



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**EFFECTO DE LA MICORRIZACIÓN Y DEFOLIACIÓN EN LA TASA DE
CRECIMIENTO DE CEDRO ROJO (*Cedrela odorata* L.) Y DIAGNÓSTICO DE
PLANTACIONES**

IVÁN OROS ORTEGA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2009



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
TITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**EFFECTO DE LA MICORRIZACIÓN Y DEFOLIACIÓN EN LA TASA DE
CRECIMIENTO DE CEDRO ROJO (*Cedrela odorata* L.) Y DIAGNÓSTICO DE
PLANTACIONES**

IVÁN OROS ORTEGA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2009

La presente tesis titulada: **Efecto de la micorrización y defoliación en la tasa de crecimiento de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y diagnóstico de plantaciones**, realizada por el alumno: **Iván Oros Ortega**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. ALEJANDRO ALONSO LÓPEZ

DIRECTOR:



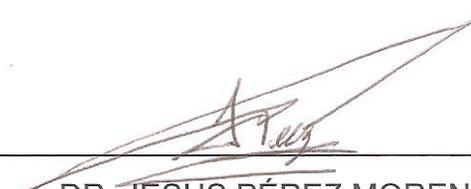
M. EN C. ANTONIO ANDRADE TORRES

ASESOR:



DR. CATALINO JORGE LÓPEZ COLLADO

ASESOR:



DR. JESUS PÉREZ MORENO

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, 20 DE ABRIL, 2009

**EFFECTO DE LA MICORRIZACIÓN Y DEFOLIACIÓN EN LA TASA DE
CRECIMIENTO DE CEDRO ROJO (*Cedrela odorata* L.) Y DIAGNÓSTICO DE
PLANTACIONES**

**Iván Oros Ortega, M en C.
Colegio de Postgraduados, 2009**

Resumen

En plántulas de *C. odorata* cultivadas en vivero se evaluó el efecto de seis tratamientos (TS) en la tasa de crecimiento en altura (TCA), diámetro (TCD) y tasa de crecimiento relativo (TCR), peso fresco y seco de las plántulas. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial (2 x 3), los TS consistieron de una combinación de los factores: porcentaje de defoliación (0, 50 y 90) e inoculación con *Glomus intraradices* (con y sin inoculación). Además, se diagnosticó el estado actual de plantaciones de cedro en la zona de influencia del Campus Veracruz a través de una apreciación rural rápida. A los seis meses del experimento plantas de TS con inoculación, independientemente del nivel de defoliación, presentaron mayor TCD ($F= 100.45$, $p<0.001$) que los TS sin inoculación. Los TS inoculados, con los diferentes porcentajes de defoliación, presentaron la mayor TCA ($F= 556.57$ $p< 0.001$) a los tres meses. No obstante, de los tres a seis meses la interacción inoculación/defoliación (50 y 90 %) promovió los mayores valores de TCA ($F= 4.22$ $P< 0.01$), así como significativo crecimiento en el peso fresco y seco de tallos, hojas y raíz. La inoculación produjo alta colonización micorrízica en raíces de cedro a los seis meses. Además la defoliación al 90 % disminuye significativamente la colonización de hifas y vesículas. Durante los primeros tres meses los TS inoculados presentaron las mayor TCR, sin embargo en los últimos tres meses el tratamiento sin inoculación y defoliación al 90 % mostró la más alta TCR.

Palabras clave: *Cedrela odorata*, micorriza arbuscular, *Glomus intraradices*, defoliación.

EFFECT OF MYCORRHIZA AND DEFOLIATION ON GROWTH RATE OF SPANISH CEDAR (*Cedrela odorata* L.) AND DIAGNOSTIC PLANTATIONS

Iván Oros Ortega, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2009

Abstract

The effect of six treatments (TS) in growth rates height (TCA), diameter (TCD) and relative growth rate (TCR) and weight fresh and dry of *C. odorata* seedlings established in a nursery was evaluated. A completely randomized design with a factorial arrangement (2 x 3) was applied; the TS consisted of a combination of the factors: percentage of defoliation (0, 50 and 90) and inoculation of *Glomus intraradices* (with and without inoculation). The actual situation of cedar spanish plantations in the influence area of the Campus Veracruz was diagnosed by making a rural rapid appraisal. At the six months of the experiment, the seedlings of TS with inoculation, regardless of the percentage of defoliation applied, had more TCD ($F= 100.45, p<0.001$) than without inoculation TS. The inoculated TS, with the different level of defoliation, showed the most TCA ($F= 556.57 p< 0.001$) at three months. However the last three months the defoliation/inoculation interaction (50 and 90 %) induced the most values of TCA ($F= 4.22 P< 0.01$), and a significant growth in the fresh and dry weight of steams, leaves and roots. The inoculation produces high levels of mycorrhizal colonizations in roots of cedar Spanish at six months. The defoliation at 90 % reduce significantly the hyphae and vesicle colonization. Durant the first three months the inoculated TS showed the most TCR, however in the last three months the treatments without inoculation and defoliation at 90 % percentage showed the highest TCR.

Palabras clave: *Cedrela odorata*, arbuscular mycorrhiza, *Glomus intraradices*, defoliation.

DEDICATORIA

A papá (Neta), por continuar a nuestro lado todos los días y el inmenso amor y valor tan grande que tienes al enfrentar la vida y no rendirte jamás. Te quiero mucho.

A mamá (Aida), por todo lo que me has obsequiado en la vida, estoy eternamente agradecido contigo, te amo.

A mis hermanos (Chava, Angelina, Neta, Miguel, Zuly) y sobrinos (Dany, Jaret y Angelito), por que pensar en ustedes me hace ser más fuerte, más grande y más feliz. Los quiero a todos.

A Sandra, por su inmenso apoyo y el amor que nos unirá para siempre en los eternos años de luz.

A ti pequeño (a), que estás creciendo y seguramente brindarás un gran rayo de luz a nuestras vidas, te espero con ansiedad para vivir mi pequeña eternidad a tu lado.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindar soporte económico a través del financiamiento de la beca de maestría, gracias a la cual pude realizar este trabajo.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, por permitir continuar con mi formación académica y todas las facilidades brindadas para desarrollar este trabajo.

Al Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, por su colaboración para llevar a cabo parte de este proyecto.

Al Dr. Alejandro Alonso López, quien fungió como profesor consejero, gracias por su valiosa asesoría, observaciones, comentarios, sugerencias, apoyo y por todo el tiempo dedicado a este trabajo, además por ser un gran maestro y amigo.

Al M. en C. Antonio Andrade-Torres, Investigador del INBIOTECA, UV, director de este trabajo, muchas gracias por su asesoría, sus consejos, su continua atención y por fortalecer mi formación, gracias a lo cual esta tesis se hizo realidad, y de manera muy especial por ser uno de mis grandes amigos.

Al Dr. Jorge López Collado, asesor del presente trabajo, gracias por la asesoría, enseñanzas, consejos, apoyo para este trabajo y la valiosa amistad que siempre me brindó.

Al Dr. Jesús Pérez Moreno, asesor del presente trabajo gracias por su gran apoyo, acertadas sugerencias y comentarios, así como la disponibilidad para desarrollar aspectos importantes de este trabajo en el Laboratorio de Microbiología del COLPOS, Campus Montecillo.

A los profesores del Programa de Postgrado en Agroecosistemas Tropicales, por sus valiosos conocimientos y enseñanzas transmitidas durante mis estudios.

A las autoridades del Campus Veracruz, quienes siempre me dieron las facilidades necesarias para el desarrollo del proyecto

Al Dr. Lázaro Rafael Sánchez Velásquez, Director del el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada de la Universidad Veracruzana (INBIOTECA, UV) por las facilidades brindadas para la realización del presente trabajo.

A la Dra. Martha E. Nava Tabladas, por su valioso apoyo en la elaboración de la entrevista, sus acertados comentarios, su profesionalismo, su sincera amistad y la gran calidad humana que tiene.

A la M. en C. Alicia Franco, Técnico del Laboratorio de Microbiología, por su valiosa ayuda en las técnicas para el análisis de micorriza, además de su gran amabilidad, paciencia y generosidad.

Al Dr. Francisco Osorio Acosta por sus, asesorías, disposición de material y equipo para la presente investigación.

A la Dra. Alejandra Soto Estrada por sus acertados comentarios y correcciones que ayudaron a mejorar este trabajo.

Al Dr. Octavio Ruiz Rosado, líder de la línea en agroecosistemas sustentables por el material, información y equipo brindado para desarrollar esta investigación.

Al Técnico Laboratorista Jorge Castro, por su valiosa ayuda en fase de campo y laboratorio para el análisis de suelo, así como su franca amistad.

A Rodolfo y Santos encargados del vivero del COLPOS-Campus Veracruz, por apoyo en el manejo de las plantas.

A mis compañeros de generación Auro, Adán, Julio, Justino, Rafa y Vilaboa, por los gratos momentos que pasamos juntos en los cursos del postgrado.

A la Biól. Sandra E. Martínez Garza, por su incondicional apoyo en la fase de campo, vivero, laboratorio y gabinete.

Al Biól. Hugo Rodríguez Morelos, por su gran apoyo en la fase de vivero y laboratorio.

A mis compañeros y amigos del postgrado de las diferentes generaciones por todo el apoyo y los buenos momentos que pasamos juntos.

Un agradecimiento especial al MVZ Gonzalo Martínez Salvador⁺, por todos los momentos tan agradables que compartimos, y aunque ya no está presente físicamente su recuerdo perdurará por muchos años en nuestras vidas.

Al personal administrativo del Colpos-Veracruz, por su cortesía y disponibilidad para la parte administrativa de este proyecto. **A todos mis tíos, especialmente Cholín y Manuel**, todos siempre han sido una motivación importante en mi vida profesional.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Plantaciones de cedro rojo	4
3.2. Factores que influyen en el crecimiento de las plántulas	6
3.3. Disponibilidad de agua	7
3.4. Prácticas de defoliación.....	9
3.5. La asignación de biomasa en respuesta al crecimiento de las plantas.....	10
3.6. Estudios en <i>Cedrela odorata</i>	11
3.7. Supervivencia de <i>C. odorata</i>	12
3.8. Producción de planta en vivero	12
3.9. Producción forestal	14
3.10. Problemas en las plantaciones	15
3.11. Evaluación rural rápida	16
3.12. Análisis de Agroecosistemas.....	17
4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	18
4.1 El concepto de Agroecosistema	18
4.2. Calidad de la planta	20
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	21
6. OBJETIVOS.....	21
7. HIPÓTESIS.....	21
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
8.1. Ensayo en vivero	22
8.1.1. Sitio experimental	22
8.1.2. Producción de las plántulas de <i>C. odorata</i>	22
8.1.3. Tratamientos y diseño del experimento.....	23
8.1.4. Inoculación de plantas con <i>Glomus intraradices</i>	23
8.1.5. Defoliación	24
8.1.6. Variables evaluadas	26
8.1.7. Toma de datos.....	26

8.1.8 Determinación de la presencia y el tipo de estructuras micorrícicas	28
8.1.9. Medición de la asignación de biomasa	31
8.1.10. Análisis de crecimiento	31
8.1.11. Medición de parámetros ambientales	32
8.1.12. Análisis de resultados	32
8.2. Estudio diagnóstico de plantaciones	33
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
9.1. Ensayo experimental en invernadero	37
9.1.1. Tasas de crecimiento en diámetro	37
9.1.2. Tasas de crecimiento en Altura	38
9.1.3. Determinación de la presencia y el tipo de estructuras micorrícicas	41
9.1.4. Peso fresco y seco de Hojas y tallo	45
9.1.5. Raíz	49
9.1.6. Asignación de recursos a los órganos de la planta	50
9.2. Estudio diagnóstico de plantaciones	62
9.2.1 Características generales de los productores	62
9.2.2. Productos químicos y actividades en la plantación	65
9.2.3. Preparación del terreno	66
9.2.4. Supervivencia	67
9.2.5. Obtención de plantas	67
9.2.6. Trabajo en plantación	67
9.2.7. Riego	68
9.2.8. Manejo de la plantación	69
9.2.9. Subsidios en las plantaciones	69
9.2.10. Cosecha de la plantación	70
9.2.11. Problemas de plagas y enfermedades	71
9.2.12. Trabajo y cuidados de la plantación	72
9.2.13. Costos de producción	72
9.2.14. Asesoría técnica	72
9.2.15. Supervivencia y desarrollo	73
10. CONCLUSIONES	75

10.1. Ensayo experimental en vivero.....	75
10.2. Estudio diagnóstico de plantaciones	76
11. LITERATURA CITADA	77
12. ANEXOS.....	84

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados en el experimento..	23
Cuadro 2. Resultados del análisis físico y químico del suelo al inicio del experimento.....	28
Cuadro 3. Datos básicos de las plantaciones de cedro consideradas en este estudio distribuidas en tres municipios del centro del estado de Veracruz.....	35
Cuadro 4. Tasa de crecimiento en diámetro (TCD) de plántulas de <i>Cedrela odorata</i> a tres y seis meses del experimento.....	37
Cuadro 5. Tasa de crecimiento en altura (TCA) de plántulas de <i>Cedrela odorata</i> a tres y seis meses del experimento.....	39
Cuadro 6. Peso seco y fresco de las hojas (PFH, PSH) de plántulas de <i>Cedrela odorata</i> a seis meses del experimento.....	46
Cuadro 7. Peso fresco y seco de la raíz (PFR, PSR), de plántulas de <i>C. odorata</i> L. a seis meses del experimento.....	50
Cuadro 8. Valores medios de distribución de biomasa para seis tratamientos en plántulas de <i>C. odorata</i> L. Proporción de la parte del vástago con respecto a la parte radical (V/R) y proporción de hojas (LMF), tallos (SMF) y raíces (RMF) con respecto al peso total de la planta.....	52
Cuadro 9. Valores medios de distribución de biomasa de plántulas de <i>Cedrela odorata</i> L. entre tres y seis meses de experimento. Área específica foliar (SAL), proporción hojas (LMF), tallos y razón de área foliar (LAR), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento relativo (TCR).....	59

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. a) Inoculación de <i>Glomus intraradices</i> en plantas de <i>C. odorata</i> ; b) Cepa del hongo micorrízico utilizado como inóculo.....	24
Figura 2. Defoliación de plantas de <i>C. odorata</i>	25
Figura 3. Ubicación geográfica de las plantaciones de cedro, representadas por números del 1 al 10.....	34
Figura 4. Tasa de crecimiento en diámetro (TCD), tasa de crecimiento en altura (TCA) de plántulas de <i>Cedrela odorata</i> L. a los tres y seis meses del experimento.....	38
Figura 5. Tasa de crecimiento en altura (TCA) de plántulas de <i>Cedrela odorata</i> L. a los tres y seis meses del experimento.....	39
Figura 6. Plantas de <i>Cedrela odorata</i> a seis meses después de aplicar distintos tratamientos.....	40
Figura 7. Estructuras micorrízicas en raíces de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.), inoculadas con <i>Glomus intraradices</i>	41
Figura 8. Estructuras micorrízicas en raíces de cedro (<i>Cedrela odorata</i> L.), inoculadas con <i>Glomus intraradices</i>	42
Figura 9. Porcentaje de vesículas, hifas y arbuscúlos en raíces de <i>C. odorata</i> defoliadas al 0, 50 y 90 % de defoliación e inoculadas con <i>Glomus intraradices</i> a seis meses del experimento.....	43
Figura 10. Peso fresco de las hojas (PFH), peso seco de las hojas (PSH), peso fresco del tallo (PFT), peso seco del tallo (PST), peso fresco de la raíz (PFR) y peso seco de la raíz (PSR) de plántulas de <i>Cedrela odorata</i> L. a los seis meses del experimento.....	48
Figura 11. Análisis de crecimiento de plántulas de <i>C. odorata</i> L. de los tres a seis meses de experimento.....	53
Figura 12. Relación entre la razón de área foliar (LAR) y sus componentes: (A) proporción de hojas (LMF) y (B) área específica foliar (SLA).....	55
Figura 13. Comparación en los valores medios de seis tratamientos para: (A) área específica foliar (SLA), (B) tasas de crecimiento relativo (RGR), (C) tasa de asimilación neta (TAN), (D) razón de área foliar (LAR).....	58

Figura 14. Comparación en los valores medios de seis tratamientos para: (A) peso total de la plántula tras seis meses de crecimiento (B) proporción de masa de hojas (LMF), (C) proporción de masa de tallos (SMF), y (D) proporción de masa de raíces (RMF).....	59
Figura 15. Análisis de crecimiento de plántulas de seis tratamientos. Relación entre las tasas de crecimiento relativo (TCR) y las asignaciones de biomasa a los diferentes órganos: (A) hojas (LMF), (B) raíces (RMF) y (C) tallos (SMF).....	61
Figura 16. Otras actividades a las que se dedican los productores de cedro.....	62
Figura 17. Escolaridad de los diferentes productores de cedro.....	63
Figura 18. Extensión de plantaciones con cedro de diferentes productores.....	63
Figura 19. Cultivos y actividades que se han intercalado en las plantaciones de cedro. P = plantación.....	64
Figura 20. Uso del suelo antes de establecer las plantaciones de cedro..	65
Figura 21. Actividades y productos utilizados en las plantaciones de cedro.....	66
Figura 22. Tipo de trabajo invertido en las plantaciones de cedro.....	68
Figura 23. Agua de riego y temporal en plantaciones de cedro.....	69

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

cm: centímetros

g: gramos

kg: kilogramos

kg cm⁻²: kilogramos por centímetro cuadrado

L: litro

ml: mililitro

mm: milímetro

mg: miligramos (1×10^{-3} gramos)

g g⁻¹: gramo por gramo

g g⁻¹ día⁻¹: gramo por gramo por día

cm² g⁻¹: centímetro cuadrado por gramo

g cm⁻² día⁻¹: gramo por centímetro cuadrado por día

mg cm⁻² día⁻¹: miligramo por centímetro cuadrado por día

°C: grado Celsius

TCR: tasa de crecimiento relativo

Db: diámetro en la base del tallo

1. INTRODUCCIÓN

El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) es una de las especies maderables más importantes en el neotrópico y la más explotada en los bosques tropicales de México (Vera, 2003). Su madera es considerada una de las más finas del mundo. Se utiliza para fabricar muebles de alta calidad, instrumentos musicales y decoración de interiores. También tiene importante uso agroforestal y potencial para reforestar zonas degradadas de selva, áreas secas y áridas (Vázquez-Yánes *et al.*, 1998).

Dado que las poblaciones de cedro han sido severamente afectadas y disminuidas por factores naturales y antropogénicos, ya no es posible obtener de los bosques la madera que se demanda actualmente. En México durante las últimas dos décadas, se ha incrementado el establecimiento de plantaciones forestales conformadas básicamente por cedro, ya que son percibidas como un atractivo negocio a largo plazo debido al alto valor de la madera de cedro rojo, por lo que es de las especies preferidas para reforestar las zonas tropicales de México (CONAFOR, 2007).

La FUMIAF y SAGARPA (2005) reportan que para el estado de Veracruz en el año 2004 se desarrollaron 155 proyectos para establecer plantaciones de cedro en aproximadamente 23,050 hectáreas, con una inversión cercana a los 151 millones de pesos. Esta cifra representa el 24.83 % del total de plantaciones establecidas en México. Según Citron (1990) *C. odorata* tiene alta demanda e importancia comercial, sin embargo sus poblaciones constantemente se ven reducidas debido por la explotación y falta de una regeneración exitosa en vivero y campo.

Muchas plantas de cedro rojo crecen bien los primeros dos o tres años y después se desarrollan inadecuadamente o mueren, en parte por el ataque del gusano barrenador (*Hypsipyla* sp.) y a la escasez de suelos apropiados (Citron, 1990), pero también existe poco conocimiento sobre los requerimientos de las plántulas y sus interacciones ecológicas ya sea en condiciones de vivero o campo.

Podemos considerar diferentes factores que provocan el mal desarrollo o la muerte de las plántulas cuando son llevadas a campo: problemas de adaptación por las características genéticas de la plántula o condiciones desfavorables en el terreno; problemas de manejo y operaciones inapropiadas del personal durante el proceso de plantación. Sin embargo aunque las condiciones de manejo puedan ser superadas, la plántula puede tener inadecuada condición fisiológica, ocasionada en la etapa de producción en vivero por el empleo de prácticas de cultivo inapropiadas (Vargas, 1996 citado por García, 2001).

En ciertas especies de plantas, cuando hay agua y nutrimentos suficientes, podar o defoliar estimula su desarrollo y aumenta las tasas de crecimiento (Valdés, 1989). La pérdida de hojas en algunas especies mejora su estado hídrico, por lo que, la defoliación antes de la primera estación seca, puede ser ventajosa para la supervivencia durante el periodo seco, debido a que la asignación de biomasa se destina en una mayor parte al crecimiento de la raíz, obteniendo así una mayor área de exploración en el suelo (Wright y Cornejo, 1990). Aunado esto, la mayoría de las especies forestales en el trópico forman asociaciones micorrícicas del tipo arbuscular (Alvarado *et al.*, 2004). *Cedrela fissilis* Vell forma micorríza arbuscular con hongos de los géneros *Glomus* y *Acualospora*, y es altamente dependiente (Souza *et al.*, 2006). La asociación micorrízica altera las relaciones hídricas, favoreciendo el arraigo, vigor, productividad y supervivencia de las plantas (Augé, 2001).

En el presente trabajo se evalúa en plantas de *C. odorata* el efecto de la inoculación con *Glomus intraradices* y defoliación sobre sus tasas de crecimiento en fase de vivero. Además se presenta un estudio diagnóstico de aspectos socioeconómicos y conocimientos técnicos de los productores que manejan plantaciones de cedro establecidas en la zona de influencia del Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados.

1.1. JUSTIFICACIÓN

Existen problemas en el manejo de las plantaciones de cedro; baja supervivencia en campo, plantas de baja calidad comercial con fuste bifurcado y con alta susceptibilidad a enfermedades y plagas durante los primeros años de desarrollo. Estos problemas pueden estar relacionados principalmente a la deficiente calidad de las plantas producidas en el vivero. Por ello, el buen manejo en la fase inicial de producción es un factor decisivo para obtener planta homogénea, de buena calidad morfológica y fisiológica, que le permita tener un establecimiento y desarrollo deseable en campo. Se considera relevante estudiar de manera integral el efecto de prácticas como la defoliación y asociaciones micorrízicas en el crecimiento de plántulas de cedro. Estos factores son determinantes para la obtención de plántulas de cedro con buen desarrollo y crecimiento en tallo, raíz y copa, para establecerlas exitosamente en campo.

Por otro lado, la especie *C. odorata* es un recurso que tiene alta demanda a nivel nacional e internacional y por lo tanto puede contribuir localmente al desarrollo económico y social (Bravo, 2007). Dentro de algunos agroecosistemas del trópico mexicano *C. odorata* es un componente importante para los productores que han decidido establecer plantaciones. El buen crecimiento y desarrollo de los árboles depende de las decisiones y actividades tomadas e implementa en su agroecosistema. No obstante de la rápida expansión del cultivo del cedro en el trópico veracruzano, aun no existe un diagnóstico de los componentes tecnológicos y socioeconómicos que influyen en la productividad de las plantaciones ubicadas en la zona de influencia del Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados. Es importante generar información del estado actual de dichas plantaciones, para que los productores de cedro tomen decisiones que contribuyan a mejorar la productividad de los agroecosistemas.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Plantaciones de cedro rojo

En el neotrópico los géneros arbóreos *Cedrela* y *Swietenia* son los más aprovechados como productores de madera (Patiño, 1997). Actualmente se está incrementando el establecimiento de plantaciones forestales para uso local y fines industriales. El propósito de las plantaciones comerciales es suplir de grandes volúmenes de madera de calidad uniforme. Su aumento ha sido promovido por la reducida disponibilidad de los bosques, esta debido a su conversión a la agricultura, tala descontrolada o la conversión en áreas protegidas para conservación (Brown *et al.*, 1997).

Entre 1996 y 2004 la producción forestal maderable en México generó cerca de 615 millones de pesos, donde los bosques templados produjeron cerca de 495 millones de pesos; mientras que lo producido por las selvas tropicales rebasó 120 millones de pesos, de los cuales el 10 % fue aportado por maderas tropicales preciosas, entre las que se incluye *C. odorata* (CONAFOR, 2006).

A partir de 1997 en diferentes estados del país se incrementó el número de plantaciones forestales comerciales (CONAFOR, 2007). En el trópico mexicano se ha usado principalmente *C. odorata*, sin embargo para conseguir plantaciones exitosas aun falta determinar los factores principales que influyen en crecimiento, desarrollo y buen establecimiento de esta especie, por lo que el estudio del cedro como elemento del agroecosistema debe ser integral considerando aspectos biológicos, ecológicos, técnicos y socioeconómicos (Brown, 1997).

En las regiones del centro y sur del estado de Veracruz existen agricultores interesados en establecer plantaciones comerciales de cedro rojo puras o en combinación con agroecosistemas forestales (Murcia y Dorantes, 1996 citado por Sánchez *et al.*, 2003). Se menciona que la CONAFOR a través del PRODEPLAN ha fomentado el establecimiento de plantaciones forestales de cedro y caoba (COLPOS, 2005).

El Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), a impulsado el establecimiento de cedro rojo, con cerca de 100 mil hectáreas de plantaciones de cedro rojo y caoba, principalmente en los estados de Veracruz, Campeche, Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Puebla (CONAFOR, 2007). En el estado de Veracruz en el año 2004 se reporta que el PRODEPLAN subsidio apoyo para 57 proyectos de plantaciones forestales comerciales en desarrollo. Las especies que se utilizaron en estas plantaciones fueron, melina, teca, cedro, palma camedor, pino, encino, mangle, nogal y roble (SEMARNAT, 2004).

Las plantaciones forestales comerciales son uno de los diez principales elementos de innovación que incorpora la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, para lograr el cambio positivo en el sector forestal (SEDARPA-CONAFOR, 2006). Por lo que en el trópico mexicano, para disminuir el daño a las poblaciones naturales de cedro rojo, se han establecido plantaciones comerciales forestales. No obstante, aunque las plantaciones forestales son consideradas como un potencial agente de desarrollo socioeconómico, existen dudas respecto a los buenos resultados de los análisis financieros, calidad de las plantas que se están produciendo y la productividad a largo plazo (Brown *et al.*, 1997, Sánchez *et al.*, 2003).

3.2. Factores que influyen en el crecimiento de las plántulas

La mayoría de los problemas en las plantaciones de *C. odorata*, pueden atribuirse al ataque del barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidóptera), a excesiva humedad en el suelo o ataques del hongo *Armillaria mellea* Kummer (Rodgers *et al.*, 1995).

El crecimiento de las plantas en los ambientes tropicales es regulado principalmente por la disponibilidad de agua, luz, espacio, calidad del sustrato y micorrización. La disponibilidad de agua junto con el clima probablemente determinan o delimitan las áreas en que pueden crecer los árboles, así como los periodos cuando el crecimiento toma lugar (Landsberg, 1997). La baja disponibilidad de agua afecta negativamente el establecimiento exitoso de las plantas (Ramos-Zapata y Guadarrama, 2004).

Duz *et al.* (2004) analizaron la respuesta morfológica y fisiológica de tres especies de árboles de diferentes estados sucesionales, en relación a la variación en intensidad de luz, con el fin de explicar la ocurrencia y distribución de esas especies en la naturaleza. Las especies analizadas fueron, *Cecropia glazioui* Sneth (especie pionera), *Cedrela fissilis* Vell. (estadio intermedio de sucesión) y *Bathysa australis* (A. St.-Hil.) Hook. ex Sch. (estadio tardío). *C. fissilis* sufre un aumento en el crecimiento de altura a un nivel de 15 % de luminosidad y el crecimiento es menor conforme aumenta la intensidad de luz.

Las plantas tienden a aumentar la intercepción lumínica a baja intensidad de luz, asignando mayor cantidad de biomasa al crecimiento de las hojas que a las raíces y aumentando el área foliar y formación de hojas delgadas con alta área foliar específica (SLA), y por ello presentan una alta razón de área foliar (LAR) (Porter 1999). El asignar mayor inversión de biomasa en las raíces genera un alto cociente entre los valores de la tasa de crecimiento de la raíz y la copa de las plantas, posibilitando más absorción de agua para proveer la demanda de transpiración,

debido a la alta irradiación (Porter, 1999; 2004). Una alta masa foliar específica (SLM) es el resultado de la disminución del tamaño de las hojas y del aumento en la masa seca foliar, representando una mayor cantidad y capacidad del aparato fotosintético por unidad de área (Ellsworth y Reich 1992, citado por Duz *et al.*, 2004)

3.3. Disponibilidad de agua

En los bosques tropicales húmedos, la longitud del periodo seco puede tener una profunda influencia sobre la dinámica del crecimiento y supervivencia de las plantas (Poorter y Hayashida-Oliver, 2000). Si las plantas son regadas continuamente, durante la estación seca se inducirá la aparición temprana de hojas, así como una mayor área foliar, pero no se incrementará el área basal (Poorter y Hayashida-Oliver, 2000). Constantemente cuando el agua no es limitante del crecimiento y supervivencia, la capacidad de la transferencia de nutrimentos es la principal determinante (Landsberg, 1997).

La eficiencia de uso del agua es un indicador de la relación entre el CO₂ asimilado y el agua transpirada por la planta y ambos términos varían conjuntamente, indicando que la asimilación de carbono y acumulación de masa seca está directamente asociada con el consumo del líquido (Kramer y Boyer, 1995 citados por Pire *et al.*, 2007).

Una forma de determinar la tolerancia a la sequía de los cultivos es evaluar sus respuestas de crecimiento vegetativo ante condiciones de déficit hídrico (Pire *et al.*, 2007). En la literatura se ha encontrado que las plantas responden con poco o nulo aumento en biomasa en altura cuando se exponen a diferentes frecuencias de riego. Únicamente después de un prolongado periodo de sequía son marcadas las respuestas en supervivencia y crecimiento en plantas con presencia y ausencia de riego (Poorter y Hayashida-Oliver, 2000). El crecimiento de cada órgano en las plantas puede ser afectado en forma diferencial por el déficit hídrico, esto como una adaptación morfológica que modifica la eficiencia de uso del agua en las plantas. Por

ejemplo, en una planta las hojas pueden disminuir su tasa de crecimiento, mientras que las raíces pueden continuar creciendo vigorosamente con el mismo potencial hídrico (Westgate y Boyer, 1985 citados por Pire *et al.*, 2007).

En lo que respecta a la absorción de agua, la micorriza del tipo arbuscular favorece la asimilación de agua y es un factor importante en el crecimiento de las plantas (Augé, 2001). Indirectamente la micorriza incrementa la conductancia estomática y las tasas de transpiración, lo que es positivo para la planta, especialmente bajo condiciones de sequía, aceleran la recuperación de la planta después de presentar estrés hídrico, lo cual está relacionado con la producción de hormonas (ácido abscísico y citocininas); las hifas extraradicales directamente incrementan la captación de agua del suelo y el transporte al hospedero. *Rhizopogon* y *Cortinarius*, son hongos ectomicorrízicos efectivos en mejorar la disponibilidad de agua en las plantas hospederas, con sus delgados rizomórfos proveen conducción efectiva del transporte de agua del suelo a las raíces por largas distancias (Egerton-Warburton citado por Allen *et al.*, 2003).

Con frecuencia las plantas con micorriza arbuscular muestran tasas fotosintéticas más altas que aquellas sin micorrizas, lo cual es consistente con los efectos de la interacción sobre la conductancia estomática (Augé, 2001). Sin embargo, el hecho de que la eficiencia de las plantas para aprovechar el agua no permanezca constante para diferentes disponibilidades del líquido corrobora que la relación no es lineal y que, al disminuir el volumen de riego, existe un incremento sustancial en la producción de masa seca por cada litro de agua consumida (Grimes y Williams, 1990 citado por Pire *et al.*, 2007). Este fenómeno podría considerarse como el fundamento básico en las estrategias de riego que promueven la aplicación deficitaria del agua para lograr una mayor tasa de retorno económico en zonas donde el líquido es escaso o de alto costo (Pire *et al.*, 2007).

3.4. Prácticas de defoliación

Saito *et al.* (2004) encontraron que el efecto de la defoliación sobre la colonización micorrízica difiere entre *Miscanthus*, una especie intolerante al pastoreo y *Zoysa* tolerante a dicha actividad. Así mismo hallaron que en raíces de *Miscanthus*, el porcentaje de longitud de raíz colonizada (LRC) por *Glomus-Ac* y *Glomus-Ad* fue significativamente reducida por la defoliación mientras que esta no presentó influencia en el porcentaje de LRC en *Zoysia*. Además como respuesta a dicha defoliación, se diferencia la estructura de la comunidad de hongos micorrízico arbusculares (HMA) entre las dos especies de plantas. Estas respuestas se atribuyen a que *Miscanthus* y *Zoysa* son las especies nativas con mayor extensión en Japón y el este de Asia. Una comunidad de *Miscanthus* cambia a *Zoysa* cuando el primer tipo es sujeto a intensivo movimiento de ganado, la estructura de la comunidad de HAM de hongos cambia con esta sucesión. Esto implica una estrecha relación entre las comunidades de hongos micorrízicos y la sucesión vegetal.

La transferencia y procesos que determina el flujo de carbono en las plantas están influenciados por la arquitectura de la copa (Brown, 1997). Por ejemplo *C. odorata* pierde sus hojas como estrategia para contrarrestar la pérdida de agua en periodos cuando la disponibilidad es baja (Porter y Hayashida-Oliver, 2000). También su tasa de producción de hojas disminuye durante la estación seca, lo cual conlleva a un bajo establecimiento del número de hojas comparado con la estación lluviosa. La pérdida de hojas permite un rápido ajuste en la relación de área foliar y superficie radical durante la sequía (Porter y Hayashida-Oliver, 2000).

La defoliación en la primera estación lluviosa puede afectar el crecimiento de las plántulas mientras que al final del periodo lluvioso puede afectar la supervivencia durante la estación seca ya que generalmente experimentan alta mortalidad, a diferencia del periodo de lluvias cuando se da el crecimiento (Porter y Hayashida-Oliver, 2000). Wright y Cornejo (1990) observaron que la defoliación mejora el estado hídrico de la planta, incrementándose el cociente de la relación entre los valores de

biomasa de raíz y copa. No obstante la defoliación antes de la estación seca puede ser una desventaja para la supervivencia de la plántula durante el periodo seco.

Gerhardt, (1998) examinó los efectos de la defoliación natural sobre el establecimiento de plántulas de *C. odorata* y *Swietenia macrophylla*, especies deciduas de estado sucesional temprano, bajo condiciones manipuladas de luz y suelo. Después de seis meses, niveles de defoliación mayores al 50 % tuvieron un efecto negativo en la tasa de crecimiento de *S. macrophylla* y *C. odorata*. Plántulas con la defoliación al 50 % mostraron alta tasa de crecimiento en la siguiente estación de crecimiento comparado con las plántulas menos defoliadas. La mayor causa de mortalidad de plántulas fue la sequía de la estación seca y altos niveles de defoliación incrementaron las tasas de mortalidad (Gerhardt, 1998). Los estudios son importantes para contribuir a comprender la baja supervivencia de las plántulas de *C. odorata* en poblaciones naturales.

3.5. La asignación de biomasa en respuesta al crecimiento de las plantas

La “asignación de biomasa” se refiere a la cantidad de biomasa que está presente en los diferentes órganos en relación a la masa total de la planta (Poorter y Nagel, 2000). Las plantas tienen un balance entre la biomasa asignada al crecimiento de renuevos y la invertida en las raíces. Los trabajos de Tilman, mencionan que las plantas que invierten más biomasa en las raíces deben producir menos biomasa total en comparación con aquellas que invierten relativamente más biomasa en la parte aérea de la planta, además cuando son defoliadas tienen una marcada flexibilidad para reasignar fotosintatos a los diferentes órganos de las plantas (Porter y Nagel, 2000).

Brouwer (1962, citado por Porter y Nagel, 2000), formuló la teoría del equilibrio funcional; “las plantas cambian su asignación hacia los renuevos si el carbono fijado es afectado por la intensidad lumínica y los niveles de CO₂ atmosférico. Similarmente las plantas asignan mayor biomasa al crecimiento de la raíz cuando los nutrimentos y agua son poco disponibles en el suelo”. En condiciones de baja disponibilidad de

agua y nutrimentos, en la planta se incorporan menos fotosintatos a la copa y mayor cantidad a la raíz.

Por lo antes mencionado, es factible determinar de forma experimental, que factores se involucran mayormente en la asignación de biomasa en los diferentes órganos de la planta.

3.6. Estudios en *Cedrela odorata*

Porter y Hayashida-Oliver (2000) evaluaron en campo durante la estación húmeda y seca, la influencia de la luz y disponibilidad de agua en la supervivencia de plántulas de *C. odorata*. Las plantas, establecidas tanto en claros como bajo el dosel y regadas en la estación seca, incrementaron su número de hojas a diferencia de las no regadas. Los riegos influyeron transitoriamente en una mayor altura en plántulas regadas respecto al control ya que al llegar la estación lluviosa ambos tratamientos presentaron la misma altura.

Rodgers *et al.* (1995) encontraron que varias defoliaciones de la copa de *C. odorata* disminuyeron altamente la concentración de almidón en la raíz y base del tronco de la planta. Esto indica que las raíces tienen un rol específico como sitios para reservar carbohidratos que son utilizados en el recrecimiento de la copa. Es probable que para *C. odorata* estas reservas sean importantes durante la estación seca y en la iniciación de crecimiento vegetativo y reproductivo que aparece después de la caída de las hojas.

Los géneros de hongos micorrízicos *Glomus* y *Acaulospora* se han encontrado en sitios de regeneración natural con individuos adultos ya establecidos de *C. odorata* conviviendo con otras especies de plantas (Lovelock y Ewel, 2005). Zulueta *et al.* (2000), inocularon en invernadero plantas de *C. dorata* con hongos endomicorrízicos arbusculares (Complejos MTZ1; MTZ-1, conformados por *Gigaspora* sp. *Acaulospora* sp., *Glomus mosseae*, *Glomus* sp. y *Glomus*

geosporum), a los seis meses encontraron diferencias significativas en la biomasa aérea (g) de plantas inoculadas en comparación al tratamiento control. Además observaron un porcentaje de micorrización de 91 % en las raíces de las plantas inoculadas.

La micorriza es una interacción ecológica que modifica los recursos básicos de algunos organismos y los convierte en recursos fácilmente adquiribles para otros. La formación de micorriza ayuda a incrementar la absorción de agua, la adquisición de nutrimentos y sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, así como la resistencia al ataque de hongos y nemátodos en raíces, tolerancia a la sequía, modifica la distribución de biomasa y aumenta la supervivencia de las plántulas en campo (Pérez-Moreno, 1992; Brundrett *et al.*, 1996; Smith y Read, 1997; Alvarado *et al.*, 2004).

3.7. Supervivencia de *C. odorata*

Además de los factores ya discutidos, el desarrollo del cedro en altura, diámetro, área foliar y raíz dependen de las condiciones de sombra, topografía, exposición, control de plagas y enfermedades al momento y durante el establecimiento de la plantación. Cuando se consideran y manejan adecuadamente los factores señalados, se pueden alcanzar supervivencias de hasta un 97 %; sin embargo, cuando no se toman las medidas adecuadas en el manejo de dichos factores, la supervivencia puede reducirse a un 78 % o menos (Martínez, 1999 citado por Bravo 2007).

3.8. Producción de planta en vivero

El vivero forestal se define como un área determinada de terreno que cuenta con un conjunto de instalaciones, equipo, herramientas e insumos, en los cual se aplican técnicas apropiadas para la producción de plantas sanas y vigorosas que mas tarde servirán para establecer una plantación (García, 2001).

En el año 2005 existían en el estado de Veracruz 46 viveros con capacidad para producir alrededor de 57 millones de plantas por año. Estos viveros pertenecen a diferentes dependencias: CONAFOR, INIFAP, EJERCITO MILITAR MEXICANO, SEDARPA y UV (CONAFOR, 2006). Esta información nos indica que Veracruz cuenta con capacidad e infraestructura para producir un número importante de plantas para reforestación y/o establecer plantaciones forestales comerciales.

La CONAFOR ha impulsado la modernización de viveros, principalmente los del gobierno federal, mejorando instalaciones, sistema de riego, sustituyendo las bolsas de polietileno por contenedores rígidos, además la tierra de monte y sustratos como el bagazo de caña de azúcar se cambiaron por sustratos importados como el peat-moss y la vermiculita (CONAFOR, 2006).

No obstante los viveros tienen diversos problemas que reducen la eficiencia productiva: 1) Desfase de planeación; el calendario de la administración de recursos, no coinciden con los ciclos biológicos de las especies a producir, 2) dependencia de la importación de sustratos para los viveros tecnificados, 3) se produce planta de baja calidad por falta de control sobre el germoplasma utilizado y lejanía de los sitios de siembra final (CONAFOR, 2006).

A pesar de los esfuerzos realizados, actualmente no existe en Veracruz un programa que incluya aspectos importantes para el manejo y mejoramiento genético de especies forestales que respalde la reforestación masiva y los programas de plantaciones forestales comerciales (CONAFOR, 2006).

En base a lo antes discutido, es necesario estudiar los factores y mecanismos involucrados en el crecimiento de plántulas de *C. odorata* en vivero con el fin de aportar información aplicable al manejo de la especie en esta etapa que puede ser crítica para el adecuado establecimiento de la planta en programas de reforestación o plantaciones forestales comerciales.

3.9. Producción forestal

Los datos de la producción de madera de cedro rojo (*Cedrela odorata*) se presentan agrupados con la producción de caoba (*Swietenia macrophylla*), llamándose en conjunto maderas preciosas que por sus propiedades y características estéticas son de alta estimación, así como de elevado valor comercial (SEMARNAT, 2004). Según el más reciente anuario estadístico de la producción forestal de la SEMARNAT (2004), a nivel nacional en el año 2004 la producción maderable de especies preciosas fue de 33,748 m³, este valor representa el 0.5 % de la producción total maderable nacional.

Los principales estados productores de maderas preciosas son Veracruz (36,3 %), Quintana Roo (26.3 %), Tabasco (14.8 %), Chiapas (11.1 %) y Puebla (5.0 %).

A mediados de la noventas, en el estado de Veracruz se habían reforestado cerca de 4,000 ha con cedro rojo principalmente (Sánchez y Velásquez, 1998). Y en 2004 hubo un volumen de producción maderable de 234,409 m³ en rollo, con un valor total de \$153,277,218 pesos. Por otro lado la producción maderable de preciosas fue de 12,556 m³, de las cuales 11,056 m³ fueron obtenidos como escudaría y 1,200 m³ para leña. El valor de la producción de preciosas en el estado por grupo de productos es la siguiente: escudaría?? \$14,958,768 pesos y leña \$351,600 pesos obteniendo un total de \$15,310,368 pesos (SEMARNAT, 2004).

En el estado de Veracruz para el año 2004 se autorizaron 258 permisos de aprovechamiento forestal maderable de preciosas, en un total de 3,508,200 ha y se obtuvieron 13,470,657 m³ de madera (SEMARNAT, 2004). El precio medio nacional para escudaría es de 2,485.75 pesos por m⁻³. En Veracruz se tiene un precio medio nacional de 1,353 pesos por m⁻³ rollo, también se cotiza la madera como postes, pilotes y molillos con un valor de 800 pesos/metro cúbico rollo, el valor de la leña es de 289.45 pesos m⁻³ (SEMARNAT, 2004).

La producción forestal maderable hacia 2004 fue de más de 234 000 m³, con un volumen autorizado de 343 000 m³ en rollo total árbol y el número de permisos ascendió a 966. De estos volúmenes el 8.36 corresponde a especies preciosas tropicales (CONAFOR, 2006)

De acuerdo con las reglas de operación para el otorgamiento de apoyos del PRODEPLAN, las plantaciones de árboles forestales con especies de hoja ancha, destinadas a la producción de madera deben contar con 25 hectáreas como superficie mínima y una densidad no menor de 1,100 árboles ha⁻¹. Los apoyos fueron de un monto de \$7,000 pesos ha⁻¹, y disminuyeron conforme mermara el porcentaje de árboles vivos, incluso los apoyos dejarían de proporcionarse cuando se tuvieran supervivencias abajo del 70 % (SEMARNAT, 2004).

Entre 1997 y 2005 se ha apoyado, a través de PRODEPLAN, el establecimiento de 49 435 ha de plantaciones forestales comerciales. En Veracruz hasta septiembre de 2006 se había apoyado un total de 53,109 ha con plantaciones, registrándose un avance en la siembra de 49% (CANAFOR, 2006). Es importante resaltar que la superficie reportada corresponde a la indicada en las propuestas técnicas apoyadas por el programa antes mencionado.

3.10. Problemas en las plantaciones

De acuerdo con la CONAFOR (2006) los principales problemas y aspectos que presentan las plantaciones forestales comerciales (PFC) son las siguientes: falta de personal por parte de las dependencias para dar seguimiento a las plantaciones establecidas; poco apoyo de las autoridades estatales en la toma de decisiones del programa de PFC; no hay información del crecimiento y desarrollo de las plantaciones establecidas; no existe disponibilidad de planta de alta calidad para cumplir las metas del programa de PFC; tampoco se dispone de información para plantaciones forestales por especie; no se han generado programas de mejoramiento genético para sustentar un programa con amplias expectativas de

desarrollo; no hay paquetes tecnológicos para el establecimiento de plantaciones a nivel local; falta de financiamiento y créditos para el manejo de las PFC; no se ha producido información confiable acerca de la producción y rentabilidad de las PFC; no se ha promovido un seguro a plantaciones comerciales; además falta asistencia técnica eficiente en ejidos y comunidades; lo anterior aunado a la falta de estudios de mercado a nivel local, nacional e internacional (CONAFOR, 2006).

3.11. Evaluación rural rápida

La evaluación rural rápida (ERR) es una actividad sistemática realizada por un equipo multidisciplinario, con el fin de obtener nueva información y formular nuevas hipótesis acerca de la vida rural. Para llevar a cabo esta investigación se pueden aplicar entrevistas y cuestionarios de forma individual, a la familia e informantes clave, así como utilizar el método de observación directa en el sitio (Crawford, 1997).

La ERR usada para el análisis de Agroecosistemas es una serie de técnicas que sirven para recabar información un poco más rápida y más exacta de las complejidades de los sistemas agrícolas.

De acuerdo con Townsley (1996) las características de una ERR son las siguientes: a) es una actividad realizada por un grupo de personas de distintos campos profesionales o disciplinas con el objetivo de entender un tópico en particular, b) usualmente involucra la colecta de información directamente de las personas en el campo y c) usa un conjunto de herramientas que consisten en ejercicios y técnicas para recopilar información que pueda ser fácilmente comprendida por un grupo amplio de personas. Esta combinación de herramientas y técnicas permite construir una imagen más completa donde diferentes puntos de vista pueden ser comparados y contrastados.

Las herramientas principales de la ERR son las siguientes (Townsley, 1996): a) Técnica de la entrevista; entrevista directa de tópicos de interés; entrevista

semiestructurada; entrevista a informantes clave; discusión en grupo clave; entrevista individual y familiar, b) talleres: planeación de ERR; preparación de lista de control; triangulación; discusión y análisis de hallazgos, c) técnicas de ranqueo y clasificación: clasificación local; taxonomía y matriz de rangos, d) gráficas y diagramas: diagramas de Venn; gráficas de barras y pastel y árbol de decisiones, e) entendiendo procesos y cambios: líneas del tiempo; calendarios estacionales; diagrama de procesos; mapas históricos; transectos; historias orales; f) técnica de mapeos: modelaje y mapeo; mapeo temático y mapeo histórico, g) reuniones con la comunidad: talleres con la comunidad, h) observación estructurada: transectos e indicadores clave.

3.12. Análisis de Agroecosistemas

Un agroecosistema es diseñado por un productor influenciado por factores externos y por sus propias características y objetivos particulares, pero su decisión es afectada e influye al mismo tiempo en las políticas de desarrollo implementadas en un país, estado o municipio (Castillo, 2003)

Para lograr un cambio específico en la estructura o función de un agroecosistema, es necesario e indispensable cambiar la aptitud y actitud del controlador, de lo contrario, cualquier intento de transformación sería inútil o superficial. En este sentido, para lograr un cambio en obtener unas plantaciones sanas y bien establecidas, se requiere presentar al controlador las diferentes opciones técnicas que tiene, mostrando los diferentes instrumentos de los cuales puede valerse, haciendo énfasis en la mejor técnica y en los mejores instrumentos que se tengan disponibles, en el entendido de que los cambios inducidos están encaminados a mejorar las condiciones generales del agroecosistema (Castillo, 2003). Por lo cual es necesario en muchas ocasiones generar conocimiento para mejorar las técnicas existentes, o en su caso crear nuevas.

4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

4.1 El concepto de Agroecosistema

El concepto de agroecosistema surgió como una nueva propuesta de estudio, incluyendo nuevas estrategias y elementos metodológicos para estudiar los fenómenos que se presentan en los sistemas productivos, sean estos forestales, agrícolas, pecuarios, mixtos, etc. (Andrade Torres, 2004).

Conway (1987) define al agroecosistema como un ecosistema modificado por el hombre para producir alimentos, fibras o combustibles, incluyendo también la generación de empleo, valor recreativo, y en general productos no cuantificables en términos de bienestar social, cultural, psicológico y espiritual. Ruíz (1995) lo define como la unidad de estudio de la actividad agrícola, en un sentido amplio, bajo un enfoque agroecológico y sistémico.

Un agroecosistema es producto del interés y objetivo de quien lo modifica, lo cual determina sus límites espaciales, culturales y temporales, adquiriendo con ello cierta estructura y función específica. Se caracteriza por tener un controlador, y su estudio es enfocado en la teoría de sistemas, por lo que se considera que posee niveles jerárquicos, y subsistemas que son parte de un suprasistema, que están constituidos por elementos que interactúan entre sí, intercambiando información, materia y energía (Ruiz, 1995; Martínez, 1999).

El agroecosistema en cada nivel se constituye como un sistema en sí mismo, que es un componente o subsistema de otro sistema mayor más complejo (Velásquez, 2001), existiendo diferentes dimensiones que influyen en su funcionamiento, tales como; social, económica, ambiental, ecológica y técnico-productiva.

Es importante describir la dinámica de las actividades forestales y conocer el criterio del productor para establecer sistemas forestales dentro de su sistema agrícola (agroecosistema). Ya que la propuesta de agroecosistemas se basa en la teoría de sistemas, se tiene un enfoque sistémico por medio del cual es posible analizar y estudiar fenómenos específicos de la realidad, sin perder de vista que este fenómeno particular forma parte de un conjunto mayor, lo que implica visualizar las cosas desde un panorama general y amplio que conduzca a la realidad (Castillo, 2003).

La propuesta de análisis de agroecosistemas presenta metodologías y elementos que permiten analizar los sistemas productivos desde diferentes niveles jerárquicos, principalmente en busca del desarrollo agrícola regional, que está acorde con los objetivos y perspectivas de los productores bajo el enfoque contextual de optimización del sistema mayor (Gallardo-López, 1998).

El análisis de agroecosistemas permite analizar a nivel de sistema productivo el conocimiento que es necesario generar para optimizar dicho sistema mayor. Más aún considerando que en México existe una compleja diversidad ambiental y cultural, lo cual permite que se forme una compleja red de interacciones que influyen en la estructura y función de un agroecosistema abordar la problemática a partir de un enfoque sistémico es necesario para generar conocimientos a través de investigación agropecuaria y forestal (Gallardo-López, 1998).

El cedro rojo es producido en asociación dentro de agroecosistemas, como son: sistemas agroforestales, sombra para ganado, barrera rompevientos y cerca viva, se utiliza como árbol ornamental y se ha reportado como planta melífera o de importancia en apicultura. Se puede encontrar como sombra café, o como árboles dispersos en pastizales y potreros para sombra y refugio del ganado (Vázquez-Yañes *et al.*, 1998). Además es producido en pequeñas plantaciones de pequeña y gran escala, puede encontrarse sólo o intercalado con otras especies tales como caoba, teca, melina, primavera, laurel (CATIE, 1997), limón, cocotero y litchi.

Es importante diagnosticar la situación social, económica y técnica que presentan las plantaciones de cedro con el fin de entender y analizar su dinámica e identificar los principales problemas que presenta.

4.2. Calidad de la planta

El término de calidad se designa al conjunto de atributos o propiedades de un sistema que permiten emitir un juicio de valor acerca de él. La calidad está definida en función de las características deseadas y bajo el contexto que se maneje (Gutiérrez, 1989 citado por García, 2001).

La calidad de la planta es un concepto complejo, ya que este depende del contexto y de los intereses por los cuales esta es producida. El término calidad de planta se considera desde diferentes puntos de vista; 1) económico; la planta de calidad es la que se produce a bajo costo y se siembra fácilmente en el sitio de plantación, 2) calidad biológica; la planta debe tener una morfología (forma y estructura) y fisiología (funciones) bien desarrolladas con alta capacidad de supervivencia y crecimiento en campo, superando principalmente con ello la competencia con malezas, enfermedades, plagas y sequía, 3) planta de calidad por buenos cuidados en la producción, transporte, técnica de plantación, y buena selección del sitio de plantación así como cuidado en el control de malezas y plagas (García, 2001).

El primer objetivo a lograr en la producción de árboles forestales, para establecer plántulas vigorosas y obtener altos porcentajes de supervivencia en el sitio de plantación es desarrollar plantas con morfología y sistema radical bien desarrollado. Así una planta de alta calidad es aquella que logra establecerse en campo y además presenta un buen crecimiento y desarrollo. En los viveros forestales de México no se emplean técnicas recomendables de manejo de las plantas como una rutina de producción o se hace en poca medida, sin evaluar la calidad en el crecimiento y desarrollo de la planta (García, 2001).

4.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Es posible obtener una mayor tasa de crecimiento en plántulas de *C. odorata* mediante el manejo conjunto de los factores micorrización y defoliación bajo condiciones de vivero?

6. OBJETIVOS

1. Determinar si la combinación de diferentes niveles de los factores micorrización y defoliación afecta significativamente las tasas de crecimiento en altura y diámetro y biomasa aérea y biomasa de raíz de plántulas de *C. odorata*.

2. Diagnosticar el estado actual de las plantaciones de cedro rojo y los principales aspectos de su manejo en la zona de influencia del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados.

7. HIPÓTESIS

1. La tasa de crecimiento de plántulas de *C. odorata*, es afectada por la interacción de la micorrización y defoliación, por lo que es posible encontrar una combinación de estos factores que promueva significativamente el crecimiento de las plantas en invernadero.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Ensayo en vivero

8.1.1. Sitio experimental

El experimento se desarrolló en vivero en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz localizado a 19° 16' N y 96° 16' O, a 20 msnm. El clima es cálido subhúmedo, con temperatura media de 26.5 °C, 1230 mm de precipitación, las lluvias se distribuyen entre los meses de mayo a octubre (García, 1988), temperatura media del mes más frío 21.4 ° C; temperatura media del mes más cálido 28.8 °C, evaporación media anual de 1 544.0 mm y humedad relativa media de 81.3 % (Ortiz Solorio y López Collado, 1998).

8.1.2. Producción de las plántulas de *C. odorata*

Se extrajeron semillas de frutos colectados en diferentes árboles de *C. odorata*, durante los meses de febrero y marzo de 2007. Los frutos se expusieron al sol durante tres días para que liberaran las semillas. Estas se mezclaron para evitar efectos de procedencia y se sembraron el día 13 de agosto de 2007 en charolas de germinación de poliestireno de 200 cavidades rellenas con suelo esterilizado en autoclave (4 horas a 125 °C y 1.5 kg cm²). Se observó el inicio de la germinación a los 8 días (21 de agosto). A los 80 días (13 de noviembre) las plántulas se transplantaron a bolsas de plástico de 21 x 10 cm rellenas con 570 g de suelo seco esterilizado. El trasplante consistió en extraer las plantas de la charola, darle un lavado con agua a la raíz para introducirlas en orificios realizados en el suelo esterilizado de las bolsas destino.

8.1.3. Tratamientos y diseño del experimento

Los tratamientos consistieron en la combinación de los factores inoculación con *Glomus intraradices* (2 niveles) y porcentaje de defoliación (3 niveles) (Cuadro 1). Se aplicaron un total de 6 tratamientos con 24 repeticiones cada uno, por lo que el experimento se conformó por 144 plántulas en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial (3 x 2). El experimento se mantuvo durante seis meses.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados en el experimento

Tratamientos (TS) (<i>n</i> = 24)	Inoculación con <i>Glomus intraradices</i>	Porcentaje de defoliación
1. SIN M-0	No	0
2. CON M-0	Si	0
3. SIN M-50	No	50
4. CON M-50	Si	50
5. SIN M-90	No	90
6. CON M-90	Si	90

8.1.4. Inoculación de plantas con *Glomus intraradices*

Las plantas de *C. odorata* fueron inoculadas con una cepa de *Glomus intraradices* consistente de esporas y micelio mezclados con tezontle y raíces de sorgo. La cepa fue proporcionada por el Laboratorio de Microbiología del Colegio de Postgraduados Montecillo. La inoculación se realizó al transplantar las plántulas aplicando 10 g de la cepa alrededor de la raíz para finalmente colocarla en un orificio realizado en el sustrato cubriéndola con una capa de suelo.

Para la inoculación de las plantas de *C. odorata* se utilizó la cepa *Glomus intraradices*, consistente de esporas y micelio mezclados con tezontle y raíces de sorgo. Esta se obtuvo del Laboratorio de Microbiología del Colegio de Postgraduados. Antes de transplantar la planta se hizo un orificio en el sustrato y se aplicaron 10 g de la cepa alrededor de la raíz y cubriéndola con una capa de suelo (Figura 1).



Figura 1. a) Inoculación de *Glomus intraradices* en plantas de *C. odorata*; b) Cepa del hongo micorrízico utilizado como inóculo. (Fotos tomadas por Oros-Ortega, 2008).

8.1.5. Defoliación

Para llevar a cabo la defoliación primero se estimó el área total de las hojas de cada plántula, considerando el estado inicial como 100%. Una vez estimado esto, se realizaron los diferentes porcentajes de defoliación cortando las hojas desde la base del pecíolo adherido a la rama o tallo principal. Las hojas a eliminar se consideraron de abajo hacia arriba, y la hoja del ápice no se eliminó en ninguna planta (Figura 2).



Figura 2. Defoliación de plantas de *C. odorata* (Fotos tomadas por Oros-Ortega, 2008).

La defoliación de las hojas se aplicó en tres niveles (testigo nivel I: 0 %, nivel II: 50 % y nivel III: 90 %), la defoliación se realizó a los dos meses del trasplante e inoculación. Este tiempo se consideró pertinente para permitir que las plántulas inoculadas establecieran bien la asociación micorrízica, ya que la colonización de una raíz por un hongo micorrízico es un proceso que involucra procesos en los cuales se consume gran cantidad de compuestos carbonados en una secuencia de etapas reguladas por una precisa interacción entre planta y hongo, de manera general las etapas de micorrización son: a) pre-inoculación, b) penetración, c) colonización intraradical, d) desarrollo del micelio externo, e) esporulación del hongo y reinoculación (Azcón *et al.*, 1996).

8.1.6. Variables evaluadas

- 1) Altura de planta para estimar tasa de crecimiento (TCA)
- 2) Diámetro a la base para estimar tasa de crecimiento (TCD)
- 3) Peso fresco de tallos (PFT), hojas (PFH) y raíz (PFR)
- 4) Peso seco de tallos (PST), hojas (PSH) y raíz (PSR)
- 5) Área foliar
- 6) Porcentaje de micorrización por vesículas, hifas y arbusculos.
- 7) Asignación de biomasa
- 8) Tasa de crecimiento relativo (TCR) y sus componentes; tasa de asimilación neta (TAN) y razón de área foliar (LAR) diseccionada a su vez en proporción de hojas (LMF) y área foliar específica (SLA).

El experimento se mantuvo durante seis meses, al inicio del experimento (tiempo cero) se obtuvieron los valores de las variables uno y dos, a los tres y seis meses se colectaron al azar 10 plantas por tratamiento para obtener los datos de las variables uno a seis. Al final del experimento se estimaron las variables siete y ocho. Tanto en el tiempo cero como al final del experimento se realizó un análisis de nutrimentos del suelo utilizado como sustrato.

8.1.7. Toma de datos

8.1.7.1 Altura y diámetro

La medición de altura total de la planta se determinó desde el cuello de la raíz hasta la yema apical, usando una regla graduada con aproximación de mm. La medición del diámetro a la base del tallo (Db) se realizó con un vernier digital con aproximación a décimas de milímetro.

8.1.7.2. Biomasa

Las plantas cosechadas en cada fase de observación fueron seccionadas en raíz, tallo, pecíolo y láminas foliares. Se les tomo el peso en fresco y posteriormente se colocaron en una estufa a 75 °C por 72 horas, a cada una de las partes se les tomo el peso seco. Las mediciones se realizaron con una balanza analítica Explorer-OHAUS con aproximación de 0.1 mg.

8.1.7.3. Medición de área foliar

Para obtener el área foliar total de las plántulas se digitalizaron con un scanner y cámara fotográfica digital, posteriormente se estimo el área de las hojas analizando la imagen digitalizada con el programa de Windows Adobe Photoshop Cs3 Extended.

8.2.7.4. Análisis químico del suelo

Al inicio y al final del experimento se tomaron muestras del suelo utilizado como substrato para determinar: textura, densidad aparente (DA), humedad aprovechable (HA, %), capacidad de campo (CC, %), punto de marchites permanente (PMP, %), potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO, %), potasio (K, ppm), carbono orgánico (%), nitrógeno total (N, %), fósforo disponible (P, ppm).

Cuadro 2. Resultados del análisis físico y químico del suelo al inicio del experimento

Determinación	Partículas minerales	Contenido	Clasificación agronómica (López, 2008)
Textura	Arena (%)	52.84	Migajón Arcillo-Arenoso
	Arcilla (%)	10.16	
	Limo (%)	37.00	
	pH agua (1:2)	6.24	Medianamente Ácido
	Materia orgánica (%)	2.96	Medianamente Pobre
	Nitrógeno inorgánico (ppm)	24.50	Mediano
	Fósforo (ppm)	13.00	Pobre
	Potasio (ppm)	511.00	Rico
	CC Base húmeda (%)	29.65	
	PMP Base húmeda (%)	16.12	
	CC Humedad Gravim. (%)	42.16	
	PMP Humedad Gravim. (%)	22.91	

8.1.8 Determinación de la presencia y el tipo de estructuras micorrícicas

Las plántulas colectadas fueron procesadas, para analizar las estructuras micorrícicas formadas, así como visualizar la micorriza arbuscular (MA) en los sistemas radicales. Se tomó una muestra de cinco plantas por tratamiento, y siguiendo la metodología de Phillips y Hayman (1970) modificada por Kormanik *et al.*, (1980). Para determinar el porcentaje de colonización micorrícica arbuscular en raíces se evaluó con un microscopio (a 40 y 100 x) la morfología interna de la raíz con el método de Phillips y Hayman (1970) montando en portaobjetos raíces teñidas con el fin de detectar la presencia de alguna de las estructuras diagnósticas de la MA. Este método permitió evaluar el porcentaje de estructuras micorrícicas, vesículas, hifas y arbusculos dentro de la raíz.

Las raíces de *C. odorata* L. fueron separadas del sustrato y lavadas con agua corriente, cortadas en fragmentos de 1, 2 y 3 cm, para mezclarlas con el fin de tomar una muestra representativa. Las muestras de cada planta se colocaron en cápsulas para tinción. El método de tinción de raíces consistió en el clareo, blanqueo, acidificación, tinción decoloración y montaje de raíces.

8.1.8.1. Clareo

Los fragmentos de raíces se colocaron en cápsulas de plástico y se pasaron a un vaso de precipitado de 1 L, cubriéndolas con una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10 %, se dejaron reposar durante 24 horas. El siguiente paso consistió en colocarlas en una olla de presión a 10 libras durante 10 minutos. Después las raíces se lavaron con agua corriente para eliminar el exceso de KOH. Se llevaron a cabo tres clareos de 10 minutos y uno de tres, con el fin de eliminar los taninos que interfieren en la observación de las células radicales.

8.1.8.2. Blanqueo

Cuando la solución de KOH presentó un color claro, los fragmentos se lavaron con agua corriente, decantándola en la tarja. Después se agregó peróxido de hidrogeno grado comercial (agua oxigenada 11 volúmenes) durante 15 minutos. Las raíces nuevamente fueron enjuagadas con agua corriente para eliminar el exceso de peróxido en las raíces.

8.1.8.3. Acidificación

Después del blanqueo, a las raíces se les adicionó una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 10 % por cinco minutos, con el fin de favorecer la acción del colorante.

8.1.8.4. Tinción

Después de la acidificación, el exceso de HCl se eliminó, sin lavar las raíces, recomendación importante, ya que si se enjuaga la tinción puede ser inhibida. Las cápsulas dentro del vaso de precipitado se cubrieron con Fuccina al 0.05 % en lactoglicerol), también se puede utilizar Azul de tripano al 0.05 % en lactoglicerol, colocándolas en la olla de presión a 10 libras durante 10 minutos.

8.1.8.5. Decoloración

Las capsulas se abrieron y se sacaron los fragmentos de raíces colocándose en una caja petri llena de lactoglicerol con el fin de que los fragmentos se decoloraran, eliminando así los restos de Fuccina.

8.1.8.6. Montaje de raíces

Los fragmentos de las raíces contenidas en las cajas de petri con lactoglicerol se tomaron y aproximadamente 25 segmentos de 1.5 cm de longitud se colocaron de forma paralela en el portaobjetos, colocando una o dos gotas de lactoglicerol. Después se cubrió con el cubreobjetos y selladas con barniz comercial transparente. Las laminillas se observaron al microscopio con el objetivo 10, 40 y 100 X. Se hicieron tres observaciones equidistantes por laminilla. Los porcentajes de colonización por las diferentes estructuras micorrizicas se determinó en base a las siguientes formulas:

$$\text{Porcentaje de colonización total} = \frac{\text{No. de segmentos colonizados}}{\text{No. de segmentos totales}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de colonización por vesículas} = \frac{\text{No. de segmentos con vesículas}}{\text{No. de segmentos totales}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de colonización por arbuscúlos} = \frac{\text{No. de segmentos con arbuscúlos}}{\text{No. de segmentos totales}} \times 100$$

8.1.9. Medición de la asignación de biomasa

La asignación de la biomasa de las plantas durante el crecimiento se expresó como la relación de la biomasa de cada órgano en relación a la biomasa total de la planta. Se calcularon las siguientes variables para cada uno de los tratamientos a los 180 días después del trasplante; proporción de la parte aérea con respecto a la parte subterránea (S/R) y proporción de hojas (LMF), tallos (SMF) y raíces (RMF) con respecto al peso total de la planta.

8.1.10. Análisis de crecimiento

Las tasas de crecimiento relativo se calcularon con la ecuación $TCR (g\ g^{-1}\ día^{-1}) = (\ln P_2 - \ln P_1) / (T_2 - T_1)$ siendo P_2 y P_1 el peso de la planta en los tiempos 2 y 1 (t_2 y t_1 respectivamente) (Villar *et al.*, 2004).

Para calcular el promedio de la razón de área foliar se usó la ecuación $LAR (cm^2\ g^{-1}) = [(A_1/M_1) + (A_2/M_2)]/2$, donde A representa el área foliar, siendo 1= primer colecta y 2= segunda colecta, M representa la masa seca (Poorter, 1989). Para la proporción de hojas se utilizó la ecuación $LMF (g\ g^{-1}) = M_{foliar}/M_{total}$, donde M= masa seca (Villar *et al.*, 2004). La razón de área foliar se calculó con la siguiente ecuación $LAR (cm^2\ g^{-1}) = (SLA)(LMF)$ (Villar *et al.*, 2004)

La tasa de asimilación neta se obtuvo con la ecuación $TAN (g\ cm^{-2}\ día^{-1}) = (PST_{final}/AF_{final} - PST_{inicial}/AF_{inicial}) \times (a/a-1) / ddT_{1.2}$, donde $a = (\ln PST_{final} - \ln PST_{inicial}) / (\ln AF_{final} - \ln AF_{inicial})$ y $ddT_{1.2}$ son los días entre el primer y el segundo muestreo indicados como inicial y final en la ecuación (Tittone *et al.*, 2002).

8.1.11. Medición de parámetros ambientales

En el invernadero se monitorearon los datos de temperatura (máxima y mínima), humedad relativa (monitoreados con un data logger Hobo H8 pro series RH) e intensidad de luz (registrada con un Luxometro Amprobe-LM-80). Las plantas del experimento estuvieron expuestas a una variación de temperatura ambiental de entre 21.7 a 24.7 °C, humedad relativa de 33 a 96 %, e intensidad de luz máxima de 805 lum/sqf.

8.1.12. Análisis de resultados

Para estimar diferencias significativas de las variables de crecimiento entre tratamientos se aplicó un análisis de varianza y separación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Para comparar los valores medios de las proporciones entre los diferentes componentes de la planta se realizaron gráficas de cajas y alambres, en el programa STATISTICA V. 6.1.

Los datos de porcentaje de micorrización fueron modificados a la transformación angular o arco seno puesto que los datos expresados como porcentaje tienden a una distribución binomial, en vez de una distribución normal. Una de las características de esta distribución es que las varianzas se encuentran relacionadas con las medias. En los datos binomiales las varianzas tienden a ser pequeñas en los extremos de los rangos de valores (cerca de cero y a 100%), pero mayores en el medio (alrededor del 50%) (Vivas *et al.*, 2007).

La tasa de crecimiento relativo (TCR) se correlacionó con cada uno de sus componentes; razón de área foliar (LAR), tasa de asimilación neta (LAR) y área específica foliar (SLA). A su vez la variable razón de área foliar (LAR) se correlacionó con sus componentes proporción de hojas (LMF) y área específica foliar (SLA). Las correlaciones y valores de regresión se obtuvieron en el paquete estadístico STATISTICA V. 6.1.

8.2. Estudio diagnóstico de plantaciones

Para el presente estudio se empleo el Diagnóstico rural rápido que es un proceso de aprendizaje progresivo, interactivo, flexible y rápido; es una entrevista con los actores sociales (Contreras *et al.*, 1998), que proporciona las características específicas de la parcela, condiciones ambientales, factores externos y las características del productor lo cual determinan cierto flujo de materia, energía e información entre los diferentes componentes del agroecosistema (Castillo, 2003).

Para conocer el estado actual de las plantaciones se ubicaron las plantaciones de *C. odorata* en la región centro del estado de Veracruz, con el fin de realizar un diagnóstico rural rápido (DRR) mediante encuestas semiestructuradas aplicadas a quienes manejan las plantaciones de cedro rojo e identificar aquellas actividades que son variables y que de alguna manera influyen directa o indirectamente en la calidad de producción de árboles maderables.

Se hizo un recorrido en tres municipios dentro del área de influencia del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados (Paso de Ovejas, Emiliano Zapata y La Antigua), y se encontraron 10 plantaciones de cedro (Figura 15, Cuadro 9).

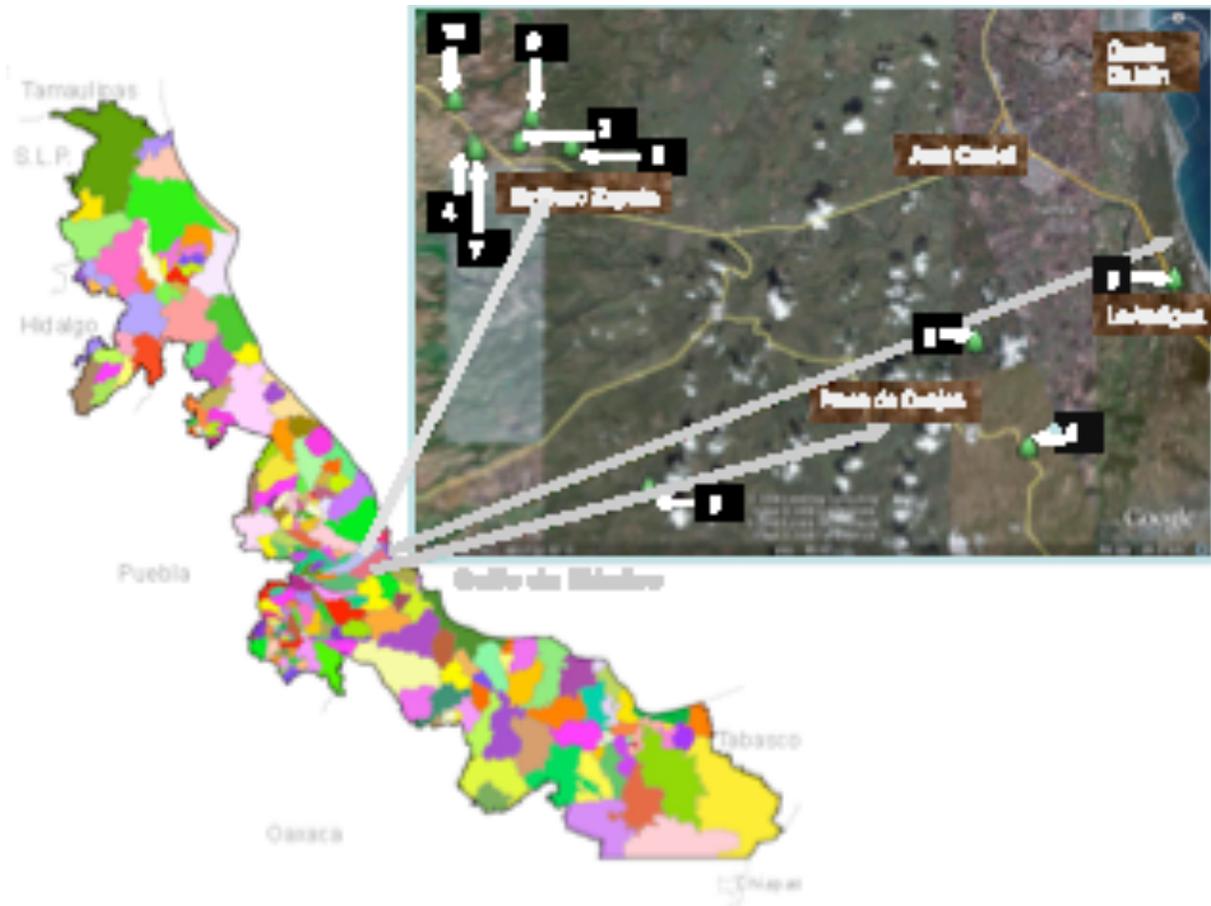


Figura 3. Ubicación geográfica de las plantaciones de cedro, representadas por números del 1 al 10.

Cuadro 3. Datos básicos de las plantaciones de cedro consideradas en este estudio distribuidas en tres municipios del centro del estado de Veracruz

Número asignado	Nombre del productor	Ubicación geográfica y municipio
1	Jorge Luis Luna	19°15'5.93"N, 96°22'9.56"O Municipio Paso de Ovejas
2	Felipe Dorantes Lagunes	19°17'32.09"N, 96°23'26.79"O Municipio Paso de Ovejas
3	Ricardo Rodríguez Contreras	19°21'59.93"N, 96°34'27.44"O Municipio Emiliano Zapata
4	Atanasio Dávila Méndez	19°21'56.06"N, 96°35'33.40"O Municipio Emiliano Zapata
5	Jorge Rodríguez López	19°21'55.49"N, 96°33'11.69"O Municipio Emiliano Zapata
6	Francisco Rodríguez Montano	19°22'35.12"N, 96°34'8.80"O Municipio Emiliano Zapata
7	Guillermo López Díaz	19°21'49.03"N, 96°35'29.11"O Municipio Emiliano Zapata
8	Hermilo García	19°18'59.72"N, 96°18'38.61"O Municipio La Antigua
9	Jorge Luis Treviño	19°14'5.65"N, 96°31'17.28"O Municipio Paso de Ovejas
10	Humberto Flores	19°22'56.67"N, 96°36'0.47"O Municipio Emiliano Zapata

Después de ubicar físicamente las plantaciones, se acudió a la CONAFOR para recopilar datos de las plantaciones que han sido subsidiadas por el PRODEPLAN, así como los datos generales de las personas responsables de dichas plantaciones. Se encontró que hasta el 2007 en CONAFOR sólo se tienen datos de cuatro plantaciones establecidas en los municipios de interés.

Finalmente se visitaron las plantaciones detectadas y se aplicaron las entrevistas (Ver anexo 1), y a través de la técnica bola de nieve con los primeros productores contactados se pudo llegar a otros productores de cedro, en el recorrido se agotó el número de plantaciones detectadas. Sánchez *et al.* (2006) mencionan

que aunque la información geográfica, financiera, ecológica, socioeconómica, silvícola y de manejo forestal de las plantaciones comerciales están en formatos analógicos y medios electrónicos, todavía se carece de un sistema de información que administre una base de datos y que concentre información de las plantaciones de manera eficaz y eficiente, así como información de su localización y las prácticas realizadas para mantener la plantación.

Para la entrevista se diseñó un cuestionario (Ver anexo 2) que permitió generar información sobre aspectos técnicos y socioeconómicos del manejo de las plantaciones en los municipios antes mencionados (Capetillo *et al.*, 2008).

En la entrevista se abordaron los siguientes aspectos: a) Superficie de las plantaciones, b) Fecha de establecimiento, c) Usos del terreno antes de establecer la plantación, d) Manejo que se le da a las plantaciones; herbicida, tipo y frecuencia, abono, riego, e) Origen de la planta y si estaba o no micorrizada, f) Nivel de escolaridad, edad, ocupación, lugar de nacimiento y de residencia, g) Ingresos.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Ensayo experimental en invernadero

9.1.1. Tasas de crecimiento en diámetro

Las plantas de los tratamientos (TS) con micorriza presentaron mayor tasa de crecimiento en diámetro (TCD) respecto a plantas de TS sin micorriza ($F= 60.03$, $p<0.001$) a los tres meses del experimento, no obstante, el tratamiento (Tr) SIN M-50 fue estadísticamente igual que el Tr CON M-50 (Cuadro 1).

Cuadro 4. Tasa de crecimiento en diámetro (TCD) de plántulas de *Cedrela odorata* a tres y seis meses del experimento

TS	TCD (mm) tres meses				TCD (mm) seis meses			
	Prom.	DE	Rango		Prom.	DE	Rango	
SIN M-0	0.15 a	0.05	0.13	0.21	0.05 a	0.03	0.01	0.10
CON M-0	0.23 b	0.05	0.11	0.15	0.10 b	0.03	0.04	0.15
SIN M-50	0.18 ac	0.05	0.19	0.26	0.05 a	0.03	0.003	0.14
CON M-50	0.21 bc	0.05	0.21	0.27	0.13 b	0.02	0.10	0.15
SIN M-90	0.15 a	0.05	0.16	0.21	0.06 a	0.03	0.00	0.12
CON M-90	0.23 b	0.04	0.13	0.20	0.13 b	0.04	0.06	0.19

Por efectos de la defoliación la TCD del Tr SIN M-50 no fue significativamente diferente del Tr CON M-50, además para la misma variable los TS CON M-50 y CON M-90 fueron diferentes ($F= 4.22$ $P< 0.01$) del resto de los TS (SIN M-0, SIN M-50, SIN M-90 y CON M-0) (Cuadro 3 y Figura 3).

La TCD de los tres a seis meses sólo fue estadísticamente mayor en TS con micorriza que en TS sin micorriza ($F= 100.45$, $p< 0.001$).

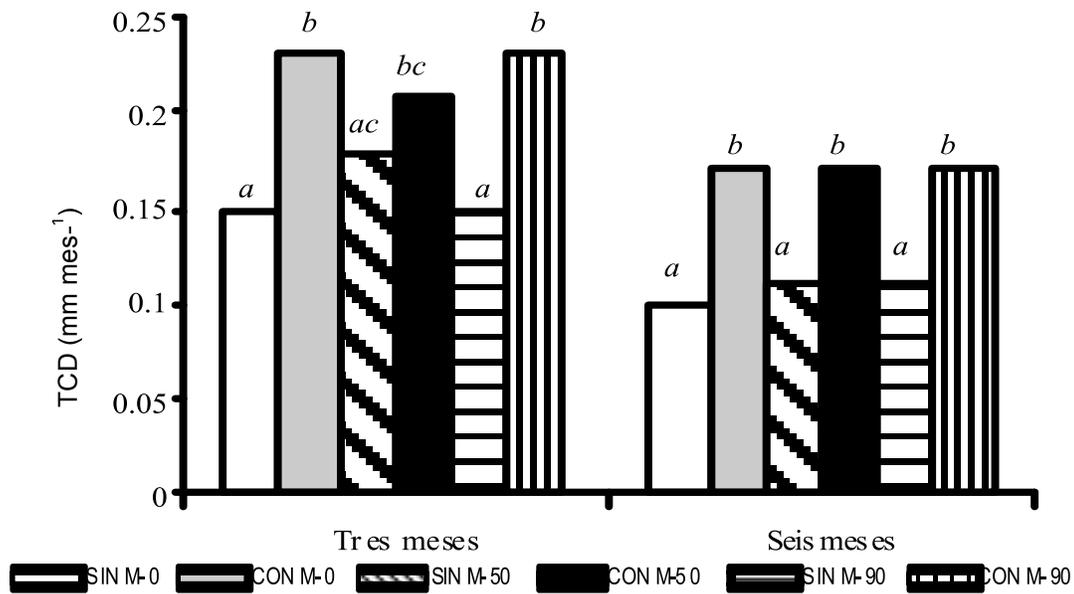


Figura 4. Tasa de crecimiento en diámetro (TCD), tasa de crecimiento en altura (TCA) de plántulas de *Cedrela odorata* L. a los tres y seis meses del experimento. T = tratamiento, prom = promedio, mm = milímetros, cm= centímetros y g= gramos. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos dentro de una muestra de datos a $P < 0.05$ (Tukey).

9.1.2. Tasas de crecimiento en Altura

La interacción de los factores defoliación/micorriza a los tres meses del experimento no mostró efectos entre tratamientos para la variable TCA, siendo los TS con micorriza quienes presentaron significativamente la mayor TCA ($F= 556.57$ $p < 0.001$). Esta variable, del tercer al sexto mes del experimento, fue mayor en TS sin micorriza que en los TS con micorriza ($F= 65.74$ $p < 0.001$). La defoliación al 50 y 90 %, en los últimos tres meses del experimento promovió entre TS con micorriza valores más altos de TCA en relación al tratamiento SIN M-0 ($F= 4.22$ $P < 0.01$). El tratamiento SIN M-90 presentó, por efecto de la defoliación, significativamente la mayor tasa de crecimiento en altura entre los tratamientos con micorriza (Cuadro 4, Figura 4 y 5).

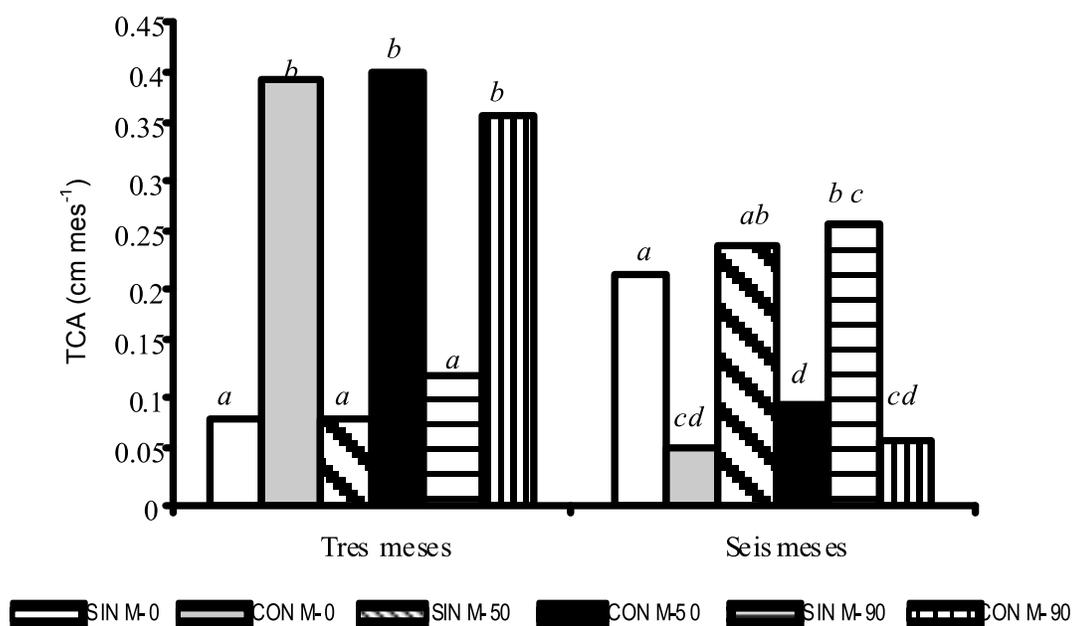


Figura 5. Tasa de crecimiento en altura (TCA) de plántulas de *Cedrela odorata* L. a los tres y seis meses del experimento. T = tratamiento, prom = promedio, mm = milímetros, cm= centímetros y g= gramos. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos dentro de una muestra de datos a $P < 0.05$ (Tukey).

Cuadro 5. Tasa de crecimiento en altura (TCA) de plántulas de *Cedrela odorata* a tres y seis meses del experimento.

TS	TCA (cm) tres meses				TCA (cm) seis meses			
	Prom.	DE	Rango		Prom.	DE	Rango	
SIN M-0	0.08 a	0.05	0.06	0.13	0.21 a	0.07	0.08	0.29
CON M-0	0.39 b	0.10	0.04	0.10	0.05 b	0.02	0.02	0.10
SIN M-50	0.08 a	0.06	0.31	0.40	0.24 a	0.07	0.14	0.34
CON M-50	0.40 b	0.06	0.35	0.49	0.09 b	0.05	0.03	0.17
SIN M-90	0.12 a	0.08	0.08	0.15	0.26 a	0.08	0.07	0.39
CON M-90	0.30 b	0.07	0.02	0.07	0.06 b	0.02	0.03	0.11



Figura 6. Plantas de *Cedrela odorata* a seis meses después de aplicar distintos tratamientos: a) T1, SIN M-0; b) T2 CON M-0; c) T3, SIN M-50; d) T4 CON, M-50; e) T5, SIN M-90; f) T6, CON M-90.

Chable (2007) evaluó el crecimiento de *C. odorata* y encontró que no hay diferencias significativas en el diámetro del tallo durante seis meses de evaluación, consideró que el tiempo de seguimiento fue insuficiente dado que cedro rojo es una planta leñosa. A diferencia de lo anterior, en el presente estudio se encontró que a los tres y seis meses de evaluación hubo diferencias significativas en el crecimiento de las plántulas de cedro, especialmente se encontró un fuerte efecto en el engrosamiento del tallo en plantas inoculadas y defoliadas al 50 %.

Los resultados encontrados del efecto positivo de la inoculación micorríza en el crecimiento de plantas de cedro contrasta con lo hallado por Cortés (2008), quien a pesar de que encontró porcentajes de micorrización relativamente altos en raíces de ilama (41-70%) inoculadas con *G. intraradices*, *Aucalospora delicata*, y consorcio Zack 19 (constituido por *G. albidum*, *G. claroides* y *G. diaphanum*) no observó efecto en el crecimiento de las plantas. No obstante encontró que plantas sin follaje e inoculadas con el consorcio Zack antes mencionado, presentaron significativamente mayor porcentaje de colonización total respecto a plantas sin follaje inoculadas con el mismo consorcio.

9.1.3. Determinación de la presencia y el tipo de estructuras micorrízicas

En las raíces de plantas de cedro inoculadas con *Glomus intraradices* se encontraron diferentes estructuras endomicorrízicas; vesículas, hifas, esporas y restos de arbuscúlos (Figura 6 y 7).

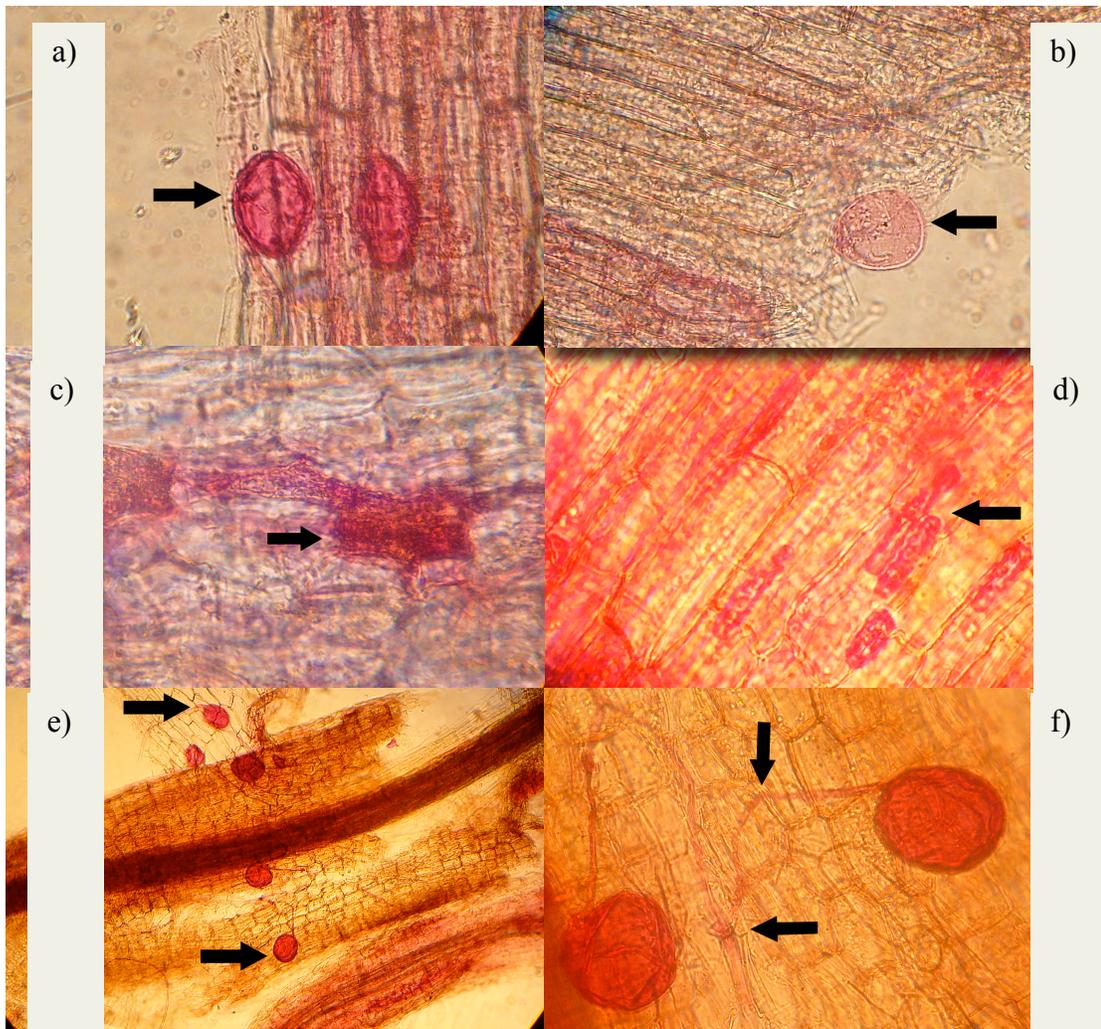


Figura 7. Estructuras micorrízicas en raíces de cedro (*Cedrela odorata* L.), inoculadas con *Glomus intraradices*: a y b) esporas de encontradas en células corticales; c y d) vista de los restos de arbuscúlos en células corticales, e) vesículas en cortex; f) Hifas conectando vesículas.

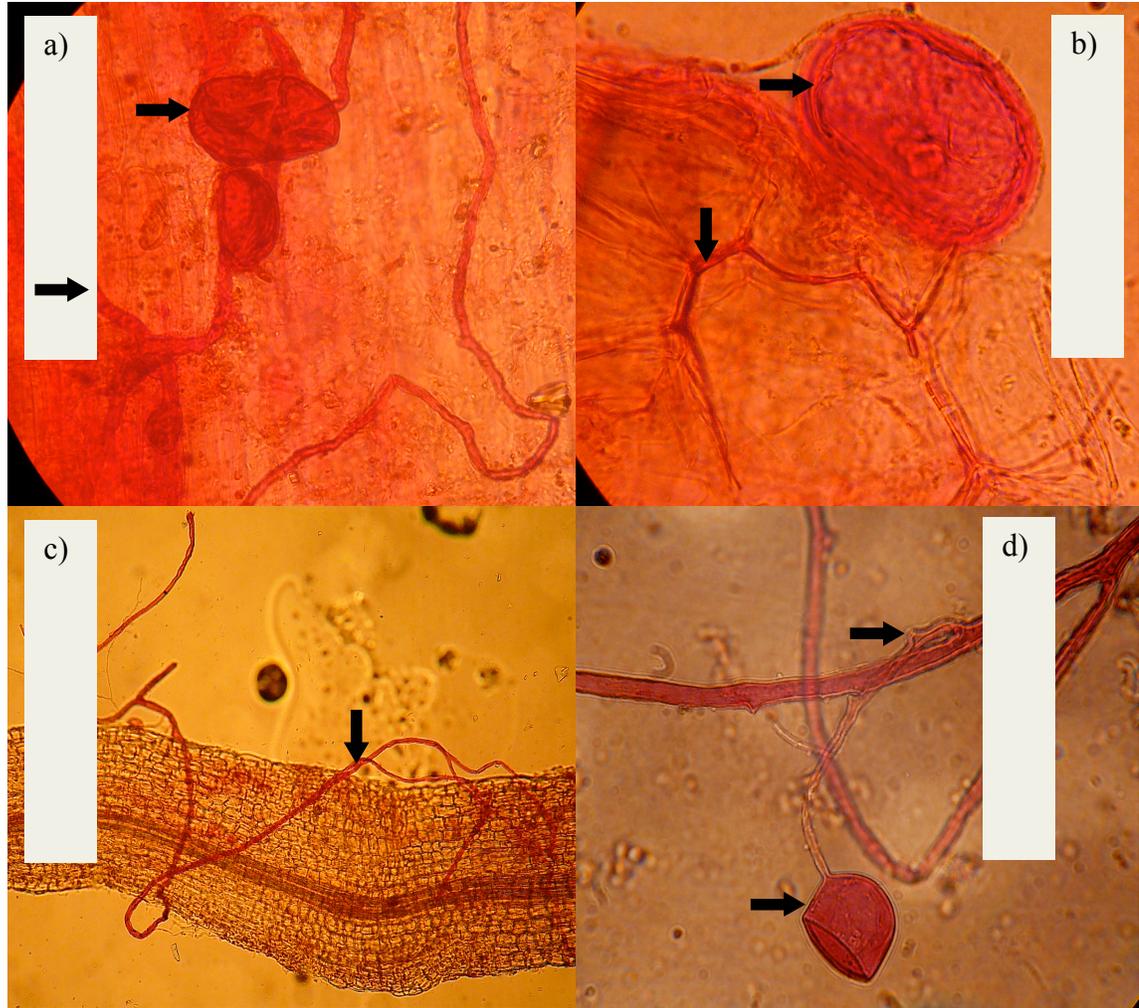


Figura 8. Estructuras micorrízicas en raíces de cedro (*Cedrela odorata* L.), inoculadas con *Glomus intraradices*: (a) hifa septada conectando vesículas; b) hifa en espacios intersticiales conectadas a una vesícula; c) hifas rodeando raíz; d) hifas con clamidospora.

En el análisis de la colonización micorrízica de raíces de *C. odorata* por *Glomus intraradices* se observó que la defoliación tiene un efecto negativo en el porcentaje de colonización por hifas y vesículas. Esto debido a que de los tres tratamientos con micorriza al que no se le aplicó defoliación, presentó los porcentajes de vesículas e hifas más altos. Aunque este tratamiento tuvo los mismos porcentajes de colonización que el T CON M-50 %, mostró valores estadísticamente mayores en el porcentaje de hifas respecto al T CON M-90 (Figura 8). Los tres tratamientos

micorrizados no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de arbuscúlos, esporas y colonización total. El T CON M-50 presentó los porcentajes más altos de las anteriores tres variables.

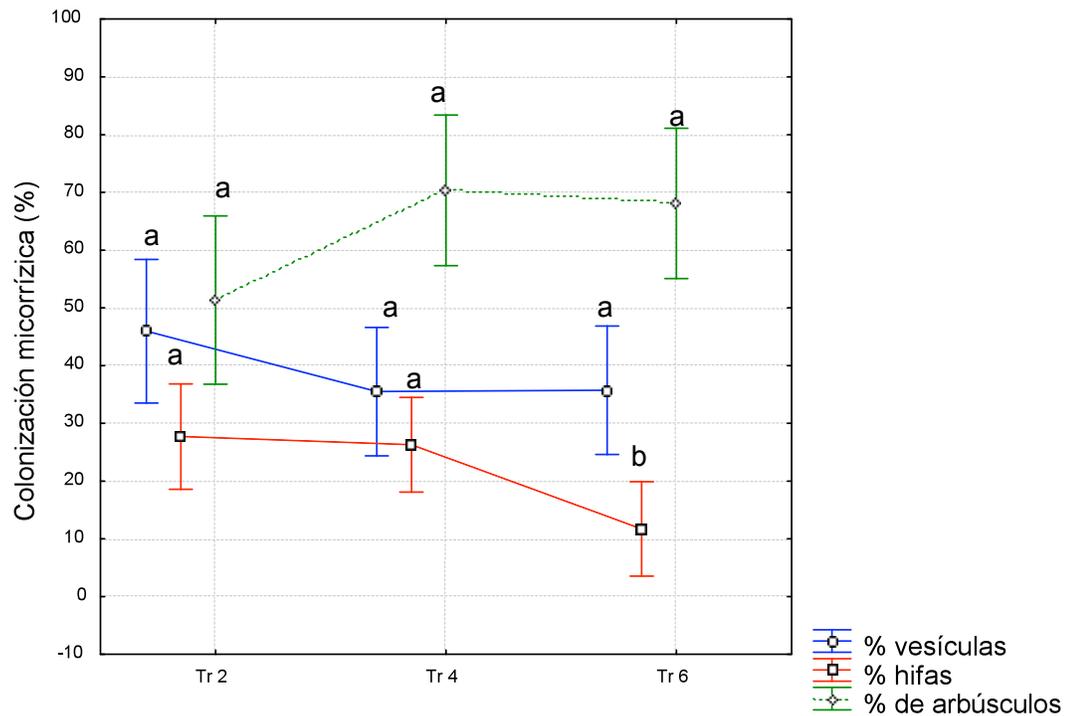


Figura 9. Porcentaje de vesículas, hifas y arbuscúlos en raíces de *C. odorata* defoliadas al 0, 50 y 90 % de defoliación e inoculadas con *Glomus intraradices* a seis meses del experimento. (Letras iguales indican diferencia significativa).

La inoculación de *Glomus intraradices* en la raíz de plántulas de cedro indujo altos porcentajes de colonización micorrízica, no obstante que esta planta tiene un sistema radicular fibroso (Figura 8). En términos generales se ha considerado que la disminución de follaje origina un decremento en la colonización micorrízica (Cortes, 2008, Allsop, 1998).

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas respecto a la colonización total de los tratamientos con los distintos niveles de defoliación. Sin

embargo se observó que la defoliación al 90 % disminuye significativamente el porcentaje de colonización por hifas. Estos resultados contrastan con el hecho de que se ha encontrado que las estructuras de MA funcionalmente importantes se recuperan más rápido de la defoliación que el promedio de colonización total en la raíz (Ilmarinen *et al.*, 2007, Klironomos *et al.*, 2004) y con el estudio de Saito *et al.*, (2004) quienes hallaron que en raíces de *Miscanthus*, el porcentaje de longitud de raíz colonizada (LRC) por *Glomus-Ac* y *Glomus-Ad* fue significativamente reducida por la defoliación, no obstante encontraron que en *Zoysa*, otra de las especies que estudiaron, su % de LRC no fue influenciada por la defoliación.

El hongo micorrízico arbuscular *Glomus intraradices* se ha probado en diferentes cultivos, incluido *C. odorata* (Chable, 2007) en los cuales se ha demostrado que tiene una exitosa colonización; fue probado in Vitro en raíces de *Agave salmiana* Otto transformadas genéticamente y se observó que tuvo un 70 % de colonización (Rodríguez *et al.*, 2007). El uso de otras especies de hongos micorrízicos podría ser evaluado, para ver el efecto en el crecimiento de plantas de cedro rojo.

Se ha estudiado poco la caracterización y porcentaje de colonización micorrízica en especies de plantas tropicales (Cortés, 2008; Chable, 2007, Lovelock y Ewel, 2005; Alvarado *et al.*, 2004 y Lovelock, 1999). Existen además pocos trabajos relacionados con el efecto de la defoliación en la presencia de hongos MA, los cuales son importantes ya que estos hongos consumen una substancial proporción de los compuestos carbonados producidos por la planta (Smith y Read, 1997). Las características de las asociaciones micorrízicas podrían estar relacionadas con la capacidad fotosintética de la planta. Cortés (2008) estudió en campo el efecto de la estacionalidad y defoliación sobre la dinámica de los microorganismos rizosféricos de ilama (*Annona diversifolia* Saff.) encontró que las mayores colonizaciones totales, porcentajes de arbusculos y vesículas se registró en épocas cuando las plantas tenían hojas y existió mayor precipitación (Agosto y octubre), considera que como el follaje origina un abastecimiento de carbono hacia la

raíz, la defoliación trae como consecuencia cambios en los tipos y porcentaje de estructuras asociada con las raíces de las plantas.

9.1.4. Peso fresco y seco de Hojas y tallo

La inoculación con *Glomus intraradices* y defoliación en *C. odorata* incrementaron, a los seis meses, el crecimiento en peso fresco y seco de hojas y tallo de las plántulas (Cuadro 5 y Figura 8). En el presente estudio sólo algunas combinaciones de la interacción defoliación/micorriza causan variaciones en el crecimiento. Por efecto de tal interacción el Tr CON M-50 mostró mayores valores de PFT respecto al resto de los TS ($F= 3.59$ $P< 0.05$) (Cuadro 5 y Figura 8).

Lone y Khan (2007), encontraron que defoliar plantas de *Brassica juncea* al 50 % antes y después de la floración (40 y 60 días de siembra), mejora la eficiencia fotosintética en las hojas restantes e incrementa la biomasa seca. Las plantas después de la defoliación requieren más asimilados para el rebrote foliar lo cual es balanceado por el incremento de la capacidad de asimilación y eficiente uso del nitrógeno por las hojas, esto permite el incremento de la síntesis de fotoasimilados en la hoja, incrementando hojas y biomasa seca (Lone, 2004 citado por Lone y Khan 2007).

Las plantas defoliadas tuvieron mayor crecimiento cuando se defoliaron al 50 %, esto a consecuencia de que cualquier planta, en condiciones normales y con adecuada disponibilidad de agua, se desarrolla mejor cuando es defoliada, ya que esto facilita una rápida recuperación después del corte, favoreciendo la división y elongación celular lo cual permite la reposición de los tejidos removidos, y cuando se aplican defoliaciones de menor intensidad y se evalúa el crecimiento a un tiempo mayor se da un mejor desarrollo de la raíz que es la principal fuente de carbohidratos de reserva (Rodríguez-Pettit y Razz, 2003).

El efecto de la defoliación ha sido estudiado principalmente en pastos (Gehring y Whitman, 1994; Allsop, 1998 citados por Cortés, 2008). Mikola (2005) La defoliación ocasiona disminución de la biomasa radical. Medhurst *et al.*, (2006) evaluaron el efecto de la defoliación en la tasa fotosintética de plantaciones de *Acacia melanoxylon* de 5 años de edad creciendo con *Pinus radiata* nurse crop, observaron un incremento del 50% en la capacidad fotosintética entre las 2 y 6 semanas en plantas defoliadas respecto al control, estos aumentos son promovidos principalmente por la asignación de carbono. Honkanen *et al.* (1994) consideran que cuando las hojas jóvenes son defoliadas se incrementa la concentración de auxinas o incrementos en la concentración de carbohidratos.

Cuadro 6. Peso seco y fresco de las hojas (PFH, PSH) de plántulas de *Cedrela odorata* a seis meses del experimento.

TS	PSH (gr.)		PFH (gr.)		PFT (gr.)		PST (gr.)	
	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE	Prom.	DE
SIN M-0	0.73 a	0.27	3.57 a	1.24	6.54	1.90	1.24 a	0.41
CON M-0	1.46 b	0.28	6.29 bc	0.94	18.11	3.63	4.50 b	1.23
SIN M-50	0.74 a	0.28	3.56 a	1.21	8.09	2.92	1.44 a	0.62
CON M-50	1.76 b	0.33	7.67 c	1.55	22.7	3.45	5.54 b	0.78
SIN M-90	0.95 a	0.48	4.50 ab	2.07	9.68	4.02	1.91 a	1.05
CON M-90	1.43 b	0.22	5.98 bc	1.04	18.95	2.58	4.80 b	0.74

TS = tratamientos, Prom = Promedio, mm = milímetros, cm = centímetros. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey $p= 0.05$).

El PFT de los TS con micorriza, a los seis meses, fue mayor ($F= 209.24 P< 0.001$) que en TS sin micorriza. Y entre los TS micorrizados se observó el efecto por la defoliación, ya que con el Tr CON M-50 presentó un valor mayor de PFT ($F= 3.59 P< 0.05$) que el Tr CON M-0. También para la variable PSH se observó efecto de la defoliación y micorrización ya que el Tr CON M-50 presentó el valor más alto de PSH en relación al resto de los tratamientos, siendo sólo igual estadísticamente con el Tr CON M- 90 (Figura 9 y Cuadro 5).

Ha sido encontrado que las nuevas hojas formadas después de la defoliación tienen gran eficiencia para la asimilación de CO₂, se considera que el rebrote de nuevas hojas después de la defoliación depende de la asignación y reservas de carbono y nitrógeno, similarmente, los componentes de carbono también son traslocados después de la defoliación para promover el crecimiento foliar (Lone y Khan, 2007). Las plantas defoliadas de cedro, a los tres meses ya habían recuperado la pérdida de hojas por la defoliación probablemente a través del mecanismo antes mencionado. El incremento en acumulación de biomasa es atribuido al aumento en la asimilación de CO₂, debido a las altas tasas de fotosíntesis por las hojas jóvenes (Khan and Lone, 2005 citado por Lone y Khan, 2007). Por lo tanto, el incremento de la fotosíntesis y asimilación de CO₂ en plantas defoliadas permite el aumento de hojas y biomasa seca de las plantas.

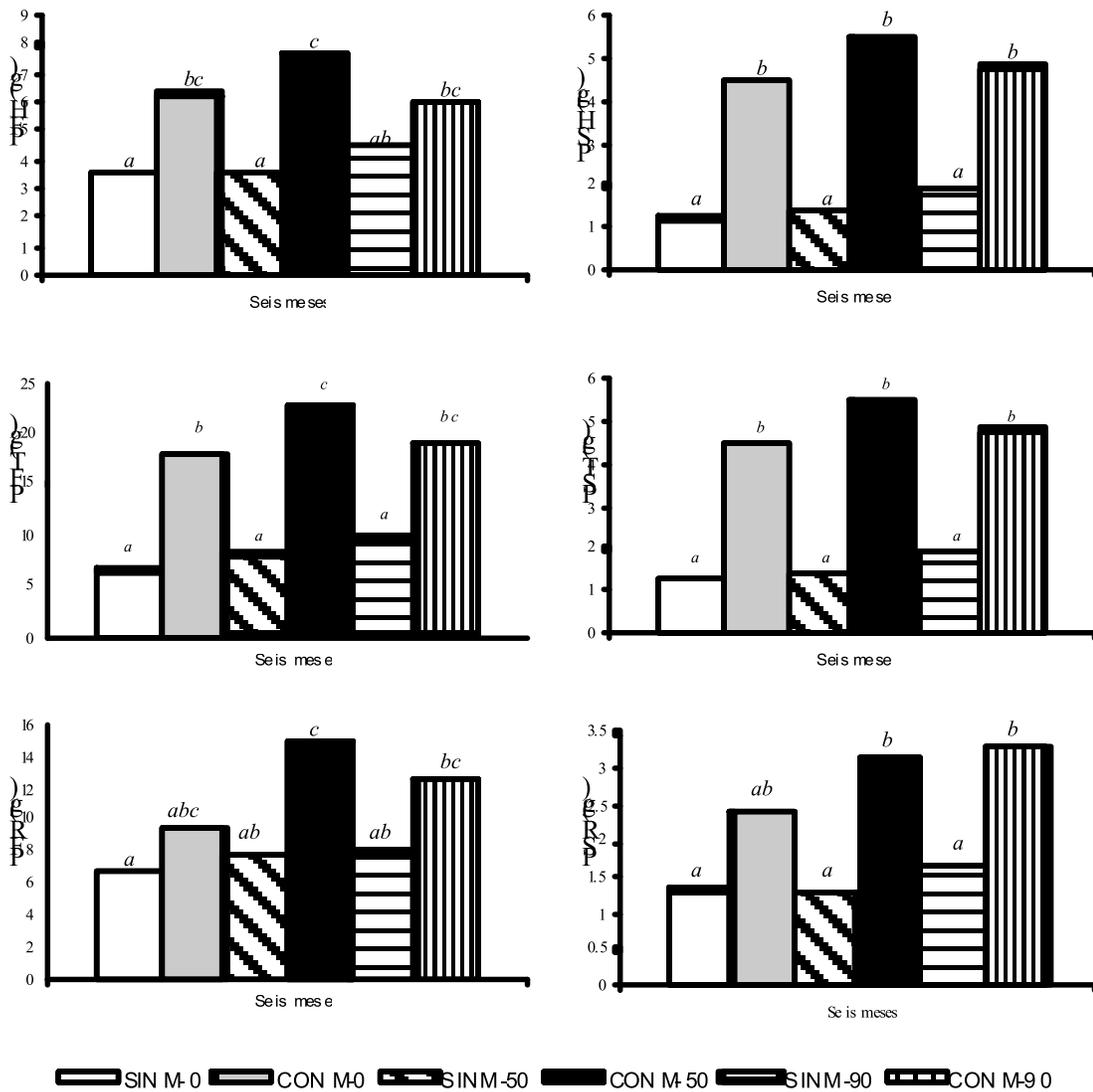


Figura 10. Peso fresco de las hojas (PFH), peso seco de las hojas (PSH), peso fresco del tallo (PFT), peso seco del tallo (PST), peso fresco de la raíz (PFR) y peso seco de la raíz (PSR) de plántulas de *Cedrela odorata* L. a los seis meses del Experimento. g= gramos. Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos dentro de una muestra de datos a $P < 0.05$ (Tukey).

9.1.5. Raíz

A seis meses del experimento plantas de tratamientos con micorriza presentaron, por efecto de la inoculación, valores de PFR más altos ($F= 38.99 P< 0.001$) que plantas de TS sin inoculación. Entre los tratamientos con micorriza se observaron diferencias por efecto de la defoliación ya que el Tr CON M-50 fue más alto ($F= 3.24 P< 0.05$) que el Tr CON M-0 (Figura 9 y Cuadro 6).

Ilmarinen *et al.* (2007) estudiaron como afecta la defoliación del pasto *Phleum pratense* L. el crecimiento, asignación y disponibilidad de C y N para la planta, así como la abundancia de organismos rizosféricos en su rizosfera, encontraron que la defoliación reduce el crecimiento de *P. pratense* y asignación de carbono en la raíz, pero incrementa la concentración de N en el vástago, así mismo reduce las tasas de colonización de hongos MA respecto a plantas no defoliadas. La mayoría de los estudios han reportado que la defoliación reduce las tasas de colonización por hongos MA en las raíces de las plantas (Gehring y Whitham, 1994). Aunque también se han registrado incrementos, lo cual implica que elevadas concentraciones de N puede en algunos casos también reflejar aumentos para las tasas de colonización MA (Ilmarinen *et al.*, 2007).

Lovelock *et al.* (1999) mencionan que los niveles nutrimentales en el suelo también pueden influenciar en la respuesta de la planta a la defoliación, por ejemplo bajos niveles de nutrimentos que no son rápidamente translocables (Ej. calcio) puede restringir el potencial de la fotosíntesis compensatoria y crecimiento después de la defoliación.

Cuadro 7. Peso fresco y seco de la raíz (PFR, PSR), de plántulas de *C. odorata* L. a seis meses del experimento.

TS	PFR (gr.)		PSR (gr.)	
	Prom.	DS	Prom.	DS
SIN M-0	6.66 a	2.19	1.34 a	0.57
CON M-0	9.56 abc	2.76	2.40 ab	0.77
SIN M-50	7.87ab	3.52	1.31 a	0.55
CON M-50	14.81c	1.10	3.17b	0.47
SIN M-90	7.99 ab	5.01	1.67 a	1.22
CON M-90	12.48 bc	2.01	3.30 b	0.47

Tr. = tratamiento, Prom = Promedio, DE = desviación estándar, gr. = gramos. Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey P 0.0001).

9.1.6. Asignación de recursos a los órganos de la planta

En lo que respecta a la asignación de biomasa en los diferentes órganos y su relación con el peso total de la planta fue el T4 con micorriza y 50 % de defoliación el que mostró la mayor relación de la parte aérea con la raíz (R/S) con valor de 2.281 g g¹, por otro lado también presentó la mayor proporción de tallos con respecto al peso total de la planta (SMF), así como los menores valores de proporción de hojas (LMF) y de raíz (RMF) con respecto al peso total de la planta (Cuadro 7). El conocimiento de la asignación de biomasa a la raíz es necesario para comprender el establecimiento de árboles en sistemas secos, especialmente en hábitats secundarios, las cuales pueden ser en un futuro las únicas áreas disponibles para el establecimiento de árboles (Gerhardt y Fredriksson, 1995).

La planta invierte sus recursos de forma diferente entre los órganos con función de captación de luz y asimilación de dióxido de carbono (hojas), de captación de agua y nutrientes minerales (raíces) y de sostén (tallos). La morfología funcional y en

particular la asignación de biomasa a esos diferentes órganos de la planta varía mucho con el desarrollo ontogenético (Villar *et al.*, 2004).

Se ha demostrado que plantas de *C. odorata* que crecen en claros del bosque desarrollan raíces más profundas que las que crecen bajo el dosel, las primeras pueden explorar agua en áreas y capas más profundas de suelo y como consecuencia experimenten una estación seca más corta que las segundas (Poorter y Hayashida-Oliver, 2000). Gerhardt y Fredriksson (1995) encontraron que la razón de R/S estuvo en un rango de 0.35 a 0.65 g g⁻¹ y consideran ésta relación incrementa cuando decrecen las concentraciones minerales y fertilidad de suelos, además mencionan que plántulas de rápido crecimiento generalmente tienen baja relación de R/S en comparación con plántulas de lento crecimiento de la misma edad. En el estudio de (Podemos explicarlo con los contenidos de MO del suelo y se relación con la micorriza).

En el presente trabajo se encontraron altos valores de la relación S/R, y el Tr CON M-50 fue el Tr que presentó el valor medio más alto. Las raíces deformadas pueden contribuir a un alto valor de relación R/S en plántulas de más edad, así como las sembradas en bolsas en comparación a plantas sembradas en campo (Gerhardt y Fredriksson, 1995).

Cuadro 8. Valores medios de distribución de biomasa para seis tratamientos en plántulas de *C. odorata* L. Proporción de la parte del vástago con respecto a la parte radical (V/R) y proporción de hojas (LMF), tallos (SMF) y raíces (RMF) con respecto al peso total de la planta.

Tratamientos	R/S g g ⁻¹	LMF g g ⁻¹	SMF	RMF
SIN M-0	1.570	0.218	0.380	0.400
CON M-0	2.118	0.179	0.496	0.324
SIN M-50	1.729	0.194	0.408	0.377
CON M-50	2.281	0.177	0.516	0.307
SIN M-90	1.937	0.216	0.052	0.346
CON M-90	1.835	0.146	0.500	0.355

La variable morfológica LAR de los valores medios de los diferentes tratamientos se correlacionó significativamente ($r=0.88$, $p= 0.05$) con los valores medios de la variable RGR (Figura 3). La variable tasa de asimilación neta (TAN, NAR) se asoció significativamente ($r=0.89$, $p=0.02$) con RGR.

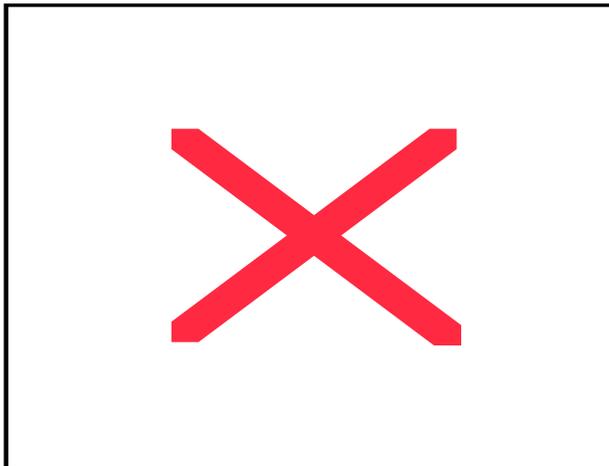
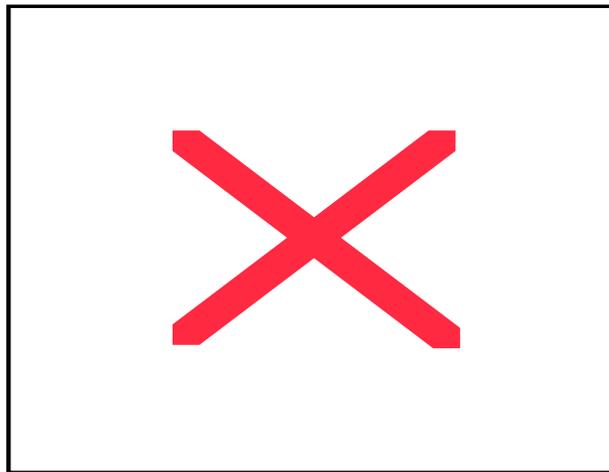
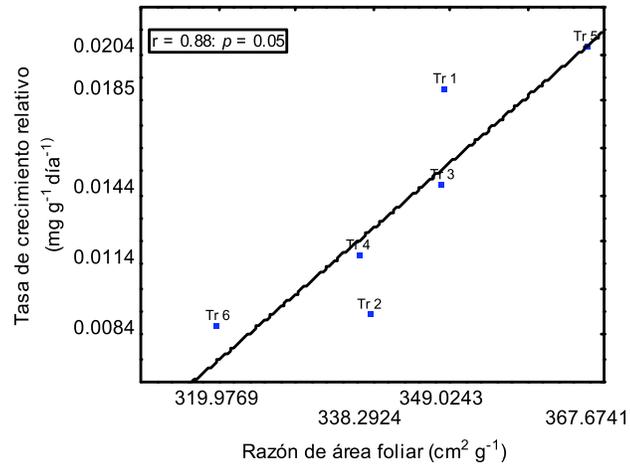


Figura 11. Análisis de crecimiento de plántulas de *C. odorata* L. de los tres a seis meses de experimento. Relación entre las tasas de crecimiento relativo (RGR) y sus componentes (A) razón de área foliar (LAR); (B) tasa de asimilación neta (NAR) y (C)

área específica foliar (SLA). Las líneas representan las rectas de regresión significativas a $P < 0,05$.

A su vez, el componente morfológico LAR se pudo diseccionar en el producto de SLA por LMR (Figura 10). De ellas, el área foliar específica, en los diferentes tratamientos se correlacionó significativamente ($r=0.92$, $p=0.009$) con la razón de área foliar.

Un incremento de SLA y LAR de plantas de *C. odorata* creciendo en la sombra aumenta la interceptación de luz en un ambiente con disponibilidad de luz limitada, y esto ha sido frecuentemente encontrado en experimentos controlados (Poorter y Hayashida-Oliver, 2000).

Lovelock *et al.*, (1999) encontraron que la defoliación de folíolos en desarrollo de plántulas del árbol tropical *Copaifera aromatica*, causó incrementos en fotosíntesis bajo CO_2 ambiente, pero no bajo CO_2 elevado, la defoliación también incrementó el crecimiento de área foliar de las plántulas antes mencionadas, no obstante después de 41 días las plantas defoliadas no compensaron el tejido perdido por la defoliación. La variable LAR tiende a ser más baja en plantas defoliadas y bajo elevado CO_2 .

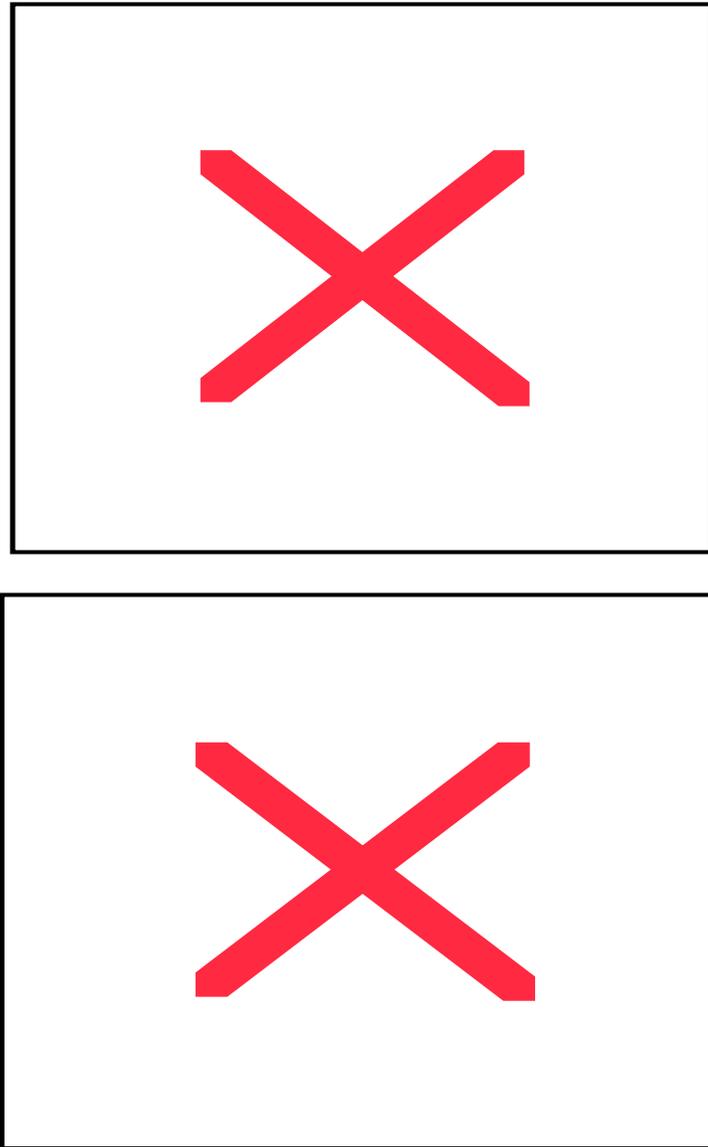


Figura 12. Relación entre la razón de área foliar (LAR) y sus componentes: (A) proporción de hojas (LMF) y (B) área específica foliar (SLA). Las líneas representan las rectas de regresión significativas a $P < 0,05$.

En los últimos meses de crecimiento las plantas de TS con inoculación presentaron mayor SLA produciendo hojas con más superficie por masa foliar resultando así una razón de área foliar (LAR) alta en relación a los TS con inoculación. El concepto de tasa de crecimiento relativo se define como el incremento de biomasa por unidad de biomasa y tiempo, durante los primeros

estadios de las plantas leñosas, el crecimiento suele tener una dinámica exponencial y suele reflejar diferencias significativas entre especies (Villar *et al.*, 2004). Los valores más altos de TCR, fueron encontrados en TS sin inoculación en relación a los tratamientos con inoculación. En efecto, diversos estudios con especies leñosas han encontrado una correlación positiva entre RGR y la proporción de hoja (Cornelissen *et al.*, 1996; Wright y Westoby 2000; Antúnez *et al.*, 2001 citados por Villar *et al.*, 2004). Posiblemente como consecuencia indirecta, también se ha encontrado que la TCR estaba correlacionada negativamente con la proporción de biomasa asignada a raíz (Antúnez *et al.*, 2001).

Durante los últimos tres meses del experimento entre los tratamientos con inoculación el Tr con defoliación al 90 % presentó los valores más altos de TCR. Esto contrasta con los resultados que mostraron los pesos totales, donde los mejores valores se encontraron en TS inoculados, este se debe a que los cálculos de TCR se obtuvieron de los últimos tres meses de crecimiento. Esto nos muestra que los TS inoculados tuvieron alta tasa de crecimiento durante los primeros tres meses del estudio (Figura 12). Según la hipótesis de Lambers y Poorter (1992, citado por Villar *et al.*, 2004), la variable diana para la selección natural sería el área foliar específica (SLA) y con sus cambios se obtendrían diferentes tasas de crecimiento (RGR).

Poorter y hayashida-Oliver (2000) mencionan que en bosque naturales las plantas que crecen bajo el dosel y tienen menor disponibilidad de luz respecto a las plantas que crecen en claros tienen una morfología caracterizada por una alta LMF y alta SAL y altos valores de LAR, aunque aumentan la intercepción de luz en un ambiente limitado de luz, durante la estación seca tienen una limitada capacidad para captar agua, debido a la baja RMF.

Lo interesante a destacar, en el contexto de las componentes de RGR, es que el área foliar específica (LAR) fue la responsable de la mayor velocidad de crecimiento en los tratamientos sin inoculación durante los últimos tres meses de crecimiento (Figura 12), pero también las diferencias en NAR (TAN) fueron

importantes entre los diferentes tratamientos. Sin embargo, un aspecto morfológico, el área foliar específica (SLA) estuvo asociado significativamente a la defoliación. Lo anterior probablemente se asocia a que plantas defoliadas al 50 % pueden formar follaje rápidamente, ya que en los últimos tres meses de crecimiento se calcularon valores mayores de SLA en el Tr. Inoculado y con defoliación al 50 %.

Estudios en campo por Poorter y Hayashida-Oliver (2000) encontraron que plántulas de *C. odorata* que crecieron bajo el dosel tuvieron bajo LMR y un alto SLA, y su valor de LAR fue similar a las plantas creciendo en claro, mencionan que cedro es una especie que no pierde mucho agua durante la evapotranspiración y los riegos tienen un efecto positivo en el estado hídrico de la planta, permitiendo el rebrote de hojas nuevas. Por otro lado se ha encontrado que especies de lento crecimiento, pueden incorporar más bajas tasas de fotosintatos y minerales dentro de su material estructural, construyendo así reserva para el crecimiento posterior (Poorter, 1989).

Cuadro 9. Valores medios de distribución de biomasa de plántulas de *Cedrela odorata* L. entre tres y seis meses de experimento. Área específica foliar (SAL), proporción hojas (LMF), tallos y razón de área foliar (LAR), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento relativo (TCR).

Tratamientos	SAL cm ² g ⁻¹	TCR g g ⁻¹ día ⁻¹	TAN mg cm ⁻² día ⁻¹	LAR cm ² g ⁻¹
SIN M-0	349.3	0.0	0.3	76.1
CON M-0	339.7	0.0	0.1	63.6
SIN M-50	349.0	0.0	0.2	64.5
CON M-50	338.3	0.0	0.2	65.8
SIN M-90	367.7	0.0	0.3	79.2
CON M-90	320.0	0.0	0.2	45.1

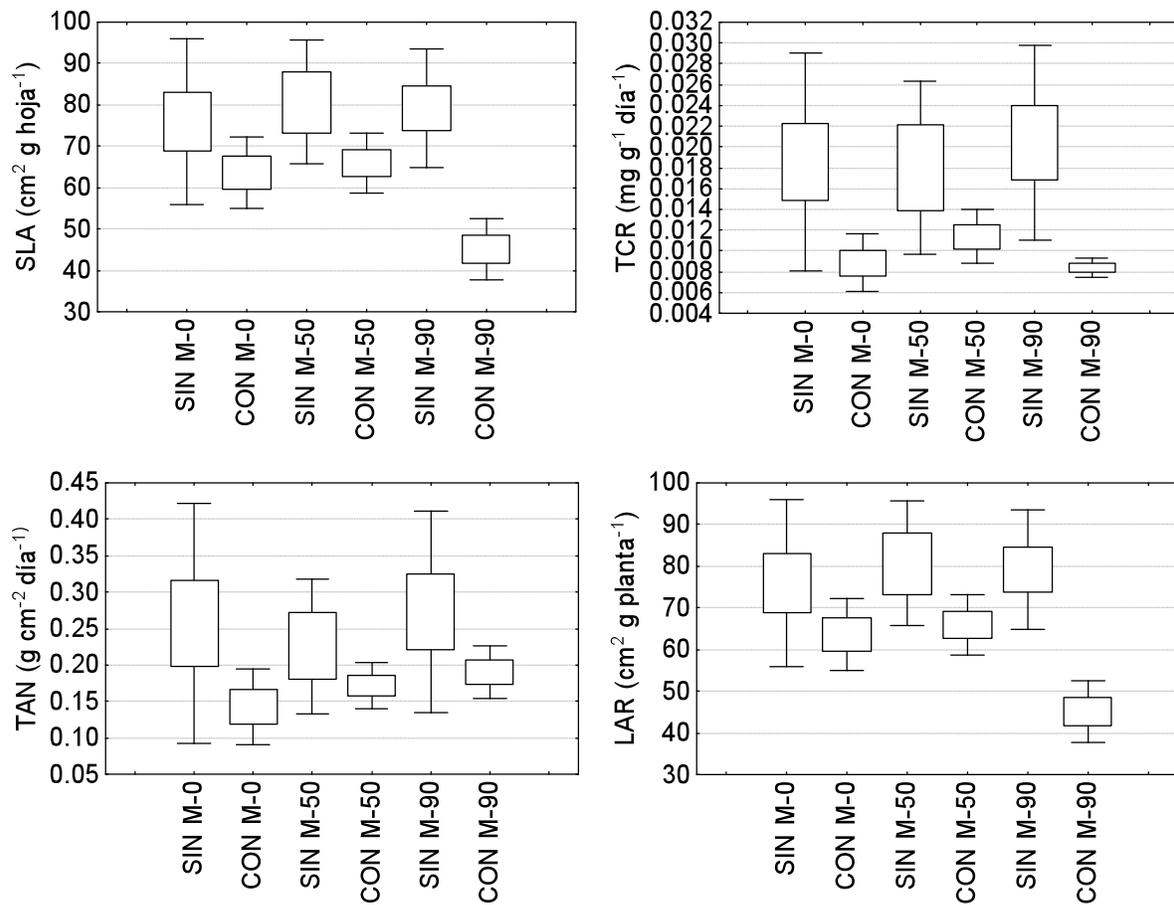


Figura 13. Comparación en los valores medios de seis tratamientos para: (A) área específica foliar (SLA), (B) tasas de crecimiento relativo (RGR), (C) tasa de asimilación neta (TAN), (D) razón de área foliar (LAR). Las barras representan la desviación estándar y la caja el error estándar.

En el presente estudio del efecto de seis tratamientos en plántulas de *C. odorata*, se han encontrado diferencias en sus patrones de crecimiento (Figura 13). El mayor peso total lo presentó el tratamiento CON M-50 y el menor valor lo presentó el tratamiento SIN M-0.

Se ha encontrado que el establecimiento en campo de plantas con sistema radical ampliamente desarrollado, así como el mantenimiento de una alta razón de

raíz/área foliar, aumenta la habilidad de las plantas para sobrevivir en periodos donde la humedad es poco disponible (Gerhardt y Fredriksson, 1995).

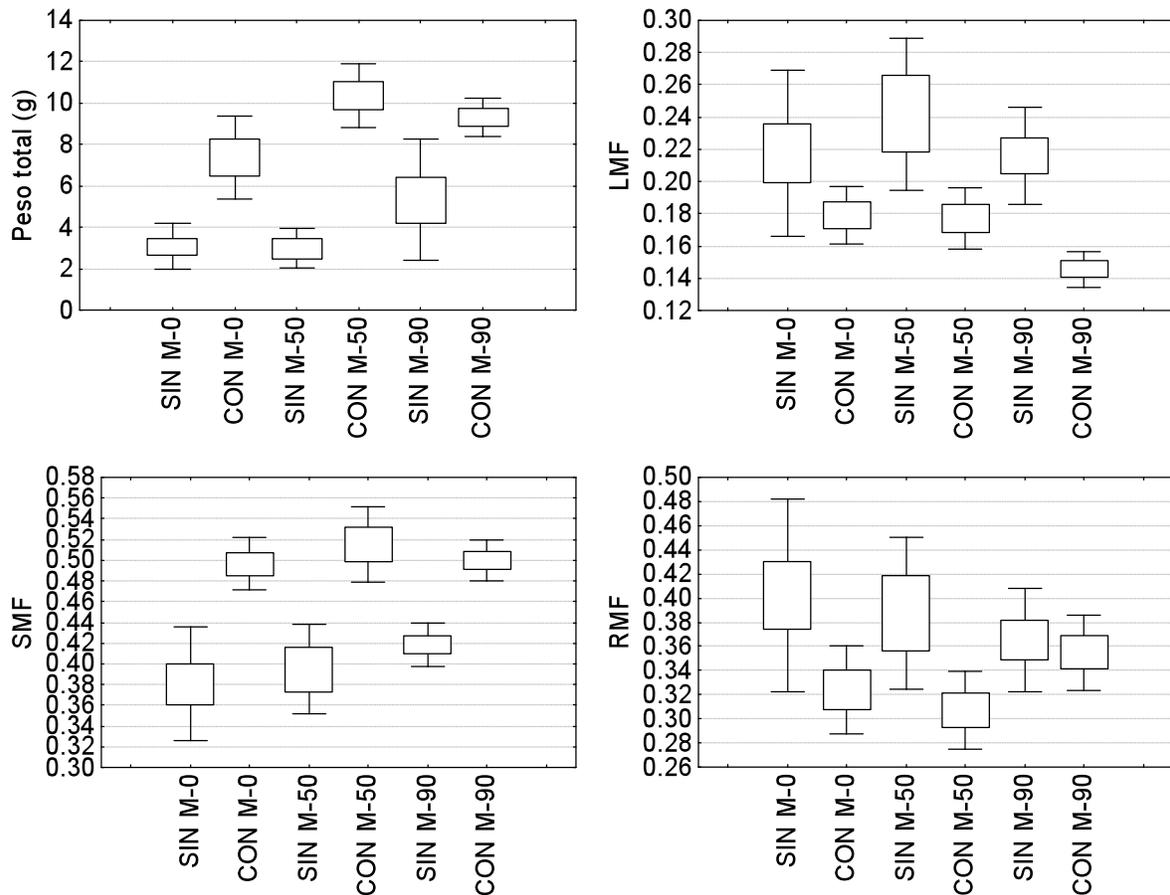


Figura 14. Comparación en los valores medios de seis tratamientos para: (A) peso total de la plántula tras seis meses de crecimiento (B) proporción de masa de hojas (LMF), (C) proporción de masa de tallos (SMF), y (D) proporción de masa de raíces (RMF). Las barras representan la desviación estándar y la caja el error estándar.

En cuanto a las diferencias asociadas a la longevidad de la hoja (LMF), el Tr SIN M-50 % defoliación mostró mayor proporción de biomasa asignada a hojas. Poorter y hayashida-Oliver (2000), encontraron que plantas de *C. odorata* sembradas bajo el dosel desarrollaron raíces profundas, presentaron un alto RMR y SLA y bajo LMR comparada a plantas sembradas en claros.

Según Villar *et al.* (2004) cuando se disecciona la RGR en sus componentes, existe un acuerdo casi general en que el componente morfológico, y especialmente

el área específica foliar (SLA), es el factor más importante tanto para plantas herbáceas como para las leñosas.

Debido a la fuerte relación negativa entre NAR y LAR, un incremento en NAR invariablemente implica que los valores de LAR disminuyan. La tasa de crecimiento relativo (TCR) vario en los diferentes tratamientos entre 0.008 y 0.020 g g⁻¹ día⁻¹ y la tasa de asimilación neta (NAR) vario entre 0.14 mg y 27 mg cm² día⁻¹. La TCR decrece cuando NAR aumenta, lo anterior puede explicarse por la dinámica de la fotosíntesis, un alto NAR puede ser activado por una alta tasa fotosintética, esto requiere una gran cantidad de enzimas y luz, lo cual decrece los valores de SLA y LAR (Poorter, 1989). Poorter (1989) encontró que especies con un alto NAR tienen más baja tasa de crecimiento que especies con bajo NAR

Sin embargo, en algunos estudios se ha demostrado que el componente fisiológico NAR es importante a la hora de explicar las diferencias en RGR entre especies (Shipley 2002; Villar *et al.*, 2004). Shipley (2002) ha propuesto que la importancia de NAR sobre RGR puede efectivamente ser muy alta si las condiciones de radiación son intensas.

Se encontró una correlación significativa ($r= 0.89$, $p= 0.02$) entre la TCR y proporción de hojas, por otro lado la proporción de raíz no parece estar relacionada con el crecimiento y se encontró una asociación negativa significativa ($r= 0.90$, $p= 0.01$) con la proporción de tallo (Figura 14).

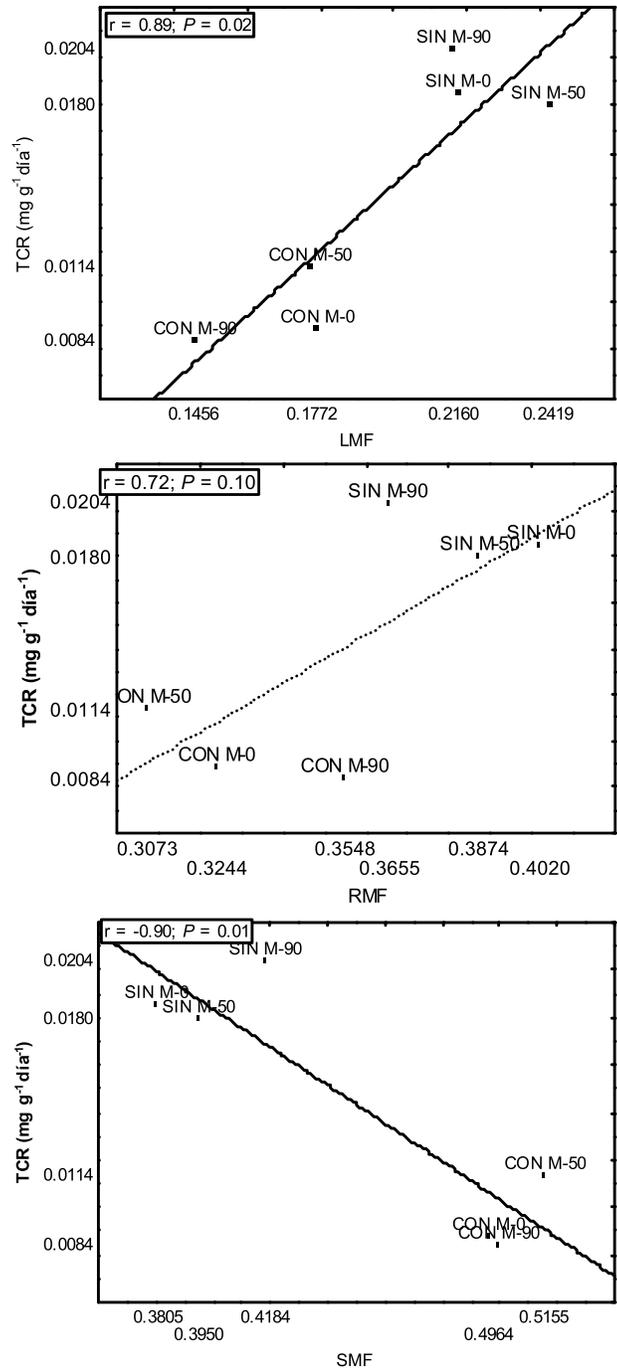


Figura 15. Análisis de crecimiento de plántulas de seis tratamientos. Relación entre las tasas de crecimiento relativo (TCR) y las asignaciones de biomasa a los diferentes órganos: (A) hojas (LMF), (B) raíces (RMF) y (C) tallos (SMF). Las líneas continuas representan las rectas de regresión significativas ($P < 0,05$); mientras que las líneas discontinuas no son significativas ($P > 0.05$).

Existe, por tanto, un compromiso para la planta entre una mayor asignación de biomasa a hojas, con la consecuente mayor capacidad para captar luz y dióxido de carbono, redundando en su mayor tasa de crecimiento o bien, en una mayor asignación de biomasa a las raíces, consiguiendo así captar más agua y nutrientes minerales del suelo, pero a expensas de un menor crecimiento (Villar *et al.*, 2004).

9.2. Estudio diagnóstico de plantaciones

9.2.1 Características generales de los productores

De un total de 10 productores entrevistados solamente uno se dedica exclusivamente al trabajo como campesino mientras que el resto tienen actividades alternativas y fuentes de ingresos que combinan con las actividades de la plantación (Figura 16). El promedio de edad de tales productores es de 53.2 años, el rango va de 46 años a 65 años, con una desviación estándar de 6.2.

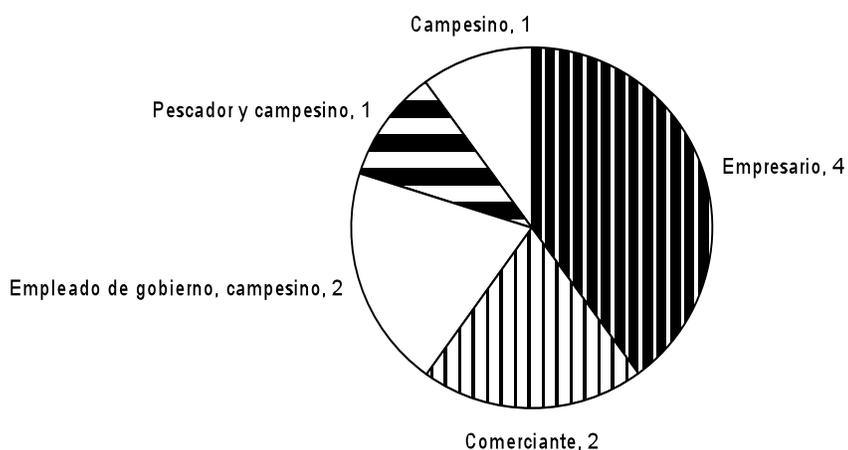


Figura 16. Otras actividades a las que se dedican los productores de cedro

En lo que respecta a la escolaridad 6 de los productores tienen estudios de preparatoria y más, dos son profesionistas y uno tiene Carrera Técnica

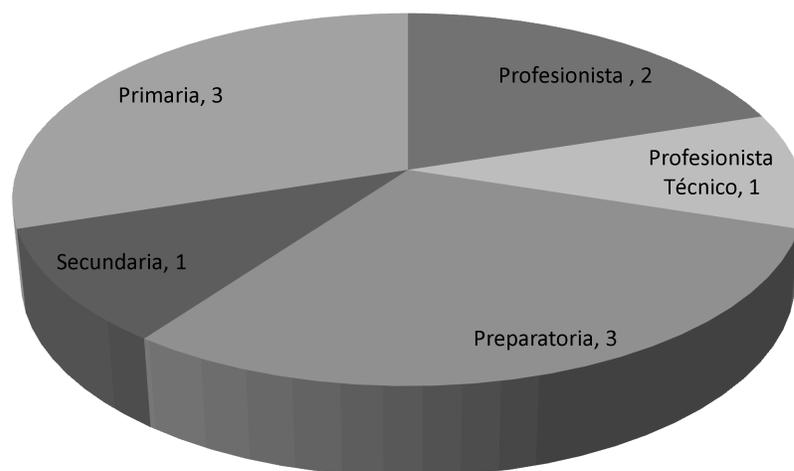


Figura 17. Escolaridad de los diferentes productores de cedro.

El número de hectáreas tienen los productores con cedro establecido que va desde uno a veinte. Sólo uno de los productores tiene el mayor número. El resto de los productores tienen menos de diez (Figura 18).

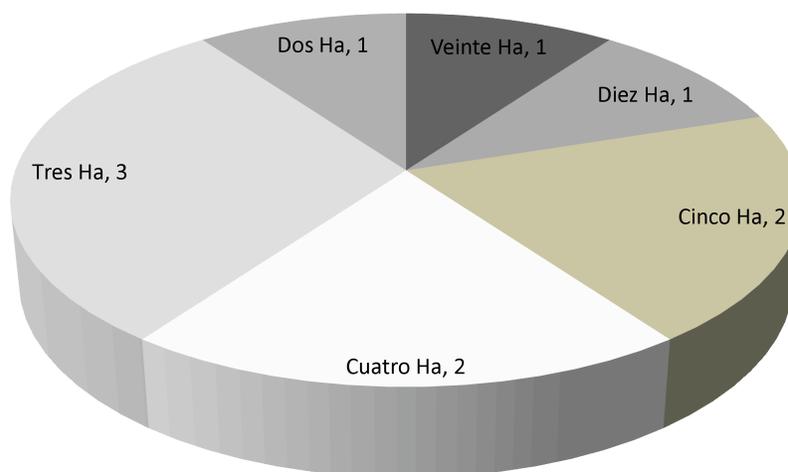


Figura 18. Extensión de plantaciones con cedro de diferentes productores.

En las plantaciones de cedro se ha intentado implementar diversos cultivos agrícolas. Los productores han implementado 14 cultivos en diferentes tiempos. De los cultivos intercalados con cedro no hubo uno con mayor frecuencia en las

diferentes plantaciones. Tres productores tienen tendencia a establecer el cedro como monocultivo (Figura 19).

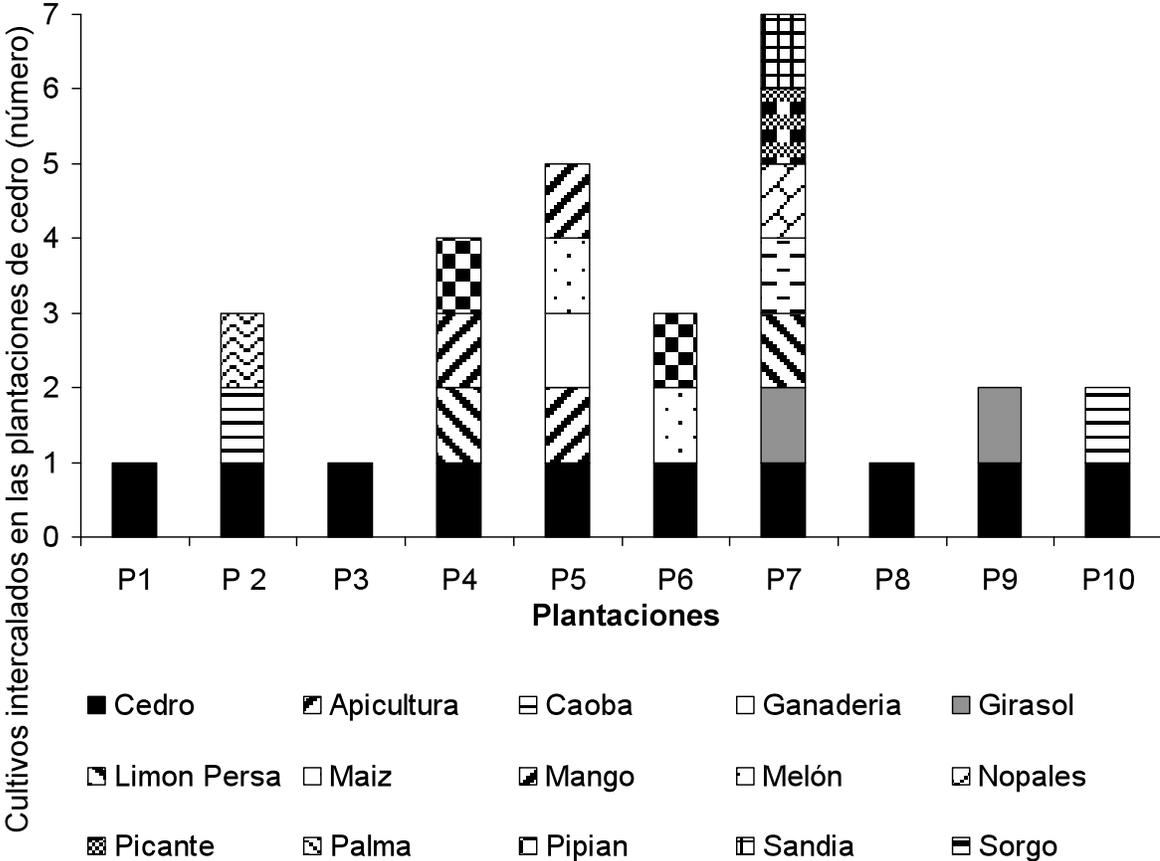


Figura 19. Cultivos y actividades que se han intercalado en las plantaciones de cedro. P= plantación.

Los productores además del cedro, producen más cultivos en otras parcelas. Es interesante que uno de los productores haya optado por establecer otras especies maderables tropicales como teca, melina y roble. Otros productores producen cultivos en otras áreas; caoba, cedro, pasto Taiwán y maíz. Tres productores no tienen otros terrenos donde establecer diferentes cultivos y uno cultiva caoba, limón persa y tiene ganado.

El uso de suelo antes de establecer las plantaciones era principalmente para la siembra de maíz. Algunos terrenos, antes de ser utilizados para producir cedro, eran

usados para el pastoreo de ganado, cultivo de limón y otros estaban ocupados por acahuales (Figura 20).

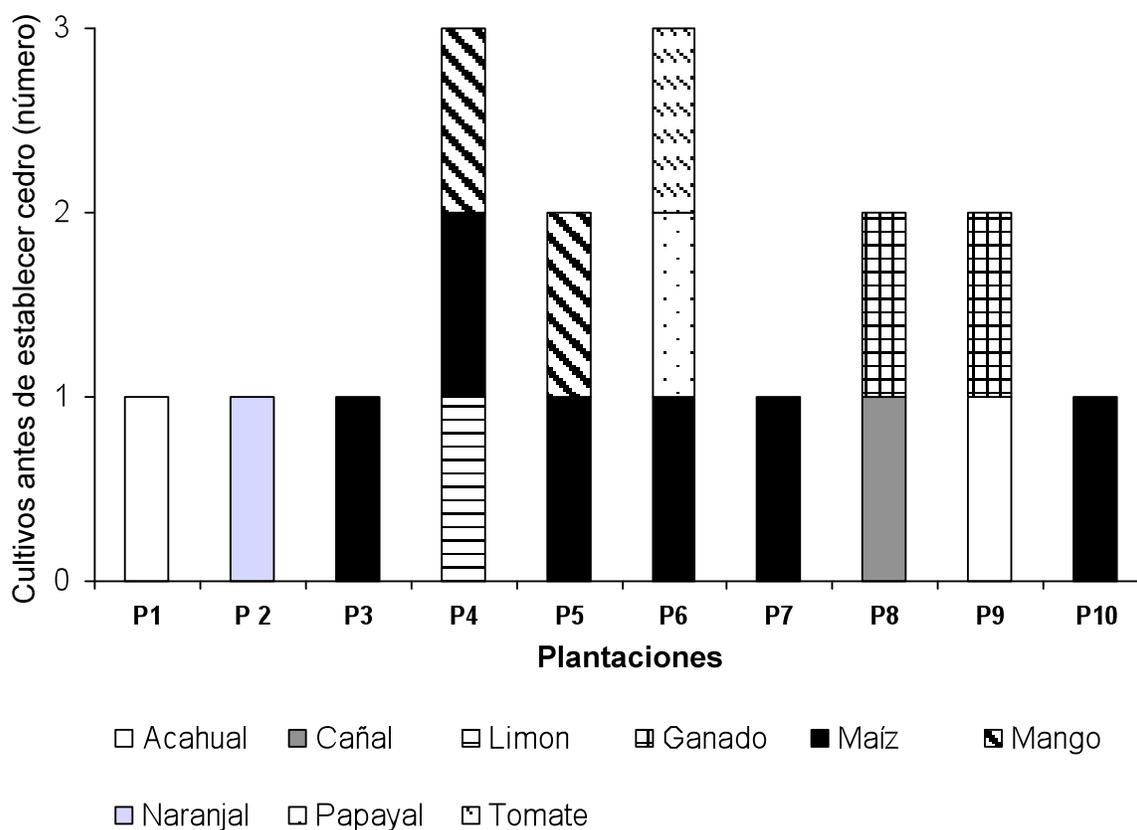


Figura 20. Uso del suelo antes de establecer las plantaciones de cedro. P= plantación.

9.2.2. Productos químicos y actividades en la plantación

Seis de los productores entrevistados recurren al uso de fertilizantes y plaguicidas elaborados con químicos. Los demás productores tratan de rechazar el uso de agroquímicos en la plantación. El único producto que usan es el Tordón y hacen actividades manuales como el chapeo para controlar malezas.

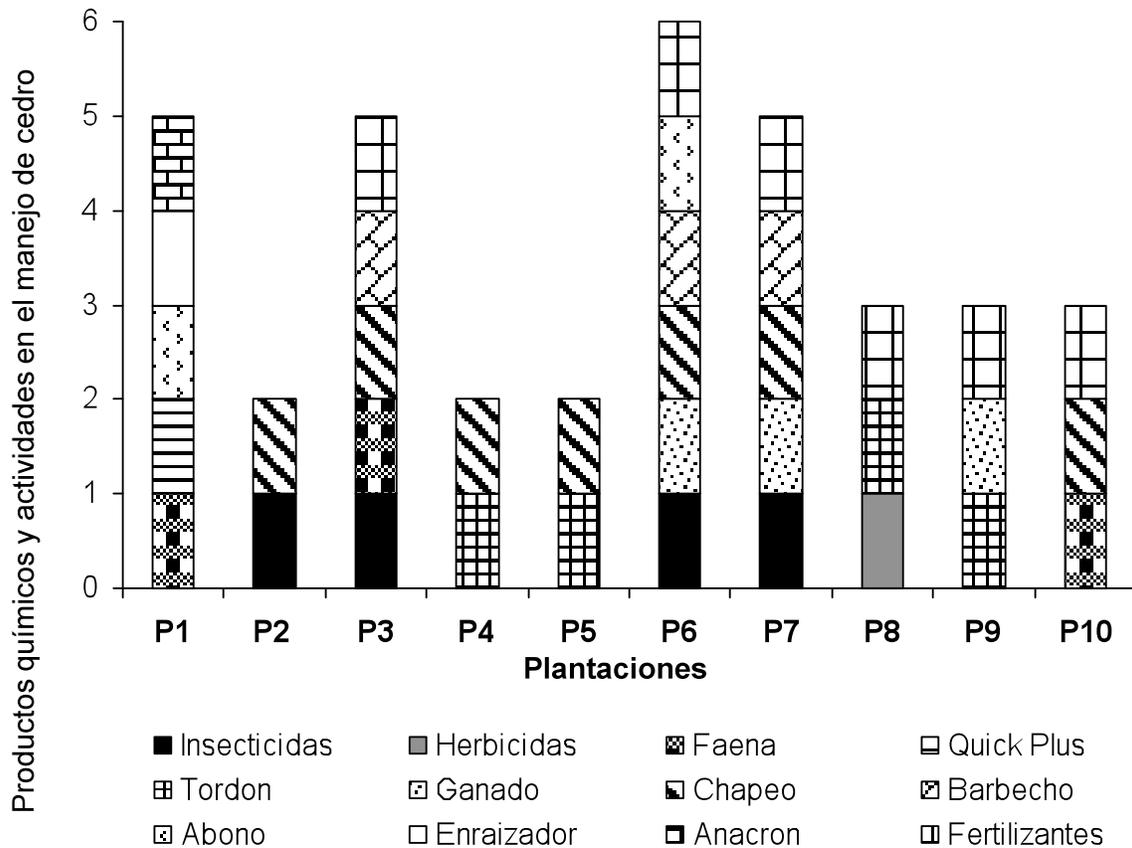


Figura 21. Actividades y productos utilizados en las plantaciones de cedro. P= plantación.

En las plantaciones se controlan malezas y hierbas, se utilizan principalmente herbicidas e insecticidas como Faena, Quick Plus, además de prácticas manuales como barbecho, chapeo y rastreo. Algunos productores tienen la visión de no usar control químico y utilizan el ganado como método de control (Figura 21).

9.2.3. Preparación del terreno

La preparación del terreno antes de establecer las plantaciones de cedro consistió en chapeo, barbecho, rastreo, surcado y la alineación. Dos plantaciones de productores tumbaron una parte del acahual y además usaron maquinaria agrícola para sembrar las plantas de cedro.

9.2.4. Supervivencia

La supervivencia de las plantas establecidas de campo a vivero fue alta en casi todas las plantaciones de extensión menor a 10 hectáreas, no obstante en la plantación con mayor extensión se presentó una baja supervivencia, debido principalmente al mal manejo de las plantas al momento de la siembra, falta de una correcta accesoria y selección de las plantas a sembrar.

9.2.5. Obtención de plantas

A los productores de las diez plantaciones se les regaló plántulas, y la plantación de mayor extensión produjo plántula, debido a que tuvieron una alta demanda por el área a sembrar. Las instituciones que subsidiaron plantas de cedro fueron CONAFOR; a través de los distintos viveros establecidos en la zona donde se establecieron las plantaciones: Vivero de Tierra Blanca y Vivero de Tolome. También mencionaron que la SAGARPA, SEDARPA y SEMARNAT subsidiaron plantas de cedro para establecer las plantaciones.

9.2.6. Trabajo en plantación

Las principales actividades que se llevan a cabo en la plantación para mantenerla en buen estado son: a) podas para controlar el desarrollo del tallo y b) clareo para eliminar árboles con desarrollo deficiente, permitiendo así que árboles con buen desarrollo crezcan mejor. Sólo en dos plantaciones no se ha realizado clareos; una porque sólo tiene dos años de haberse establecido y la otra de por falta de recursos y asesoría técnica. La mayor parte de las plantaciones invierten trabajo familiar combinado con jornales asalariados (Figura 22).

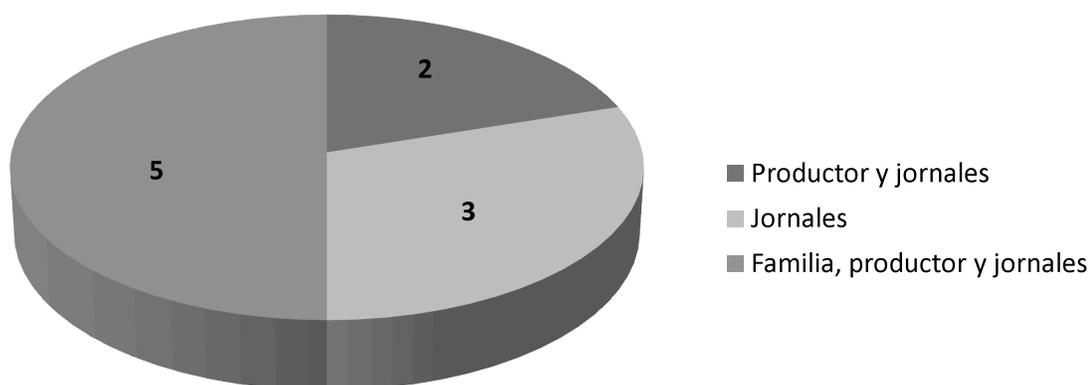


Figura 22. Tipo de trabajo invertido en las plantaciones de cedro.

9.2.7. Riego

Sólo tres de los productores entrevistados cuentan con sistema de riego, el resto sólo mantienen la plantación con agua de temporal. No obstante dos productores del municipio de Emiliano Zapata, en la localidad de Rinconada, están en posibilidades de instalar un sistema de riego con el proyecto del gobierno del estado de Veracruz llamado Corredor Agropecuario, uno de ellos cuenta con una hoyo para almacenar el agua de lluvia y está por establecer el sistema de riego, sin embargo faltan recursos económicos para revestirla y que el agua almacenada en la temporada de lluvias no se infiltre. El productor comenta que el riego es muy importante para que cuando los árboles alcancen cierta altura pueda engrosar en diámetro. Otro de los productores en tiempos de sequía llegó a contratar una pipa para regar las plantas con cubos de 20 L. Tal práctica la llevó a cabo una o dos veces al año durante los primeros años. Otro productor ya tiene el sistema de riego y obtendrá el agua de un pozo, aunque aun no ha llevado a cabo ningún riego (Figura 23).

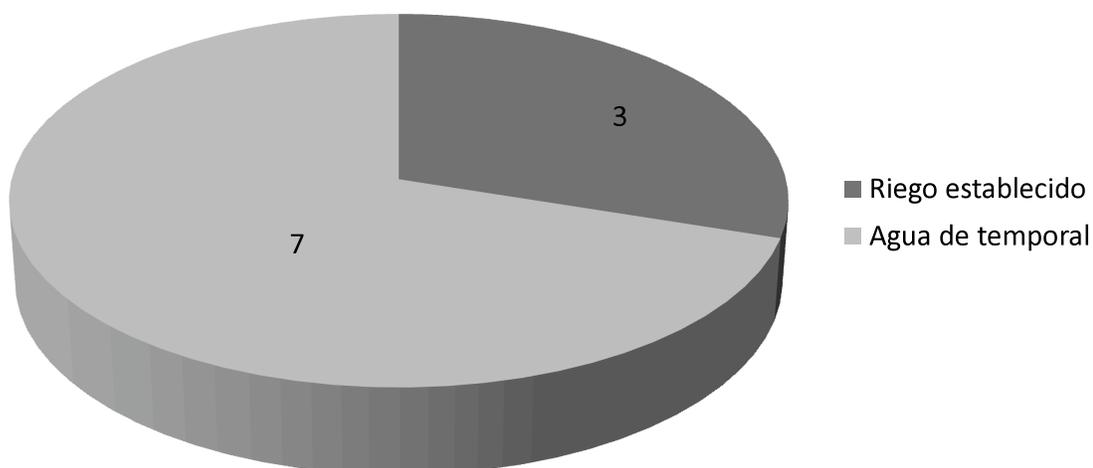


Figura 23. Agua de riego y temporal en plantaciones de cedro.

9.2.8. Manejo de la plantación

Seis de los productores realizaron la última poda a los 5 años. No obstante, algunos dejan de controlar al barrenador entre los 2 y 6 años, tiempo en el cual se invierte gran cantidad de recursos y mano de obra para mantener sana dicha plantación. También la última poda de los árboles de cedro se llevó a cabo entre los 3 y 6.5 años, aunque cuatro de los productores coincidieron que a los cinco años realizaron la poda final.

9.2.9. Subsidios en las plantaciones

No todas las plantaciones cuentan con apoyos por parte de las instituciones gubernamentales. La principal dependencia que brindó apoyos a las plantaciones fue la CONAFOR, a través del programa PRODEPLAN, apoyando con 1100 \$/ha, asesoría técnica, abono, fertilizantes, herbicidas, plaguicidas y el préstamo de bombas con motor para fumigar los árboles cuando alcanzaron alturas por arriba de los tres metros. Sin embargo los apoyos de CONAFOR sólo se entregaron durante los primeros cuatro años. PROCAMPO es otra de las dependencias que apoyaron las plantaciones con 900 y 800 \$/ha. Un productor comenta que los apoyos terminaron hasta el 2006 y ya no recibió más recursos. La SEMARNAT, SEDARPA y

SAGARPA han otorgado apoyos con plántulas de cedro. SANIDAD VEGATAL ha apoyado a los productores con insecticidas y malatión.

9.2.10. Cosecha de la plantación

Los productores ven la plantación como un ahorro, y la consideran un negocio a largo plazo. Opinan que la inversión hecha es un patrimonio para sus hijos, dado que esta plantación podrá explotarse de 20 a 25 años de edad. Uno de los productores le gusta mantener los árboles con fines estéticos.

La mayoría de los productores están decepcionados de los resultados en el crecimiento de los árboles en su plantación. En un principio los técnicos asesores comentaron que los árboles a 12 años de edad ya podrían aprovecharse. Incluso les dijeron que la producción de madera obtenida se podría exportar a Francia, Italia y Alemania, por lo cual los productores empezaron con gran entusiasmo. Los árboles en los primeros 5 años crecieron rápido alcanzando el fuste necesario, pero han visto que después de los 10 años les ha costado mucho engrosar en diámetro a una talla que pueda explotarse. Ellos creen que los árboles podrán explotarse de 20 a 25 años. Ante tal situación varios productores han abandonado las plantaciones. Cuando un pequeño productor decide establecer una plantación de cedro, el terreno destinado para ello, prácticamente ya no puede utilizarse para sembrar otros cultivos, por eso cuando vieron que la plantación necesitaba más tiempo para explotarse, se desanimaron y establecieron otros cultivos, tumbado parte de la plantación.

Los productores consideran que se cosechará un alto porcentaje de árboles (50 a 90%) al final del cultivo en relación a lo que inicialmente se sembró. Otros productores consideran que de los árboles inicialmente sembrados hasta el final de cultivo se logrará obtener de un 25 a 50 %, debido principalmente a los clareos que han llevado a cabo en las plantaciones, donde se eliminan los árboles en los que se ha observado poco desarrollo. En las plantaciones se han perdido muchos árboles por mal manejo de los jornales en el clareo. Uno de los productores opina que

obtendrá un bajo porcentaje al final del cultivo debido a que por tener más de 20 ha con cedros los cuidados son más difíciles. Además al inicio algunos cedros se secaron y en el 2006 varios árboles murieron a causa de una sequía muy intensa. Lo anterior sumado al mal manejo en la siembra de las plantas y que algunos árboles más fueron derribados por el viento. El mismo productor resembró para recuperar las plantas perdidas pero, al eliminar hierbas, las dosis de herbicidas fueron muy altas y dañaron los nuevos cedros.

Uno de los productores vendió parte del terreno donde estableció la plantación, ya que en medio de esta construyeron el libramiento de la localidad de Rinconada, en el Municipio de Emiliano Zapata, Veracruz.

Algunos árboles murieron porque no se escogió el sitio correcto donde se plantaron. Se sembraron sobre lajas de roca y murieron en los primeros años. Un productor menciona que es importante sembrar árboles a cada 5 metros para no invertir en árboles que posteriormente se tienen que tirar. Otros factores que impiden que se logre el 100% de los árboles al final del cultivo es el mal crecimiento (malformaciones), abandono de la plantación, insuficiente aplicación de insecticidas y falta de podas.

9.2.11. Problemas de plagas y enfermedades

El lepidóptero barrenador (*Hypsipyla*) del meristemo apical, hierbas y malezas son los problemas que mayormente aquejan a las plantaciones. Se requiere de mucho trabajo y dinero para controlarlo, de lo contrario los árboles no logran buen desarrollo. Muchas veces se abusa del uso de agroquímicos, con lo que se afecta el crecimiento de los árboles.

9.2.12. Trabajo y cuidados de la plantación

Los productores de cedro coinciden en que el cuidado de una plantación requiere de mucho trabajo. A veces se pierde la paciencia, dado que es un negocio a largo plazo y si no hay arraigo por la tradición agrícola es muy complicado darle seguimiento al proyecto. Comentan que es importante encontrar la forma de intercalar cultivos rentables con la plantación de cedro. Uno de los trabajos más delicados en la plantación es la fumigación del árbol con la bomba. Como en esta actividad se tiene la mano levantada para fumigar árboles mayores de 2 metros (m) se debe hacer cuidadosamente para que el producto no caiga en la cara. Esta actividad la realizaron hasta que el árbol alcanzó una altura de cinco a seis metros.

9.2.13. Costos de producción

La inversión en una plantación es muy costosa, especialmente durante los primeros años cuando necesita muchos cuidados. En un principio el gasto de agroquímicos es muy fuerte, además dueños de plantaciones promovidas por algún subsidio, tienen que invertir dinero propio, porque el apoyo es mínimo, por ejemplo contratar transporte para traslado de las plantas. Es importante tener un ingreso regular de otras fuentes para lograr mantener la plantación. Las instituciones que subsidian apoyos, para el establecimiento de plantaciones de cedro, piden requisitos que los productores a veces no consiguen cubrir. Los entrevistados recomiendan establecer plantaciones si se tiene terreno y recursos económicos disponibles.

9.2.14. Asesoría técnica

Los productores consideran que falta una correcta asesoría, ya que las personas responsables que promovieron y dieron seguimiento al establecimiento de estas, no conocen bien los requerimientos de las plantas en la zona donde se sembraron. Además no toman en cuenta el conocimiento tradicional. Los productores sembraron a altas densidades, consideran que antes de establecer la plantación es

prudente analizar el suelo. Uno de los productores tiene la creencia que los cedros desarrollan bien donde la tierra es arenosa. El ha observado que algunos cedros que sembró en suelo muy arenoso han desarrollado buen fuste y diámetro a los doce años y opina que a los 20 ó 24 años serán árboles bien desarrollados.

Aunque los productores de cedro consideran que es bueno intercalar la plantación de cedro con otros cultivos, cuando lo han hecho han fallado en la selección de productos con mala comercialización. Por otro lado, al intercalar limón, mango o nopales con cedro, los cultivos no han tenido buen desarrollo. Los productores creen que es importante experimentar el intercalado de cedro con tomate, picante, maíz elotero. Para esto es necesario invertir más trabajo y apoyo gubernamental en la plantación.

9.2.15. Supervivencia y desarrollo

La sequía y los cambios climatológicos son los principales factores que no permite a los árboles de cedro sobrevivir y tener un buen desarrollo. Un productor menciona que los árboles tienen buen crecimiento en la temporada de sequía, y por lo tanto, con el riego mínimo se obtendrían buenos resultados en crecimiento.

El agua es importante para tener alta supervivencia y desarrollo de las plantas en los primeros años de establecimiento. La planta, para sobrevivir, debe estar de regular tamaño cuando se siembra. Si el árbol está pequeño es difícil realizar el barbecho, aplicar herbicidas y regar en temporada de lluvias.

Los fenómenos naturales también afectan la supervivencia de las plantas, en la plantación de mayor extensión (20 ha) los fuertes vientos del ciclón Stan en el 2006 derribaron algunas plántulas que habían sido resembradas. Un productor comentó que cuando las plantas son pequeñas hay que cuidar que los vientos no doblen los tallos, por lo que es importante darles cuidados como ponerles una guía para corregir el crecimiento del fuste. Los árboles en varias de las plantaciones visitadas han

desarrollado poco, considerando los 11 ó 12 años que llevan establecidas y comparados con cedros que se ha visto crecen en forma natural.

10. CONCLUSIONES

10.1. Ensayo experimental en vivero

La aplicación conjunta de la inoculación de hongos MA y defoliación, mostró efectos en el crecimiento de plantas de *C. odorata* altamente significativos.

A los tres meses de experimento el tratamiento con inoculación micorrízica y defoliación al 90 presentó los valores más altos de tasa de crecimiento en altura y tasa de crecimiento en diámetro.

A seis meses del experimento se encontró un mayor crecimiento de plantas de cedro por efecto de la interacción inoculación micorrízica y 50 % de defoliación.

De los componentes de la tasa de crecimiento relativo (TCR), el área foliar específica (LAR), asociada significativamente a la defoliación, fue la responsable de la mayor velocidad de crecimiento en los tratamientos sin inoculación durante los últimos tres meses de crecimiento.

La inoculación micorrízica, bajo las condiciones de este estudio, es el factor principal para promover el crecimiento vegetal. Los valores medios de área foliar específica (SLA) son mayores en tratamientos con 50 % de defoliación e inoculadas con *Glomus intraradices*.

10.2. Estudio diagnóstico de plantaciones

Durante los primeros años establecimiento de las plantaciones de cedro se invierte gran cantidad de trabajo y recursos; chapeo, podas, aplicación de herbicidas y plaguicidas, ante los cual los productores se sienten presionados debido a que actualmente no existen apoyos para el mantenimiento de tales plantación.

La falta de riego en es uno de los principales problemas que enfrentan productores en las plantaciones de cedro, ya que por la prolongada estacionalidad de la sequía los árboles mayores de 10 años han engrosado poco en diámetro.

Sin apoyos gubernamentales los productores de cedro consideran importante encontrar la manera de hacer rentable la parcela donde está establecida la plantación, por lo cual creen que puede intercalarse otros cultivos adaptado a las condiciones del sitio y con potencial de comercialización.

Durante los primeros seis años de la plantación otro de los problemas que enfrentan los productores es el ataque del barrenador, y tienen que invertir gran cantidad de recursos en el control.

Los productores consideran relevante producir plántulas de cedro vigorosas y con alta capacidad de crecimiento, aunado a escoger sitios propicios para el establecimiento así como mejorar la asesoría técnica con el fin de reducir el tiempo de control de plagas en plantaciones.

Además de mejorar la calidad de las plantas en las plantaciones es necesario capacitar a los prestadores de servicio técnico forestal, así mismo asegurar la protección de la fase inicial del establecimiento de la plantación.

11. LITERATURA CITADA

- Alvarado, A., M. Chavarria, R. Guerrero, J. Boniche y J. N. Navarro. 2004. Características edáficas y presencia de micorrizas en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L. f.) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28 (1): 89-100.
- Allen, M. F., W. Swenson, J. I. Querejeta, L. M. Egerton-Warburton and K. K. Treseder. 2003. Ecology of mycorrhizae: A conceptual framework for complex interactions among plants and fungi. *Annu. Rev. Phytopathol* 41:271-303.
- Allsop, N. 1998. Effect of defoliation on the arbuscular mycorrhizas of three perennial pasture and rangeland grasses. *Plant and Soil* 202: 117-124.
- Andrade-Torres, A. 2004. Capacidad morfogénica de diferentes explantes de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Programa en Agroecosistemas Tropicales. Veracruz, México. 90 p.
- Antúnez, I., E. C. Retamosa, and R. Villar. 2001. Relative growth rate in phylogenetically related deciduous and evergreen woody species. *Oecologia* 128:172-180.
- Augé, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11: 3–42.
- Azcón, R., M. Gómez and R. M. Tobar. 1996. Physiological and nutritional responses by *Lacta sativa* L. to nitrogen sources and mycorrhizal fungi under drought conditions. *Biology Fertility and Soils* 22: 156-161.
- Bravo, A. 2007. Caracterización del proceso productivo, estimación maderable y evaluación financiera de plantaciones forestales comerciales de caoba y cedro en Oaxaca, México. Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México. 86 p.
- Brown, A. G., Nambiar E. K. S. and C. Cossalter. 1997. Plantations for the tropics—their role, extent and nature. *In*: Nambiar E. K. S. y A. G. Brown (ed). *Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests*. ACIAR. Pp. 1-23.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove y N. Malajczuk. 1996. Working with Mycorrhiza in Forestry and Agriculture. ACIAR Monograph 32. Australia. 374 p.
- Capetillo, B., C. J. López-Collado, J. López-Collado y R. Cruz-Balcázar. 2008. Diagnóstico del agroecosistema maíz (*Zea mays* L.) en el municipio de Jamapa, Veracruz. En revisión.

- Castillo M., A. 2003. Estrategia de capacitación en investigación-acción, para el control biológico del minador de la hoja de los cítricos en Paso de Ovejas, Ver. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Programa en Agroecosistemas Tropicales. Veracruz, México. 142 p.
- CATIE. 1997. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales. No. 24. *Cedrela odorata*. Turrialba, Costa Rica. 2 p.
- Chable, C. O. 2007. Inoculación micorrízica arbuscular y uso de vermicomposta en la producción de plantas de cedro (*C. odorata* L.) en vivero. Tesis Maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Programa en Agricultura Tropical. Campeche, México. 79 p.
- Citron, B. 1990. *Cedrela odorata* L. Cedro hembra, spanish cedar. *In*: Russell, M., and H. B. Honkala (ed). Silvics of North America: Hardwoods Burns Agric. Handb. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC: U.S. Pp. 250-257.
- COLPOS (Colegio de Postgraduados). 2006. PRODEPLAN (Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales). Ejercicio Fiscal 2005.
- CONAFOR. 2007. [Buenas perspectivas para el mercado de las maderas tropicales mexicanas](http://www.mexicoforestal.gob.mx). Revista electrónica de la comisión nacional forestal 69. <http://www.mexicoforestal.gob.mx>.
- CONAFOR, 2006. Plan Sectorial Forestal Estatal Actualización 2006-2028
- Contreras A., S. Lafraya, J. Lobillo, P. Soto y C. Rodrigo. 1998. Los métodos del diagnóstico rural rápido y participativo. Curso de Diagnóstico Rural Participativo. El Rincón de Ademuz. Valencia, España.
- Conway, G. R. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 24: 95-17
- Cortés, J. 2008. Dinámica de microorganismos rizosféricos y filosféricos de *Annona diversifolia* Saff. como respuesta a la estacionalidad, fenología y defoliación en el trópico seco. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Programa en edafología. Estado de México, México. 71 p.
- Crawford, I. M. 1997. Marketing Research and Information Systems. *In*; Food and Agriculture Organization of the Nation United (FAO) (ed). Marketing and agribusiness Texts. Agricultural Support Systems Div. Rome. 121 p.

- Duz, S. R., A. Siminsky, M. Santos y M. T. S. Paulilo. 2004. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. *Revista Brasil. Bot.* 27(3): 587-596
- FUMIAF y SAGARPA. 2005. Fundación Mexicana para la investigación Agropecuaria y Forestal, A.C. Plan de Negocios para el cultivo de la especie forestal comercial Cedro Rojo (*Cedrela odorata* L.) en México. Noviembre de 2005.
- García, E., 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México, México, 252 p.
- García. 2001. Calidad de planta de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, bajo dos tipos de manejo en vivero: poda aérea y micorriza arbuscular. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Programa Forestal. Estado de México, México, 81 p.
- Gallardo López, 1998. Estudio de los agroecosistemas con producción bovina en el municipio de Paso de Ovejas, Ver. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Programa en Agroecosistemas Tropicales, Veracruz, México. 104 p.
- Gerhardt, K. 1998. Leaf defoliation of tropical dry forest tree seedlings – implications for survival and growth. *Trees* 13: 88–95.
- Gerhardt, K., and D. Fredriksson (1995) Biomass Allocation by Broad-Leaf mahogany Seedlings, *Swietenia macrophylla* (King), in abandoned pasture and secondary dry forest in Guanacaste, Costa Rica. *Biotropica* 27(2): 174-182.
- Gehring, C. A. y Whitham, T. G. 1994. Interaction between aboveground herbivores and the mycorrhizal mutualists of plants. *Tree* 9: 251-255.
- Honkanen, T., E., Haukioja and J. Suomela. 1994. Effects of simulated defoliation and debudding on needle and shoot growth in Scots pine (*Pinus sylvestris*): implications of plant source/sink relationship for plant-herbivore Studies. *Funct. Ecol.* 8: 631-639.
- Ilmarinen, K., J. Mikola and M. Vestberg. 2008. Do interactions with soil organisms mediate grass responses to defoliation? *Soil Biology and Biochemistry* 40: 894-905.
- Klironomos, J. N., J. McCune and P. Moutoglis. 2004. Species of arbuscular mycorrhizal fungi affect mycorrhizal responses to simulated herbivory. *Applied Soil Ecology* 26, 133–141.

- Kormanik, P. P., W. C. Bryan and R. C. Schultz. 1980. Procedures and equipment for staining large numbers of plant root samples for endomycorrhizal assay. *Can. J. Microbiol.* 26: 536-538.
- Landsberg, J. J. 1997. The Biophysical environment. *In*: Nambiar E. K. S. and A. G. Brown (ed). *Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests*. ACIAR. pp. 65-96.
- Lone, N. A. and N. A. Khan. 2007. The effect of rate and timing of N fertilizer on growth, photosynthesis, N accumulation and yield of mustard (*Brassica juncea*) subjected to defoliation. *Environmental and Experimental Botany* 60: 318-323.
- López C., C. J. 2008. Interpretación de los análisis químicos de suelos agrícolas, agua para riego, y tejido vegetal. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. 58 p.
- Lovelock, E. and J. Ewel. 2005. Link between tree species, symbiotic fungal diversity and ecosystem functioning in simplified tropical ecosystems. *New Phytologist* 167: 219-228.
- Lovelock, E., J. Posada and K. Winter 1999. Effects of elevated CO₂ and defoliation on compensatory growth and photosynthesis of seedlings in a tropical tree, *Copaifera aromatica*. *Biotropica* 31(2): 279-287.
- Martínez, J. P. 1999. El concepto de agroecosistema; un enfoque cibernético. Documento propuesto para discusión en el seno del Cuerpo Académico. Manuscrito en el Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados. Tepetates, Veracruz. Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz.
- Medhurst, J. L., E. A. Pinkard, C. L. Beadle and D. Worledge. 2006. Photosynthetic capacity increases in *Acacia melanoxylon* following form pruning in a two-species plantation. *Forest Ecology and management* 233: 250-259.
- Mikola, J., M. Nieminen, K. Ilmarinen and M. Vestberg. 2005. Belowground responses by AM fungi and animal trophic groups to repeated defoliation in an experimental grassland community. *Soil Biology y Biochemistry* 37: 1630-1639.
- Ortíz-Solorio, C. A. y López-Collado, C. J. 1998. Los suelos del Campus-Veracruz. Colegio de Postgraduados, Tepetates, Veracruz. 55 p.
- Patiño, F. 1997. Recursos Genéticos de Swietenia y Cedrela en los Neotrópicos. Propuestas para Acciones Coordinadas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma-Italia. 58 p.
- Peréz-Moreno, J. 1992. Aspectos ecológicos; aislamiento de cepas, síntesis de micorriza y pruebas *in vitro* contra patógenos de diversos hongos

ectomicorrícicos del parque nacional de Zoquiapan, Edo. De México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Programa en Edafología. Estado de México, México. 115 p.

- Pire, R., A. Pereira, J. Díez y E. Fereres. 2007. Evaluación de la tolerancia a la sequía de un portanjerito Venezolano de Vid y posibles mecanismos condicionantes. *Agrociencia* 41: 435-446. 2007.
- Phillips, J. M., and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology* 13:396-410.
- Poorter, H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. *In*: Lambers, H., M. L. Cambridge, H. Konings, and T. L. Pons (eds.). SPB Academic Publishing, The Hague. Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants. pp. 45-68.
- Poorter, L. and L. Hayashida-Oliver. 2000. Effects of seasonal drought on gap and understorey seedlings in a Bolivian moist forest. *Journal of Tropical Ecology* 16 (4): 481-498.
- Poorter, H. and Nagel, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Aust. J. Plant Physiol.* 27: 595-607.
- Ramos-Zapata, J. y P. Guadarrama. 2004. Los hongos micorrizogenos arbusculares en la restauración de comunidades tropicales. *Universidad y Ciencia*, Número especial 1: 59-65.
- Rodgers, H. L., M. P. Brakke and J. J. Ewel. 1995. Shoot damage effects on starch reserves of *Cedrela odorata*. *Biotropica* 27 (1): 71-77.
- Rodríguez, G. F. Morales, R. Gutiérrez, S. Aguilar, E. Pérez. 2007. Generación de raíces transformadas de *Agave salmiana* Otto y su colonización por *Glomus intraradices*. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 30(3): 215-222.
- Rodríguez-Petit, A., T. Clavero y R. Razz. 2003. Características de crecimiento de *Acacia mangium* Willd en condiciones de bosque seco tropical. *Arch Latinoam. Prod. Anim.* 5 (supl.1): 60-62 (1997).

- Ruíz, O. 1995. Agroecosistema: el término, concepto y su definición bajo el enfoque agroecológico y sistémico. *In: Loera et al., (eds.) Agroecología y Desarrollo Sustentable. Segundo Seminario Internacional de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México 29-31 de marzo: 103-113 pp.*
- Saito, K., Y. Suyama and A. Sato. 2004. Defoliation effects on the community structure of arbuscular mycorrhizal fungi based on 18S rDNA sequences. *Micorrhiza. 14: 363-373.*
- Sánchez, E. A., M. de J González., D. H. Del Valle y J. R. Valdez. 2003. SIPLAN: Sistema de información para administrar plantaciones comerciales en México. *Madera y Bosques 12 (2): 77-90.*
- Sánchez, R. y S. Rebollar. 1999. Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentar. *Madera y Bosques 5 (2): 3-17.*
- Sánchez, V., y C. Velázquez. 1998. Microorganismos para Controlar el Barrenador de Brotes de Cedro Rojo y Caoba. INIFAP. CIRCOG. Campo Experimental El Palmar. Folleto Técnico 25. División Forestal. Veracruz, México. 14 p.
- SEDARPA-CONAFOR. 2006. Plan Sectorial Forestal Estatal, Actualización 2006-2028. Xalapa, Veracruz, México.
- SEMARNAT. 2004. Anuario Estadístico de la producción Forestal 2004. México DF. 158 p.
- Shipley, B. 2002. Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: relationship with daily irradiance. *Functional Ecology 16: 682-689.*
- Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis. Second edition. Academic Press. San Diego California, USA. 605 p.*
- Souza, F., O. Orivaldo, J. Saggin Junior, E. M. Ribeiro da Silva y W. Luís de Lima. 2006. Dependencia e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. *Pesq. Agropec. Bras. 41(1): 77-84.*
- Townsley, P. 1996. Rapid Rural Appraisal, participatory Rural Appraisal and aquaculture. FAO. Viterbo, Italia. pp. 19-25.
- Tittonell, P. A., J. De Grazia, A. Chiesa. 2002. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento. *Horticultura Brasileira 20 (4): 641-645.*
- Valdés, M. 1989. Aspectos ecofisiológicos de las micorrizas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México 49: 19-30.*

- Vázquez-Yánes, C., A. I. Batis, M. I. Alcocer, M. Gual y C. Sánchez. 1998. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. PROYECTO J-084-CONABIO. México. 135 p.
- Velásquez, 2001. Estudio de las interacciones en los Agroecosistemas del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Especialidad en Agroecosistemas Tropicales. Veracruz, México. 101 p.
- Vera, G. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el Sur y Sureste de México. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/61S. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. (*Inédito*).
- Villar, R, J Ruiz-Robledo, JL Quero, H Poorter, F Valladares, T Marañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. *In*: Valladares, F. (ed). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. pp. 191-227.
- Vivas, L., D. Astudillo y L. Campos. 2007. Evaluación de la eficacia del insecticida etofenprox 10,9% para el control del insecto sogata en el cultivo de arroz, en Calabozo estado Guárico, Venezuela. *Agronomía Tropical* 52 (4): 287-297.
- Vogt, K., H. Asbjornsen, A. Ercelawn and F. Montagnini. 1997. Roots and Mycorrhizas in Plantation Ecosystems. *In*: Nambiar E. K. S. and A. G. Brown (ed). Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests. ACIAR. Pp 65-96.
- Wright, S. J. and F. H. Cornejo. 1990. Seasonal drought and leaf fall in tropical forest. *Ecology* 71: 1165-1175.
- Zulueta, R., M. Alejandro, M. Escalona, D. Trejo y L. Lara. 2000. Respuesta de dos especies forestales tropicales a la inoculación micorrizica. *In*: Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. 2000. A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato (eds.) IRENAT-Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi Prensa, México. 184-193 Pp.

12. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario aplicado a productores de cedro

CUESTIONARIO UTILIZADO PARA OBTENER INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLANTACIONES DE CEDRO

Fecha: _____ /2008

No. de cuestionario: _____

A. DATOS GENERALES DEL DUEÑO DE LA PLANTACIÓN

1. Nombre del productor (a): _____ Edad: _____

2. Escolaridad: a. Sin estudios () b. Primaria () c. Secundaria () d. Carrera técnica () e. Prof. ()

3. ¿El dueño de la plantación se dedica a una actividad diferente a la agricultura? _____

Nombre del entrevistado: _____

B. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PARCELA O PLANTACIÓN

1. Nombre del predio: _____

2. Municipio: _____ Localidad: _____

3. Ubicación geográfica: Longitud O: _____ Latitud N: _____

4. Tiempo que tiene establecida la plantación _____

5. Área sembrada con cedro: _____ ha

6. Densidad de plantación: _____ árboles ha⁻¹

7. Arreglo de las plantas: _____

8. Uso del suelo antes de la plantación _____

9. ¿Como le nombra al tipo de tierra donde se encuentra la plantación? _____

10. ¿Usted tiene diferentes tipos de tierra en su parcela? si () no ()

¿Cuáles? a. Arcilloso () b. Arenoso () c. Franco () d. Otro nombre que les de _____

11. Profundidad del suelo: a. Profundo () b. Poco profundo () c. Somero ()

12. Topografía: a. Plana () b. Ondulada () c. Accidentada ()

13. Textura del suelo: a. Fina () b. Media () c. Gruesa ()

14. Exposición del terreno a la pendiente: a. Norte () b. Sur () c. Este () d. Oeste ()

15. Tipo de erosión: a. Severa () b. Moderada () c. Imperceptible ()

16. ¿Que otros cultivos/actividades agrícolas desarrolla o ha desarrollado intercalados con Cedro?:

17. ¿Que otros cultivos agrícolas produce o ha producido en otras parcelas?:

C. COMPONENTES TECNOLÓGICOS DEL CULTIVO DE CEDRO

1. ¿Produce usted la planta? si () no ()

2. ¿Cuál es la procedencia de la semilla? _____

3: ¿Cómo adquiere la planta?

a. Es comprada () b. Es regalada ()

4. ¿Quién se las vende o regala? _____

5. ¿Prepararon el terreno para la plantación? a. si () b. no ()

6. Al sembrar en el campo las plantas traídas del vivero ¿Cuántas sobrevivieron? _____

7. ¿Que tipo de trabajo se invierte en la plantación?

a. Familiar () b. Jornales asalariados ()

8. ¿Controlan la maleza y hierbas? a. si () b. no ()

9. Fertiliza: a. si () b. no ()

Fertilizante	Aplicaciones año ⁻¹	Edad de aplicación	Tipo
1.			
2.			
3.			
4.			

10. Controlan plagas y enfermedades: si () no ()

Plaga/Enfermedad	Época de incidencia	Tipo de control	Producto químico usado
1.			

2.

3.

4.

11. Tipo de agricultura: a. Riego () b. Temporal ()

12. ¿Cómo aplica el riego?

a. Manual () b. bombeo o aspersión () c. Rodado () Otro: _____

13. ¿Cada que tiempo riegan y que cantidad de agua usan por riego?

14. Hasta que edad y altura del árbol deja de controlar plagas y enfermedades

15. ¿Hasta que edad y altura del árbol deja de podar? _____

16. ¿Recibe o ha recibido subsidios por la plantación? a. si () b. no ()

PROGRAMA	Tipo de apoyo	Cantidad/ha	Tiempo de duración
Procampo			
Prodeplan (CONAFOR)			
Sanidad Vegetal			
Conafor			

17. ¿Cuál es la principal (es) problemática (s) que enfrentan los productores y sus plantaciones?

18. ¿Recomendaría usted cultivar árboles de cedro? a. no () b. si ()

¿Por qué? _____

D. CONOCIMIENTO DEL PRODUCTOR SOBRE COSECHA Y COMERCIALIZACIÓN

1. ¿Sabe cuál es la edad de cosecha de una plantación?: a. no () b. si ()

3. ¿Cuántos árboles cree que podrá cosechar al final ha⁻¹? a. no () b. si ()

4. ¿Por qué no logran cultivar todos los árboles que se siembran al inicio?

2. ¿Sabe cuáles son las formas de comercialización del cedro rojo?: a. no () b. si ()

5. ¿Sabe cuál es el precio actual de la madera?
