



**UNIVERSIDAD DEL MAR**

*Campus Puerto Escondido*

**SISTEMA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO MADERABLE DE DOS  
ESPECIES ARBÓREAS EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL EN LA  
COSTA DE OAXACA**

**T E S I S**

QUE COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO FORESTAL**

PRESENTA

**IGNACIO MEJIA CUEVAS**

DIRECTOR DE TESIS

**M. EN C. ROLANDO GALÁN LARREA**

**Puerto Escondido, Oaxaca, Febrero de 2013**



# Universidad del Mar

Puerto Escondido ~ Puerto Angel ~ Huatulco

O A X A C A

Puerto Escondido, Oax., diciembre de 2012

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

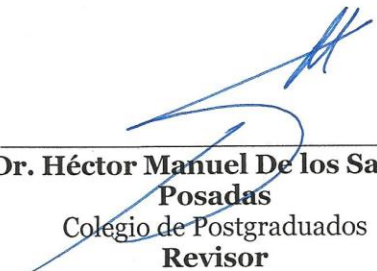
Después de realizar una revisión detallada de la Tesis titulada “**Sistema de crecimiento y rendimiento maderable de dos especies arbóreas en una plantación forestal en la Costa de Oaxaca**”, presentada por el pasante en Ingeniería Forestal **Ignacio Mejía Cuevas**, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesarios para ser defendida en el examen profesional.

### COMISIÓN REVISORA



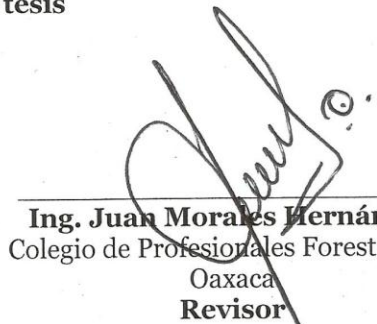
---

**M. C. Rolando Galán Larrea**  
Universidad del Mar  
Director de tesis



---

**Dr. Héctor Manuel De los Santos Posadas**  
Colegio de Postgraduados  
Revisor



---

**Ing. Juan Morales Hernández**  
Colegio de Profesionales Forestales de Oaxaca  
Revisor



---

**M. C. Gricelda Valera Venegas**  
Universidad del Mar  
Revisor



---

**M. C. Celestino Sandoval García**  
Universidad del Mar  
Revisor

## **Dedicatoria**

Con mucho cariño, admiración y respeto, a mis padres Felix Mejia Cortés y Leonor Cuevas Zárate por haberme dado el tesoro mas valioso “la vida”, por haberme inculcado valores y principios para ser de mí una persona de bien y porque siempre me brindaron su apoyo incondicional a pesar de las adversidades.

A mis hermanos Roberto, Abel, Eva Luz, Guadalupe, Carmen y Martin porque siempre conté con su apoyo. Los quiero mucho a todos.

## Agradecimientos

- En primer lugar quiero agradecer a **Dios** por darme la vida y por permitirme cumplir mi sueño.
- A la **Universidad del Mar** por darme la oportunidad de cursar y culminar mi carrera profesional y por brindarme las herramientas necesarias para lograrlo.
- A mis padres y hermanos porque siempre conté con su apoyo moral y económico, por alentarme en los momentos más difíciles y por depositar toda su confianza en mí.
- A mis tíos y abuelos por todo el apoyo recibido y por alentarme a continuar siempre hacia adelante.
- A todos los demás familiares que de una u otra forma contribuyeron para que yo pudiera cursar la universidad.
- Al M.C. Rolando Galán Larrea, por dirigir este trabajo y por todos sus comentarios y aportaciones para mejorar la calidad del mismo. También por el apoyo económico durante las salidas a campo. Gracias por su confianza y paciencia.
- Al comité revisor: Dr. Héctor M. De los Santos Posadas, Ing. Juan Morales Hernández, M. Sc. Celestino Sandoval García y M. C. Gricelda Valera Venegas. Gracias por sus comentarios y observaciones que sin duda fueron de gran ayuda para mejorar la calidad del presente documento.
- Al C. José Luís López Pérez, propietario de la plantación de San José Chacalapa por permitir la realización de la presente investigación.
- A mis compañeros de generación: Areli, Brenda, Azucena, Mary, Roxana, Xochitl, Edgar y José Manuel, gracias por todos los momentos que compartimos durante mi estancia en la Universidad.

- A todos los profesores y profesoras que contribuyeron en mi formación profesional, en especial a la Dra. Juana Laura Rivera Nava por su amistad y sus buenos consejos.

## ÍNDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| ÍNDICE DE CUADROS.....  | iv  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | v   |
| RESUMEN.....  | vi  |
| ABSTRACT.....   | vii |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 1   |
| II. OBJETIVOS.....  | 3   |
| 2.1. General.....   | 3   |
| 2.2. Específicos.....   | 3   |
| III. HIPÓTESIS.....   | 3   |
| IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....                                       | 4   |
| 4.1. <i>Cedrela odorata</i> L. (Meliaceae).....                       | 4   |
| 4.1.1. Descripción botánica y morfológica.....                        | 4   |
| 4.1.2. Distribución.....  | 4   |
| 4.1.3. Usos.....  | 5   |
| 4.2. <i>Tabebuia donell-smithii</i> Rose (Bignoniaceae).....          | 6   |
| 4.2.1. Descripción botánica y morfológica.....                        | 6   |
| 4.2.2. Distribución.....  | 6   |
| 4.2.3. Usos.....  | 6   |
| 4.3. Plantaciones forestales.....                                     | 7   |
| 4.3.1. Plantaciones de enriquecimiento de acahuales.....              | 7   |
| 4.3.2. Plantaciones forestales comerciales.....                       | 9   |
| 4.3.2.1. Antecedentes de las plantaciones forestales comerciales..... | 9   |
| 4.3.2.2. Importancia de las plantaciones forestales comerciales.....  | 13  |

|  |    |
|--|----|
| 4.3.2.3. Marco legal de las plantaciones forestales en México .....  | 16 |
| 4.4. Crecimiento y rendimiento maderable .....   | 16 |
| 4.4.1. Concepto de crecimiento y rendimiento.....  | 16 |
| 4.4.2. Importancia de calcular el crecimiento y rendimiento maderable .....  | 17 |
| 4.4.3. Modelos de crecimiento .....  | 18 |
| 4.4.4. Importancia de los modelos de crecimiento.....  | 19 |
| 4.4.5. Sistema de crecimiento y rendimiento maderable (SCRM).....  | 19 |
| 4.4.5.1. Funciones de altura dominante e índice de sitio .....   | 20 |
| 4.4.5.2. Funciones de área basal.....  | 21 |
| 4.4.5.3. Funciones de volumen.....   | 21 |
| 4.5. Métodos para calcular el rendimiento maderable .....  | 22 |
| 4.5.1. Modelos de rodales completos.....   | 22 |
| 4.5.2. Modelos por clases de tamaño .....  | 24 |
| 4.5.3. Modelos de árboles individuales .....   | 25 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 27 |
| 5.1. Ubicación geográfica del área de estudio.....   | 28 |
| 5.2. Características de la plantación .....  | 28 |
| 5.2.1. Características climáticas .....  | 30 |
| 5.2.2. Características edáficas .....  | 30 |
| 5.3. Especies de estudio.....  | 30 |
| 5.4. Sitios de muestreo y toma de datos en campo.....  | 31 |
| 5.4.1. Variables a medir.....  | 31 |
| 5.5. Crecimiento y rendimiento maderable de <i>Cedrela odorata</i> L.y <i>Tabebuia donell-smithii</i><br>Rose..... | 32 |

|   |    |
|---|----|
| 5.5.1. Crecimiento en altura .....                                  | 32 |
| 5.5.2. Crecimiento en área basal .....                              | 33 |
| 5.5.3. Funciones de volumen por ha.....                             | 34 |
| 5.6. Ajuste del sistema de crecimiento y rendimiento maderable..... | 34 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                    | 35 |
| 6.1. Crecimiento en altura dominante .....                          | 35 |
| 6.2. Crecimiento en área basal .....                                | 37 |
| 6.3. Crecimiento en volumen .....                                   | 38 |
| 6.4. Ajuste del sistema de crecimiento y rendimiento maderable..... | 39 |
| VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                           | 43 |
| 7.1. Conclusiones .....   | 43 |
| 7.2. Recomendaciones.....   | 43 |
| VIII. LITERATURA CITADA.....  | 45 |



## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Proyectos aprobados cada año y superficie plantada a nivel nacional .....  | 10 |
| Cuadro 2. Situación de las plantaciones forestales comerciales en Oaxaca durante el periodo<br>1997 a 2009 .....   | 11 |
| Cuadro 3. Situación de las plantaciones forestales comerciales por región, en el estado de<br>Oaxaca .....   | 12 |
| Cuadro 4. Principales especies plantadas en el estado de Oaxaca. Cuadro 5. Resumen del análisis<br>de regresión realizado con datos de altura-edad en <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Tabebuia<br/>donnell-smithii</i> Rose para conocer el nivel de ajuste del modelo utilizado .....                        | 13 |
| Cuadro 5. Resumen del análisis de regresión realizado con datos de altura-edad en <i>Cedrela<br/>odorata</i> L. y <i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose para conocer el nivel de ajuste del<br>modelo utilizado.....  | 35 |
| Cuadro 6. Estadísticas del ajuste para los modelos de altura dominante, área basal y volumen<br>para cedro y primavera en San José Chacalapa, Pochutla* .....  | 39 |
| Cuadro 7. Edad, altura dominante, área basal, volumen, incremento corriente anual (ICA) e<br>incremento medio anual (IMA) para tres índices de sitio (IS) en una plantación<br>comercial de <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose en San José<br>Chacalapa, Pochutla, Oaxaca..... | 42 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica de la plantación: El Carnizuelo, El Pénjamo, Arroyo Rico y El Riego en San José Chacalapa, Pochutla Oaxaca .....                                    | 29 |
| Figura 2. Curvas anamórficas de ÍS para <i>Cedrela odorata</i> L. y <i>Tabebuia donell-smithii</i> Rose, a una edad base de 10 años, en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca ..... | 36 |
| Figura 3. Crecimiento en área basal por índice de sitio, a una edad base de 10 años.....   | 37 |
| Figura 4. Crecimiento en volumen total por índice de sitio, considerando una edad base de 10 años.....   | 38 |
| Figura 5. Curvas del incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA) por índice de sitio, a una edad base de 10 años.....  | 40 |

## RESUMEN

El Cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) y la Primavera (*Tabebuia donell-smithii* Rose), son especies tropicales de alto valor comercial, que se utilizan para la fabricación de muebles, chapas, contrachapados, molduras y vigas principalmente.

El presente estudio tiene como finalidad desarrollar un sistema de crecimiento y rendimiento para *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia donell-smithii* Rose empleando información dasométrica derivada de cinco remediciones en sitios permanentes de muestreo en una plantación de enriquecimiento de acahual en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Se estimó la productividad de la plantación mediante el uso de curvas anamórficas de índice de sitio basado en el modelo de Schumacher. Además se realizó el ajuste simultáneo de los modelos de altura dominante, área basal y volumen para conocer el ajuste de los datos, bajo la técnica de regresión aparentemente no correlacionada con el paquete estadístico SAS. Para la calidad de sitio más pobre (IS=15) el turno técnico en volumen se estima a los 24 años, mientras que para los sitios de mejor calidad, tanto para cedro rojo como primavera se tienen turnos técnicos mayores de 24 años.

A la misma edad, el crecimiento en altura dominante de primavera se localiza en mejores sitios (IS = 25) cuando se le compara con el cedro rojo (IS = 15).

**Palabras clave:** índice de sitio, modelos de crecimiento, Chacalapa.

## ABSTRACT

*Spanish cedar* (*Cedrela odorata* L.) and Primavera (*Tabebuia donell-smithii* Rose), are tropical timber species of high commercial value, frequently used for furniture, veneer, plywood, moldings and beams.

The present study aims to develop a growth and yield timber system for *Cedrela odorata* L. and *Tabebuia donell-smithii* Rose, based on dasometric information obtained from permanent plots with five re-measurements at anacahuallenrichment plantation in San Jose Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Productivity was estimated using anamorphic Schumacher based site index curves. The growth and yield system based on dominant height, basal area and total volume is simultaneously fitted with seemingly unrelated regression using SAS software. For the poorest site indexquality (SI = 15) the estimated rotation that maximizes volume is 24 years, while for higher quality sites, both Spanish cedar and Primavera remain growing past 24 years of age suggesting longer rotations.

To the same age, the growth in dominant height of primavera is located in better sites (IS = 25) when is compared with *Spanish cedar* (IS = 15).

Keywords: site index, growth models, Chacalapa.