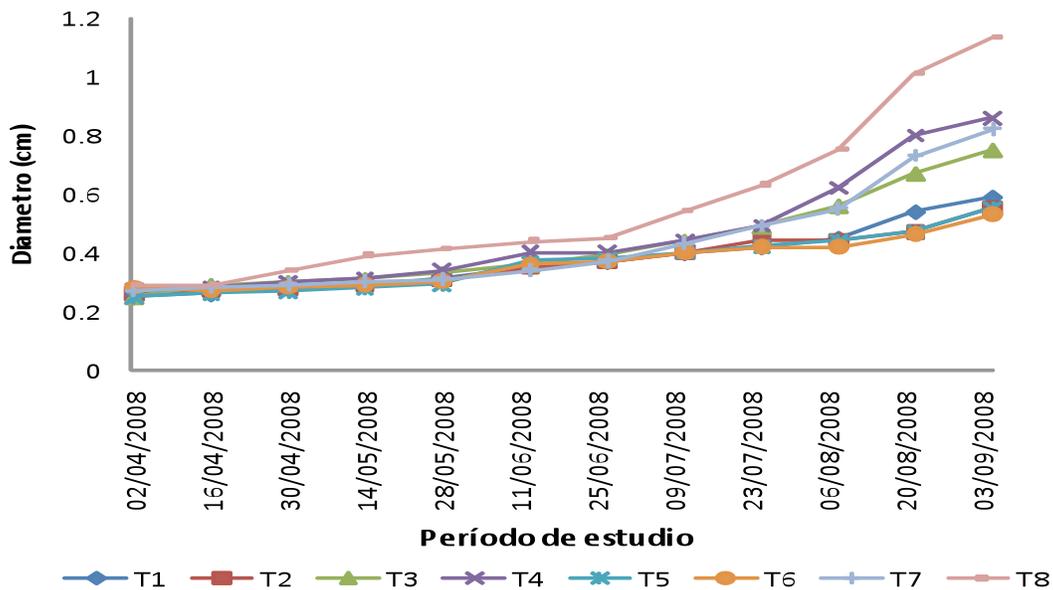


Figura 4. Valores promedio de diámetro, por tratamiento y fecha, de plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.).

De acuerdo a la información mostrada por todas y cada una de las tablas y cuadros, así como por las figuras construidas a partir de los mismos, se tiene que el mejor tratamiento es el T₈ (con riego, con fertilizante, con insecticida), seguido por el T₄ (estadísticamente diferente de T₈), T₇ (sin riego, con fertilizante, con insecticida) y T₃ (sin riego, con fertilizante, sin insecticida). Se aprecia con claridad que el factor más importante en el crecimiento del cedro (*Cedrela odorata* L) es el fertilizante (presente en T₈, T₄, T₇ y T₃). El riego es también un factor importante en el crecimiento de las plantas (Nivel de significancia observado de su efecto: altura= 0.050 y diámetro= 0.016).

Si contrastamos los resultados obtenidos en esta investigación con los de regiones similares, se verá que los valores promedio de los primeros se ubican dentro del rango obtenido por los segundos.

No se registraron daños de *H. grandella* en ninguno de los tratamientos, incluyendo aquellos que no contemplaron la aplicación de insecticida, y se desconocen las causas de ello, pues las plantas se encontraban en estado susceptible para ser atacadas por la plaga. Posiblemente la ausencia de ella se debió a una baja densidad poblacional aunada a una

situación de azar, en la que las plantas sin insecticida no fueron atacadas. Por el contrario, tal vez se presentó en plantas tratadas con carbofurán y debido a la alta toxicidad y persistencia de este producto (por su formulación granulada) la plaga en estado larval no logró colonizar las plantas.

V. CONCLUSIONES

- En este trabajo el factor que más influyó en el rápido crecimiento y desarrollo de las plantas de cedro fue la fertilización.
- En este trabajo el factor riego no fue determinante para el aumento de la altura total y del diámetro en las plantas de cedro, en el período inmediato posterior al establecimiento definitivo de la plantación en campo.
- En este trabajo la aplicación de insecticida no tuvo una importancia directa en el crecimiento de las plantas de cedro.
- Al combinar los factores riego, fertilizante e insecticida, existe cierta potenciación de los mismos, que se traduce en el mejor tratamiento en cuanto al aumento de la altura total y diámetro de las plantas de cedro.
- No se verificaron daños por *H. grandella* en ninguno de los tratamientos.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aguirre Jurado, A.D. 2002. Proyecto para la producción y exportación de cedro en la provincia del Guayas. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 161 p. <http://www.cib.espol.edu.ec/bivir/tesis.asp>
- Alarcon, A. L. 2008. Nutrición y riego en los viveros. Universidad Politécnica de Cartagena. España. Artículo publicado en: www.horticom.com/revistasonline/revistas
- Allan, G. G. 1973. The concept of controlled released insecticides and the problem of shootborer of de meliaceae. In proceeding of the first symposium on integrated control of Hypsipyla. Turrialba, Costa Rica.
- Ángeles Montiel, Vicente. 2002. Diseño agronómico de sistemas de riego presurizado (aspersión, microaspersión y goteo). Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo de México. México.
- Barrosa, C. J., Hernández, P. L., De La Cruz, P.E. 1992. Folleto Técnico No. 13: Producción de Planta y establecimiento de Plantaciones de Caoba en el Estado de Tabasco. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos- Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias- Centro de Investigación Regional del Golfo Centro. Huimanguillo, Tabasco, México.
- Becker, V.O. 1973. Microlepidópteros asociados con *Carapa*, *Cedrela* y *Swietenia* en Costa Rica. Tesis Magíster Agriculturae. IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica.
- Belanger, R.P. y Briscoe, C.B. 1963. Effects of irrigating tree seedlings with a nutrient solution. Caribbean Forester. Puerto Rico.
- Bello, L.A y Tovar, J.C. 2000. Evaluación técnica de la reforestación 1998. *In Memoria del Primer Congreso Nacional de Reforestación*, 8-10 Nov. 2000. Montecillo, México.
- Bellón, M., O.R. Maser, y G. Segura. 1994. Response options for sequestering carbon in Mexico's forest. Report to the F-7 International Network on Tropical Forestry and Global Climatic Change, Energy and Environment Division. Lawrence-Berkeley Laboratory. Environmental Protection Agency. Berkeley.
- Briceño Vergara, A. J. 2007. Aproximación hacia un manejo integrado del barrenador de las Meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller). Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

- Cadahída, L.C., Eymar, A.E., Lucena, M.J.J., Pastor, M.C., Martín, R.I., Yañez, B.F. y Legaz, P.F. 2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 682 p.
- Cadahída, L.C. 2008. La fertirrigación, una técnica para la reforestación veloz. Artículo publicado en El País, Madrid, España; el 10/11/2008. www.elpais.com.
- Camacho C. W., Rivero B. N. y Vázquez N. C.J. 2004. Sistemas de riego para el trópico húmedo. ISPROTAB-Colegio de Postgraduados-dgeta. Villahermosa, Tabasco. México.
- Caro, R. 1987. Caracterización de la industria maderable en el área de influencia de la unidad agrícola forestal núm. 6, Meseta Tarasca. Tesis de Ingeniería. Universidad Nicolaíta San Nicolás Hidalgo. Uruapan, México.
- Caro, R. 1990. La problemática forestal en la meseta tarasca. Documento presentado en el seminario “Los problemas medio-ambientales de Michoacán”. El Colegio de Michoacán. Zamora, México.
- CATIE. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Guía de campo, Turrialba, Costa Rica. Págs. 62, 63, 172, 173.
- CATIE. 1996. Plagas y enfermedades forestales en América Central. Manual de consulta. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 2000. Seed leaflet, *Cedrela odorata* L. Systema Naturae *Cedrela odorata* L. Cultivo de árboles nativos de Panamá, Cedro amargo. Centro de Ciencias Forestales del Trópico. Panamá, Panamá.
- Cintrón, Bárbara B. 1999. *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, Spanish cedar. En: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., eds. Silvics of North America. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC. U.S.
- CONABIO-CONAFOR-SIRE, 2004, Ficha técnica sistemática de *Cedrela odorata* L., México. D.F.
- CONAFOR. 2002. Recursos Forestales. México, CONAFOR. www.conafor.gob.mx
- CONAFOR. 2004. Evaluación del programa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales (PRODEPLAN –ejercicio fiscal 2003). CONAFOR–Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. México.
- CONAFOR, 2005, Anexos 1-3 de la Propuesta Técnica Forestal Ambiental del PRODEPLAN. México.
- CONAFOR. 2006. México, duodécimo lugar mundial en superficie forestal. Publicado en: Teorema ambiental, revista técnico ambiental. México.

- CONAFOR. 2008. Destinará ProArbol 850 mdp para plantaciones forestales en el país. Nota publicada por Notimex. <http://mx.news.yahoo.com/s/13072008/7/mexico-destinar-proarbol-850-mdp-plantaciones-forestales-pa-s.html>
- Cortés, Alexandra. 2006. Avances recientes en la domesticación de caoba y cedro en Yucatán, México, (taller). CATIE-INIFAP-International institute for tropical forestry. USDA. Puerto Rico.
- Cortéz-Ortiz, A. 1990. Estudio preliminar sobre deforestación en la región fronteriza del río Usumacinta. Reporte interno del INEGI. México, D.F.
- De la Cruz, D. F. 2005. Evaluación de un sistema agroforestal con cedro y papaya en Balancán, Tabasco. Publicado por Comesfor-Tabasco. Consultado el 29/09/08 en: <http://www.comesfor-tab.gov.mx/documentos/Evaluacion>
- Delgado García E. 2000. El Cedro rojo y la Caoba. OFI-CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Dulá, N.J. 2000. Introducción a la irrigación bajo el enfoque de sistemas. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. 219 p.
- FAO. 1990. Evaluación de los recursos forestales de 1990: Informe de México. México, D.F
- FAO. 2005. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 1990-2005. Tomado de: www.fao.org/newsroom/es/news/2005/1000127/index.html
- Forestal XXI. 2003. Revista forestal mensual. México, D.F. Consultada el 23 de septiembre de 2008 en: http://www.fumiaf.org.mx/planes2005/Reporte_Cultivo
- Forestal XXI. 2004. Revista forestal mensual. México, D.F. Consultada el 23 de septiembre de 2008 en: http://www.fumiaf.org.mx/planes2005/Reporte_Cultivo
- Forestal XXI. 2005. Revista forestal mensual. México, D.F. Consultada el 23 de septiembre de 2008 en: http://www.fumiaf.org.mx/planes2005/Reporte_Cultivo
- Fornes, Luis F. 2006. Proyecto Integrado de Domesticación de Especies Nativas. PNFOR4233 de INTA EEA. Revista Producción InterNet-Tucumán. Tucumán, Argentina. Tomado de: <http://www1.inta.gov.ar/proyectos2006>.
- Fors, A.J. 1944. Notas sobre la silvicultura del cedro, *Cedrela mexicana* Roem. The Caribbean Forester 5.
- FUMIAF, A.C.- SAGARPA. 2005. Cultivo de la especie forestal comercial Cedro Rojo (*Cedrela odorata* L.) en México. Plan de Negocios. México D.F.

- Gara, R. 1975. Comportamiento del barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* (Zeller) durante su vuelo y selección del árbol huésped. Bol. IFLAC No. 49. Venezuela.
- García Cuevas, Xavier. 1998. Predicción del rendimiento de *Swietenia macrophylla* King (CAOBA) en plantaciones forestales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo de México.
- González P. C. 1992. Capital extranjero en las selvas de Chiapas, 1862-1982, IIE. UNAM. México
- Greenpeace México. 2007. La deforestación de los bosques de Tabasco. Teorema Ambiental. Revista-técnico-ambiental.<http://www.teorema.com.mx/articulos.php>
- Griffiths, M.W. 2001. The biology and ecology of *Hypsipyla* shootborers. pp. 74-80. In Floyd RB, Hauxwell C (eds.), International Workshop on *Hypsipyla* shootborers in Meliaceae. Costa Rica.
- Grijpma, P. 1974. Contributions to an integrated control program of *Hypsipyla grandella* (Zeller) in Costa Rica. State Agricultural University. Wageningen, Holland.
- Grijpma, P. y Gara, R. 1970. Studies of the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) II. Host preference of the larva. Turrialba, Costa Rica.
- Hidalgo-Salvatierra, O. y Berrios, F. 1972. Studies on the *Hypsipyla grandella* Zeller. (Lep., Pyralidae). XII determination of de LC50 of *Metarrhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin spores on fifth instar larvae. Turrialba, Costa Rica.
- Hilje, Luko. 2004. Development of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in response to constant temperatures. Neotropical Entomology. Vol. 33. No. 1. Sociedade Entomológica do Brasil.
- Hilje, Luko. 2007. Biological activity of *Ruta chalepensis* (Rutaceae) and *Sechium pittieri* (Cucurbitaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. Neotropical Entomology. Sociedade Entomológica do Brasil. Brasil.
- Hilje, L. y Cornelius, J. 2001. ¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal? Rev. Manejo Integrado de Plagas. Brasil. 61: I-V
- Hinkelmann, K. y Kempthorne, O. 1994. Design and Analysis of Experiments. Volume I. Introduction to experimental design. John Wiley & Sons. Inc. United States of America.
- Holdridget, L.R.; Grenke, W.C.; y Hatheway, W.H. 1971. Forest environments in tropical life zones, a pilot study. Oxford: Pergamon Press. United States.

- Howard, F. H. y Mérida, Michael A. 2007. El taladrador de las Meliaceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae). University of Florida. Florida, USA.
- INEGI. 2000. Marco Geoestadístico Nacional de los Estados. Aguascalientes, Ags. México.
- INEGI. 2001. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. México
- INIFAP. 1998. Microorganismos para controlar el barrenador de brotes del cedro rojo y caoba. Folleto técnico No. 27. Veracruz, Veracruz, México.
- INIFAP, 2004. El cedro. Establecimiento y manejo en La Huasteca Potosina. Folleto técnico No. 7. San Luis Potosí, México.
- Inoue, M. T. 1973. Ensayo de procedencia de *Cedrela* en Santo Antonio de Platina. Revista producciones Floresta. 4: 49-57. El Salvador.
- Inoue, M. T. 1980. Photosynthesis and transpiration in *Cedrela fissilis* Vell seedlings in relation to light intensity and temperature. Turrialba, Costa Rica.
- International Development Research Center. 2005. Ensayos forestales. Anexo 4. Boletín técnico. Ottawa, Canadá.
- Inventario Forestal Nacional. 2004. Modificaciones realizadas al Estado de Tabasco por la Dirección de Ordenamiento Territorial de la Secretaría de Comunicaciones, Asentamientos y Obras Públicas, con apoyo del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.
- Lamb, A.F.A. 1968. *Cedrela odorata*. Fast growing timber trees of the lowland tropics 2. Commonwealth Forestry Institute. Oxford. USA.46 p.
- Lotschert, W. 1995. La vegetación de El Salvador. Comunicaciones del Instituto Tropical de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador. San Salvador. Año IV. 3-4.
- Luque, J.A. 1981. Hidrología Agrícola Aplicada. Ed. Hemisferio Sur, S.A. Buenos Aires, Argentina. 327.
- Macías-Sámamo. J.E. 2001. Interacciones químicas entre *Hypsipyla grandella* y sus plantas hospedantes. Colegio de la Frontera Sur, Tapachula Chiapas; en: Manejo Integrado de Plagas No. 60. pp 15-21. Costa Rica.

- Madrid, Sergio y Chapela, Francisco. 2005. La certificación forestal en México. Los casos de Durango y Oaxaca. Consejo Civil México para la Silvicultura Sostenible, A.C. y Estudios Rurales y Asesoría Campesina A.C. Estudio de caso. México, D.F.
- Marquetti, J. R. 1990. Híbridos de *Cedrela* resistentes a *Hypsipyla grandella*. Rev. Forestal Baracoa 20. La Habana, Cuba.
- Marrero, José. 1948. A seed storage study of some tropical hardwoods. Caribbean Forester. Puerto Rico. 4(3):99-105.
- Martens, Ron. 1999. Participación y capacitación en el mundo Maya. Cap. 5. Versión digital en: <http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/yucatan/ronmartens/0.html>
- Martínez Garza, A. y Martínez Damián, M.A. 1996. Diseño de experimentos con fertilizantes. Publicación especial 5. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 155 p.
- Masera, O. 1994. Sustainable fuelwood use in rural México. Volume I: Current patterns of resource use. Report LBL -34634. Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory. University of California. Berkeley, California.
- Masera, Omar. R. 2007. Deforestación y Degradación Forestal en México. Unión de Grupos Ambientalistas, I.A.P. UNAM. México, D.F. Consultado el 18/09/08 en: www.union.org.mx/guia/actividadesyagravios/deforestacionenmexico.htm
- Masera, O., M.J. Ordóñez y R. Dirzo. 1992. Carbon emissions from deforestation in México: Current situation and long-term scenarios. W. Makundi y J. Sathaye (ed.) Carbon emission and sequestration in forests: Case studies from seven developing countries: Summary. Report LBL-32665. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California. Berkeley, California.
- Masera, O.R., T. Hernández, A. Ordóñez y A. Guzmán. 1995. Land use change and forestry. Regional Perspective. Preliminary National Inventory of Greenhouse Gases: Mexico. UNEP Project GF/4102-92-01. Instituto Nacional de Ecología, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, US Country Studies Program. México, D F.
- Masera, O.R., M.J. Ordóñez y R. Dirzo. 1995. Carbon emissions from mexican forests: current situation and long-term scenarios. Climatic Change (Magazine). USA
- Más Porras, J.; Luyano, G. Boria. 1974. ¿Es posible mediante el sistema taungya aumentar la productividad de los bosques tropicales? Bol. Téc Forestal. 39. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Ciudad de México, México. 47 p.
- Mexal, J.G; Cuevas, R.A; Negreros-Castillo, P y Paraguierre L, C. 2000. Successful reforestation of tropical hardwoods in Quintana Roo, México. *In Memoria del Primer Congreso Nacional de Reforestación*, 8-10 Nov. 2000. Montecillo, México.

- Mittermeier y Goettsch, 1992. La importancia de la diversidad biológica en México, en: Sarhukán, J. y Dirzo, R. (comps.) México ante los retos de la biodiversidad. Conabio. México, D.F.
- Molina, M. 2006. Proyecto de la Cuenca Forestal, una enorme oportunidad para el sector forestal. FORESTA. No 46 Revista electrónica de la Comisión Nacional Forestal.(<http://www.mexicoforestal.gob.mx/editorial.php?id=51&laPublicacion=47>)
- Murray-Rust D. H. y Snellen W.B. 1993. Irrigation System Performance Assessment and Diagnosis. IIMI, ILRI & IHE. International Irrigation Management Institute. Sri Lanka.
- Orson, W.I. y Hansen, E.V. 1985. Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté. S.A. Barcelona,, España. 397 p.
- Palma L. D.J. 1985. Correlación de las series de suelos del estado de Tabasco, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas, Tabasco. 275 p.
- Palma-López D.J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J. A. Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México.
- Patiño, F y Chávez, J. 1993. Viveros Forestales: Planeación, establecimiento y producción de plantas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas y Pecuarias. México. 159 p.
- Paz, M.F. 1995. De bosques y gente. Aspectos sociales de la deforestación en América Latina. Universidad Nacional Autónoma de México. Trabajo en prensa. México, D.F.
- Pizarro, C.F. 1986. Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF). Goteo, microaspersión y exudación. Ediciones Mundi-Prensa. España.461 p.
- PNUD. 1997. Propuesta para un plan nacional de reforestación. El Salvador. Roma. FAO. Desarrollo forestal y ordenación de cuencas hidrográficas. El Salvador. 66 p.
- PROMABOS. 2007. Proyecto de manejo de abejas y bosques. Costa Rica. Versión digital consultada el 13 de agosto de 2008 en: www.bio.uu/promabos/
- Quadri, de la Torre, G. 2007. Incendios forestales y deforestación en México: Una perspectiva analítica.www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/deforestacin

- Ramírez- Sánchez, J. 1964. Investigación preliminar sobre biología ecología y control de *Hypsipyla grandella* Zeller. Vol. 16. Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela.
- Ramírez M. H. y Zepeda M.B. 1994. Rendimientos maderables de especies forestales; actualidades en México. In: IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. INIFAP. México, D.F.
- Rodríguez Peña, Manuel A. 1997. Experimentación con cultivos tropicales perennes. AGT Editor S.A. Primera edición. México D.F.
- Rodríguez Santiago, Bartolo. 1996. Estimación del crecimiento y relaciones dasométricas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en plantaciones forestales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo de México. México. 104 p.
- Romero Villafranca, R. y Zúñica Ramajo, L. R. 2005. Métodos estadísticos en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Edit. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 334 p. Versión digital: <http://books.google.com.mx/books>.
- Roovers, M. 1971. Observaciones sobre el ciclo de vida de *Hypsipyla grandella* (Zeller) en Barinitas, Venezuela. Bol. IFLAC No.38. Caracas, Venezuela.
- Rzedowski, J. 1998. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F.
- Salgado-García, S, D.J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, L.C. Lagunes-Espinosa, M. Castelán-Estrada, C.F. Ortiz-García, J.F. Juárez-López, O. Ruíz R., L. Armida A., y J.A. Rincón Ramírez. 2008. Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIRDF): Ingenio Presidente Benito Juárez. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 81 p.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. 2000. Fisiología de las plantas. Células: agua, soluciones y superficies. Ed. Paraninfo-Thomson Learning. España. 305 p.
- SARH. 1984: Desarrollo Rural Integral de la Selva Lacandona. Comisión del Plan Nacional Hidráulico. México. México, D.F.
- SARH. 1991. Programa nacional de prevención y control de desmontes (desforestación). Informe interno de la Dirección General de Política Forestal de la Subsecretaría Forestal. México, D.F.
- SARH. 1992. Inventario nacional forestal de gran visión. Reporte principal. México, D.F.
- SARH. 1994. Inventario nacional forestal periódico. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. México, D.F.

- SEMARNAP. 2000. Recursos forestales y desarrollo sustentable en México 1995-2000. México, D.F.
- SEMARNAT. 2004, Acuerdo de modificación de las Reglas de Operación para el otorgamiento de apoyos del Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN). México. D.F.
- SEMARNAT. 2004. Oportunidades de inversión en el sector medio ambiente. Conferencia. 19 de Noviembre de 2004. México D.F.
- SEMARNAT. 2005. Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México. México D.F.
- SEMARNAT. 2006. Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México 2005. Documento citado dentro del sistema nacional de información forestal. CONAFOR. México, D.F.
- Sliwa, D. y Becker, V. O. 1973. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep. Pyralidae). XX Observations on emergence and mating of adults in captivity. Turrialba, Costa Rica.
- Species Survivor Network. 2008. Tomado de: www.ssn.org/Meetings/cop/
- Sterringa, J.T. 1973. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). (Lep. Pyralidae). XXII. An improved method for artificial rearing. Turrialba, Costa Rica.
- Styles, B.T. 1972. The flower biology of the Meliaceae and its bearing on tree breeding. Silvae Genetic. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico. Memoria Nacional. México, D.F. 81 p.
- UNAM, 2000. Atlas geográfico del estado de Tabasco. Instituto de Geografía de la UNAM y Gobierno del Estado de Tabasco. México, D.F.
- White, A. y Martin, A. 2002. Who owns the world's forests? Washington, Forest Trends / Center for International Environmental Law.
- Whitmore, J.L. 1976. Myths regarding *Hypsipyla* and its host plants. En: Whitmore, J.L., ed. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. Misc. Pub. 1. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: 54-55. Vol. 3.
- Wigthman, Kevin. 2002. Ensayos de sustratos y densidad con cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en el sur de la Península de Yucatán, México.

Revista Forestal Centroamericana. Consultada en:
www.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev36/

Wilkins, R.M. et al. 1973. Protection for spanish cedar with controlled of release insecticides in: Proceedings of the first Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*. Turrialba, Costa Rica. 30 p.

World Resources Institute. 1997. The Last Frontier Forests. Washington, WRI.

World Resources Institute. 2002. World Resources 2000-2002. Washington, WRI.

VII. ANEXOS

Anexo A. Análisis de Varianza para altura.

Información de nivel de clase

| Clase | Niveles | Valores |
|-------|---------|---------|
| REP | 3 | 1 2 3 |
| AG | 2 | 0 1 |
| FE | 2 | 0 1 |
| IN | 2 | 0 1 |

| | |
|--------------------------------|----|
| Número de observaciones leídas | 24 |
| Número de observaciones usadas | 24 |

Análisis de varianza para la variable dependiente altura

| F V | GL | SC | CM | Fc | Ft |
|--------|----|-------------|------------|-------|--------|
| Modelo | 9 | 1915.990521 | 212.887836 | 18.21 | 0.0001 |
| Error | 14 | 163.697875 | 11.692705 | | |
| Total | 23 | 2079.688396 | | | |

| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | ALT Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.921287 | 10.33212 | 3.419460 | 33.09542 |

Análisis de varianza para la variable dependiente altura

| FV | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|----------|----|-------------|-------------|--------|--------|
| BLOQUES | 2 | 176.074058 | 88.037029 | 7.53 | 0.0060 |
| AG | 1 | 53.431504 | 53.431504 | 4.57 | 0.0507 |
| FE | 1 | 1360.972204 | 1360.972204 | 116.39 | 0.0001 |
| AG*FE | 1 | 150.851204 | 150.851204 | 12.90 | 0.0029 |
| IN | 1 | 66.833438 | 66.833438 | 5.72 | 0.0314 |
| AG*IN | 1 | 30.487604 | 30.487604 | 2.61 | 0.1287 |
| FE*IN | 1 | 69.394004 | 69.394004 | 5.93 | 0.0288 |
| AG*FE*IN | 1 | 7.946504 | 7.946504 | 0.68 | 0.4235 |

Anexo B. Análisis de Varianza para diámetro

Información de nivel de clase

| Clase | Niveles | Valores |
|-------|---------|---------|
| REP | 3 | 1 2 3 |
| AG | 2 | 0 1 |
| FE | 2 | 0 1 |
| IN | 2 | 0 1 |

| | |
|--------------------------------|----|
| Número de observaciones leídas | 24 |
| Número de observaciones usadas | 24 |

Análisis de varianza para la variable dependiente diámetro

| Fuente | GL | SC | CM | Fc | Ft |
|--------|----|------------|------------|-------|--------|
| Modelo | 9 | 0.96776667 | 0.10752963 | 13.25 | 0.0001 |
| Error | 14 | 0.11363333 | 0.00811667 | | |
| Total | 23 | 1.08140000 | | | |

| | | | |
|------------|----------|----------|-----------|
| R-cuadrado | Coef Var | Raiz MSE | DIA Media |
| 0.894920 | 12.34144 | 0.090093 | 0.730000 |

Análisis de varianza para la variable dependiente diámetro

| Fuente | GL | SC | CM | Fc | Ft |
|----------|----|------------|------------|-------|--------|
| BLOQUES | 2 | 0.01470000 | 0.00735000 | 0.91 | 0.4267 |
| AG | 1 | 0.06000000 | 0.06000000 | 7.39 | 0.0166 |
| FE | 1 | 0.69360000 | 0.69360000 | 85.45 | 0.0001 |
| AG*FE | 1 | 0.09626667 | 0.09626667 | 11.86 | 0.0040 |
| IN | 1 | 0.02406667 | 0.02406667 | 2.97 | 0.1071 |
| AG*IN | 1 | 0.01500000 | 0.01500000 | 1.85 | 0.1955 |
| FE*IN | 1 | 0.05606667 | 0.05606667 | 6.91 | 0.0199 |
| AG*FE*IN | 1 | 0.00806667 | 0.00806666 | 0.99 | 0.3357 |

Anexo C. Efecto de tratamiento en la altura de cedro

| Obs | TRAT | BLOQ | ALT |
|-----|------|------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 27.50 |
| 2 | 1 | 2 | 27.22 |
| 3 | 1 | 3 | 26.77 |
| 4 | 2 | 1 | 22.77 |
| 5 | 2 | 2 | 22.66 |
| 6 | 2 | 3 | 26.60 |
| 7 | 3 | 1 | 31.33 |
| 8 | 3 | 2 | 35.33 |
| 9 | 3 | 3 | 38.22 |
| 10 | 4 | 1 | 37.00 |
| 11 | 4 | 2 | 38.33 |
| 12 | 4 | 3 | 43.33 |
| 13 | 5 | 1 | 22.77 |
| 14 | 5 | 2 | 25.22 |
| 15 | 5 | 3 | 30.00 |
| 16 | 6 | 1 | 22.77 |
| 17 | 6 | 2 | 26.33 |
| 18 | 6 | 3 | 26.11 |
| 19 | 7 | 1 | 36.44 |
| 20 | 7 | 2 | 32.33 |
| 21 | 7 | 3 | 46.11 |
| 22 | 8 | 1 | 39.88 |
| 23 | 8 | 2 | 53.33 |
| 24 | 8 | 3 | 55.88 |

Información de nivel de clase

Clase Niveles Valores

TRAT 8 1 2 3 4 5 6 7 8
 BLOQ 3 1 2 3

Número de observaciones leídas 24
 Número de observaciones usadas 24

Variable dependiente: altura

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|----------------|----|-------------------|----------------------|---------|--------|
| Modelo | 9 | 1915.990521 | 212.887836 | 18.21 | <.0001 |
| Error | 14 | 163.697875 | 11.692705 | | |
| Total correcto | 23 | 2079.688396 | | | |

| R-cuadrado | Coef Var | Raíz MSE | ALT Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.921287 | 10.33212 | 3.419460 | 33.09542 |

| Fuente | DF | Tipo III SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| BLOQ | 2 | 176.074058 | 88.037029 | 7.53 | 0.0060 |
| TRAT | 7 | 1739.916463 | 248.559495 | 21.26 | <.0001 |

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para altura

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Alfa | 0.05 |
| Error de grados de libertad | 14 |
| Error de cuadrado medio | 11.69271 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.99029 |
| Diferencia significativa mínima | 9.852 |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media | Número de observaciones | TRAT |
|--------------------|--------|-------------------------|------|
| A | 49.697 | 3 | 8 |
| B | 39.553 | 3 | 4 |
| B | 38.293 | 3 | 7 |
| C B | 34.960 | 3 | 3 |
| C D | 27.163 | 3 | 1 |
| C D | 25.997 | 3 | 5 |
| D | 25.070 | 3 | 6 |
| D | 24.030 | 3 | 2 |

Anexo D. Efecto de tratamiento en el diámetro de cedro

| Obs | TRAT | BLOQ | DIA |
|-----|------|------|------|
| 1 | 1 | 1 | 0.57 |
| 2 | 1 | 2 | 0.62 |
| 3 | 1 | 3 | 0.60 |
| 4 | 2 | 1 | 0.57 |
| 5 | 2 | 2 | 0.54 |
| 6 | 2 | 3 | 0.56 |
| 7 | 3 | 1 | 0.75 |
| 8 | 3 | 2 | 0.70 |
| 9 | 3 | 3 | 0.80 |
| 10 | 4 | 1 | 0.88 |
| 11 | 4 | 2 | 0.91 |
| 12 | 4 | 3 | 0.88 |
| 13 | 5 | 1 | 0.49 |
| 14 | 5 | 2 | 0.51 |
| 15 | 5 | 3 | 0.65 |
| 16 | 6 | 1 | 0.51 |
| 17 | 6 | 2 | 0.57 |
| 18 | 6 | 3 | 0.53 |
| 19 | 7 | 1 | 0.86 |
| 20 | 7 | 2 | 0.76 |
| 21 | 7 | 3 | 0.85 |
| 22 | 8 | 1 | 0.93 |
| 23 | 8 | 2 | 1.37 |
| 24 | 8 | 3 | 1.11 |

Información de nivel de clase

| Clase | Niveles | Valores |
|-------|---------|-----------------|
| TRAT | 8 | 1 2 3 4 5 6 7 8 |
| BLOQ | 3 | 1 2 3 |

| | |
|--------------------------------|----|
| Número de observaciones leídas | 24 |
| Número de observaciones usadas | 24 |

Variable dependiente: diámetro

| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr >F |
|----------------|----|-------------------|----------------------|---------|--------|
| Modelo | 9 | 0.96776667 | 0.10752963 | 13.25 | <.0001 |
| Error | 14 | 0.11363333 | 0.00811667 | | |
| Total correcto | 23 | 1.08140000 | | | |

| R-cuadrado | Coef Var | Raíz MSE | DIA Media |
|------------|----------|----------|-----------|
| 0.894920 | 12.34144 | 0.090093 | 0.730000 |

| Fuente | DF | Tipo III SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|--------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| BLOQ | 2 | 0.01470000 | 0.00735000 | 0.91 | 0.4267 |
| TRAT | 7 | 0.95306667 | 0.13615238 | 16.77 | <.0001 |

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para diámetro

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Error de grados de libertad | 14 |
| Error de cuadrado medio | 0.008117 |
| Valor crítico del rango estudentizado | 4.99029 |
| Diferencia significativa mínima | 0.2596 |

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

| Tukey Agrupamiento | Media | Número de observaciones | TRAT |
|--------------------|---------|-------------------------|------|
| A | 1.13667 | 3 | 8 |
| B A | 0.89000 | 3 | 4 |
| B C | 0.82333 | 3 | 7 |
| B C D | 0.75000 | 3 | 3 |
| C D | 0.59667 | 3 | 1 |
| D | 0.55667 | 3 | 2 |
| D | 0.55000 | 3 | 5 |
| D | 0.53667 | 3 | 6 |

Anexo E. Valores promedio de altura de los tratamientos durante el período de estudio.

| Fecha | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 02/04/2008 | 16.67 | 16.3 | 17.35 | 17.51 | 17.52 | 17.17 | 17.17 | 17.33 |
| 16/04/2008 | 16.82 | 16.48 | 17.54 | 17.88 | 17.68 | 17.35 | 17.49 | 17.87 |
| 30/04/2008 | 17.07 | 16.66 | 17.94 | 18.67 | 17.85 | 17.53 | 17.64 | 19.66 |
| 14/05/2008 | 17.31 | 16.82 | 18.61 | 19.3 | 18.64 | 17.98 | 17.91 | 21.47 |
| 28/05/2008 | 17.58 | 17.2 | 18.97 | 20.01 | 18.99 | 18.47 | 18.16 | 22.9 |
| 13/06/2008 | 18.71 | 17.93 | 20.1 | 21.6 | 19.69 | 18.84 | 18.66 | 23.7 |
| 27/06/2008 | 18.85 | 18.45 | 20.31 | 22.23 | 20.31 | 19.27 | 19.18 | 24.33 |
| 11/07/2008 | 20.12 | 18.99 | 21.3 | 23.22 | 21.08 | 20.1 | 19.73 | 25.74 |
| 25/07/2008 | 20.9 | 20.29 | 23.31 | 25.21 | 22.22 | 20.97 | 21.38 | 27.23 |
| 08/08/2008 | 22.19 | 20.66 | 24.7 | 26.94 | 22.86 | 21.77 | 22.59 | 30.11 |
| 22/08/2008 | 23.29 | 22.16 | 27.36 | 31.62 | 24.7 | 23.18 | 28.54 | 37.62 |
| 05/09/2008 | 27.16 | 24.06 | 34.95 | 39.54 | 25.99 | 25.07 | 38.29 | 49.69 |

Anexo F. Valores promedio de diámetro de los tratamientos durante el período de estudio

| Fechas | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 02/04/2008 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.27 | 0.25 | 0.28 | 0.27 | 0.29 |
| 16/04/2008 | 0.26 | 0.27 | 0.29 | 0.28 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.29 |
| 30/04/2008 | 0.28 | 0.28 | 0.3 | 0.3 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.34 |
| 14/05/2008 | 0.29 | 0.29 | 0.31 | 0.31 | 0.28 | 0.29 | 0.3 | 0.39 |
| 28/05/2008 | 0.31 | 0.31 | 0.33 | 0.34 | 0.29 | 0.3 | 0.31 | 0.41 |
| 13/06/2008 | 0.35 | 0.35 | 0.36 | 0.4 | 0.37 | 0.36 | 0.34 | 0.44 |
| 27/06/2008 | 0.37 | 0.37 | 0.39 | 0.4 | 0.38 | 0.37 | 0.37 | 0.45 |
| 11/07/2008 | 0.4 | 0.4 | 0.44 | 0.44 | 0.4 | 0.4 | 0.43 | 0.54 |
| 25/07/2008 | 0.42 | 0.44 | 0.49 | 0.49 | 0.42 | 0.42 | 0.49 | 0.63 |
| 08/08/2008 | 0.45 | 0.44 | 0.56 | 0.62 | 0.44 | 0.42 | 0.55 | 0.75 |
| 22/08/2008 | 0.54 | 0.47 | 0.67 | 0.8 | 0.47 | 0.46 | 0.73 | 1.01 |
| 05/09/2008 | 0.59 | 0.55 | 0.75 | 0.86 | 0.55 | 0.53 | 0.82 | 1.13 |