

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Evaluación Integral de una Plantación Mixta de *Gmelina arbórea* Roxb y *Cedrela odorata* Lamb en Tuxtepec Oaxaca, México

Por:

**GABRIELA MELINA LIRA LEAL**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación Integral de una Plantación Mixta de *Gmelina arborea* Roxb y *Cedrela odorata* Lamb en Tuxtepec, Oaxaca, México

Por:

**GABRIELA MELINA LIRA LEAL**

TESIS

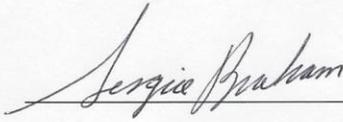
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada



Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga  
Asesor Principal



Ing. Sergio Braham Sabag  
Coasesor



M.C. Héctor Darío González López  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinación  
División de Agronomía  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2014

## DEDICATORIA

A Dios padre, dios hijo y dios espíritu santo. Por haberme guiado por el buen camino de mi vida, trayecto de mi carrera y siempre estar conmigo en todo momento. Con su amor y su poder. Porque ahora estoy donde me encuentro ya que él así lo ha determinado y ahora ocupo una parte en sus planes para un nuevo camino que iniciaré en compañía de la bendita deidad. Gracias dios por nunca haberme soltado la mano y juntos seguir en nuevas experiencias que gustosa estaré a tu lado. Gracias por la vida.

A mi padre Ing. Francisco Lira Vásquez, por ser siempre mi mano derecha en no solo mi carrera, si no toda mi vida; por tu ejemplo, tu sabiduría, porque eres el más claro ejemplo de trabajo dedicación a nuestro campo, gracias por demostrarme siempre la importancia que es ser gente de campo, por hacerme crecer la pasión en mi corazón y en todo mi ser por la tierra. Gracias por tu cariño, tu apoyo, atención y sobre todo tu paciencia, por cuidar de tu hija que ahora se ha convertido en tu colega. Te amo y te dedico con todo mi corazón este trabajo del cual fuiste complice ayudándome. Espero y estés orgulloso de mí como yo siempre lo he estado de ti. Ahora esto es un gran triunfo que gracias a dios puedo disfrutar contigo. Por sobre todas las cosas siempre te amaré siempre estaré orgullosa de ti mi gran señor.

A mi madre Ing. Adela Leal Ramírez, por mi gran ejemplo de una mujer fuerte, valiente, perfecta y hermosa por dentro y por fuera. A ti que siempre me brindaste tu apoyo incondicionalmente teniéndote de lejos siempre estuviste a mi lado contándote mis experiencias buenas y malas y siempre estuviste ahí para escucharme, por toda tu humildad de ser una mujer de campo que ha salido adelante y me ha enseñado que si se tropieza se vale caerse pero siempre habrá fuerza para levantarse y seguir adelante, a ti por todo tu cariño, tu comprensión y tu hermosa sonrisa que solo transpira en mí alegría y tranquilidad. Porque a pesar de ser mi madre eres mi amiga y confidente. Gracias por hacerme la mujer que ahora soy fuerte y decidida como tú. Eres grande como una montaña y sueva como pluma de ave. Te amo mi gran señora.

A mis hermanos Francisco, Juan Jesús y Valeria Lira Leal, quienes con toda su alegría y cariño siempre han estado conmigo en todo el camino de sus pequeñas vidas. Porque juntos nos hemos visto crecer y ahora les está tocando ver a su hermana mayor convertirse en una persona que ha terminado una etapa importante en su vida y que sé que soy un orgullo para mis pequeños y yo igual estoy orgullosa de ustedes por su gran corazón y por siempre tenernos confianza y ser los cuatro hermanos más inseparables del mundo que siempre estaremos el uno para los otros apoyándonos en cada momento porque ahora soy yo pero próximamente serán ustedes, los adoro pequeños demonios. Porque aún nos queda mucho por vivir y aunque mi vida cambie siempre estaré para ustedes apoyándolos incondicionalmente. Gracias por su apoyo en este trabajo porque no se me olvida que aunque no quisieran nos íbamos a campo y me los ponía a trabajar. Los ama por siempre su hermana Gaby.

Con amor cariño y respeto a mis abuelos el Negro Lira y don Chucho Leal que me protegen y bendicen mi camino desde el cielo. A mi abuelita Mago por el silencio, su mirada y el apretón de mano que me da cada que voy a verla, porque sé que con eso ella me bendice y me desea lo mejor. A mi abuelita Lupe por su sinceridad y por siempre decirme que me cuide y le eche ganas, por todas sus bendiciones.

A toda mi familia Lira Vásquez y Leal Ramírez. Los amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.** Mi casa de estudios, mi Alma Terra Mater. Por cobijarme en tus grandes aposentos de enseñanza en estos cinco años de carrera. Porque soy orgullosamente un buitre de la Antonio Narro que llevará en alto y sin defraudarte tu hermoso nombre querida escuela.

**Al Departamento Forestal.** Personal académico que fueron mis maestros de los cuales tuve enseñanzas y apoyo en todo lo largo de mi carrera y al personal administrativo que de igual forma siempre hubo apoyo de su parte.

**Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga.** Por todo el apoyo que me brindo en todo el transcurso de la elaboración de mi tesis, por ser un factor importante en mi formación profesional. Por su ayuda, su disposición y su tiempo brindado regalándome experiencias y conocimientos al tenerlo como asesor. Por ser un gran ejemplo a seguir y porque en un futuro seguir contando con su apoyo.

**Al M.C. Héctor Darío González López** Porque a pesar que no tuve el gusto de compartir conocimientos en clase con usted, le tocó ayudarme en el último paso de mi carrera de buena manera apoyándome asegurándose de que este trabajo de tesis fuera realizado correctamente.

**Al Ing. Sergio BrahamSabag.** De que igual manera por su colaboración en la realización de la tesis con su amplio conocimiento y disponibilidad para aclarar cualquier duda.

**A mis compañeros de generación.** Por compartir diferentes experiencias juntos a lo largo de nuestra carrera profesional apoyándonos compartiendo alegrías, aventuras y estrés universitario. En especial a Judith, Brianda, Jorge Palma, Enrique, Juan Peña, Nazareth.

**A mis amistades de Saltillo.** Xiomara Garza, DianeyMinor, Helena Olivares, Begoña Bada por apoyarme en cada momento de mi estancia en Saltillo y por hacerme sentir siempre en familia y jamás dejarme sola.

**A mis amigos de antaño.** Mis hermanos de la secundaria Lawrence, Ricardo, Camilo, José Luis y Pablo, mis hermanas de la prepa Katia, Johanna, Jennifer, Martha, Naomi y Yareli. Y mis amigos en general María Fernanda, Malú, José Manuel y Eduardo por su apoyo incondicional y su buena vibra.

**A mi mejor amiga.** Aracely García Bravo porque más que agradecimiento es un orgullo compartir este trabajo contigo por todas nuestras metas juntas te amo incondicionalmente doy gracias por encontrarte en mi camino y hacernos amiga hermanas.

**A la Ing.Nattlely Colmenares Joachin.** Por ayudarme y ser parte importante de mi trabajo de campo para lograr mi tesis.

**Al ing. Jairo Ruíz.** Por su ayuda y apoyo.

**Al Ing. Adrián y Jonathan Hernández Ramos.** Por su apoyo y ayuda en este trabajo y tener tiempo para cualquier duda a pesar de la distancia siempre estuvieron a mi lado.

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS .....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
III. REVISION DE LITERATURA .....	4
3.1 Evaluación de plantaciones .....	4
3.2 Descripción de la especie .....	4
<i>Cedrela odorata</i> Lamb. ....	4
3.2.1 Importancia .....	4
3.2.2 Ecología.....	5
3.2.3 Distribución .....	6
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ....	6
3.2.4 Importancia .....	6
3.2.5 Ecología.....	7
3.2.6 Distribución .....	8
3.3 Trabajos afines.....	8
IV. METODOLOGÍA.....	9
4.1 Descripción del sitio .....	9

4.2 Metodología .....	11
4.3 Diseño de plantación.....	11
4.4 Muestreo .....	12
4.5 Recolección de datos.....	12
4.6 Evaluación Supervivencia .....	14
4.7 Calculo de volumen.....	14
4.8 Análisis estadísticos.....	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
5.1 Supervivencia.....	16
5.1.2 Significancia en los factores especie y topografía .....	17
5.2 Diferencia de significancia entre variables .....	18
5.2.1 Interacciones entre especie y topografía .....	20
5.2.1.1 Altura .....	20
5.2.1.2 Diámetro normal .....	21
5.2.1.3 Diámetro basal .....	23
5.2.1.4 Cobertura de copa.....	24
5.2.1.5 Altura del fuste limpio .....	25
5.3 Crecimiento y productividad .....	26
5.4 Porcentajes de calidad de fuste. ....	28
5.5 Correlación.....	30
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES .....	33
VIII. LITERATURA CITADA.....	34
IX. ANEXOS .....	37

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Porcentaje de sobrevivencia a nivel de toda la plantación.	16
Cuadro2.	Significancia en especies y topografía en la variable de sobrevivencia.	17
Cuadro 3.	Nivel de significancia de las diferencias entre variables.	19
Cuadro 4.	Interacción con medias y desviación estándar de la variable altura.	20
Cuadro 5.	Interacción con medias y desviación estándar de la variable diámetro normal.	22
Cuadro 6.	Significancia del diámetro basal en los factores de especie y topografía.	23
Cuadro 7.	Cobertura de copa m <sup>2</sup> en el factor especie.	24
Cuadro 8.	Altura de fuste limpio en los factores especie y topografía (cm).	25
Cuadro 9.	Volumen promedio en metros cúbicos por árbol por tipo de pendiente.	26
Cuadro 10.	Volumen promedio por especie en metros cúbicos de los árboles muestreados.	27
Cuadro 11.	Cuadro final de metros cúbicos por hectárea por año.	28
Cuadro 12.	Porcentaje por cada factor de calidad de fuste.	29
Cuadro 13.	Correlación de Pearson grosor de la primera rama, volumen, índice de calidad de fuste.	30

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación del predio	11
Figura 2	Significancia de sobrevivencia en el factor especie (%).	17
Figura 3	Significancia de sobrevivencia en el factor topografía (%).	18
Figura 4	Altura de los arboles por especie y topografía.	21
Figura 5	Diámetro normal de los arboles por especie y topografía.	22
Figura 6	Significancia de diámetro basal en el factor especie (cm).	23
Figura 7	Significancia de diámetro basal en el factor topografía (cm).	23
Figura 8	Cobertura de copa m <sup>2</sup> en el factor especie.	24
Figura 9	Altura de fuste limpio en el factor especie (cm).	25
Figura 10	Altura de fuste limpio en el factor topografía.	26

## RESUMEN

En el presente estudio se realizó una evaluación integral de una plantación de 5 años de edad, estimando sobrevivencia, productividad y calidad de la primera troza para las especies de *Gmelinaarborea*Roxb (melina) y *Cedrelaodorata*Lamb. (cedro), para la región del Papaloapan en el estado de Oaxaca. Se utilizó un muestreo sistemático diferenciándolo en las dos clases de pendiente del terreno a una intensidad de muestreo del 0.05%. Donde se obtuvo que la especie de *Cedrelaodorata* presenta una sobrevivencia del 79.26% mientras que *Gmelinaarborea* un 53.37%. La altura y diámetro normal presentaron alta significancia en la interacción de especie con topografía. *Gmelinaarborea* mostró un mayor diámetro, altura, diámetro basal, cobertura de copa en relación a *Cedrelaodorata* que fue mayor en sobrevivencia y altura del fuste limpio, lo cual puede ser una variante indicativa que el cedro pueda tener una mayor calidad en producto. La productividad anual para melina fue en la parte con pendiente  $5.16\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$  y en la parte plana  $7.55\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ , el cedro  $1.74\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$  y  $2.43\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$  indicándonos que la melina tiene mayor productividad anual sin importar el tipo de terreno; aunque para la calidad del fuste la especie de *Cedrelaodorata* tiene una mayor calidad del fuste.

A pesar que la melina presento mayor productividad a 5 años de edad, el cedro al tener mayor sobrevivencia y mejor calidad del fuste limpio, al paso de los años puede que este pueda rebasar la productividad de la melina y esta se quede estancada, debido a la ecología y procedencia de las especies.

Palabras clave: calidad del fuste limpio, plantación mixta, sobrevivencia. *Gmelinaarborea*, *Cedrelaodorata*.

## ABSTRACT

In this study, an integral evaluation was made a 5 years old plantation, estimating survival, growth and quality of the first log of the species *Gmelina arborea* Roxb (melina) and *Cedrela odorata* Lamb. (cedro) for the region Papaloapan in the state of Oaxaca. A systematic model was used making it unique in the two classes of slope at a sampling intensity of 0.05% . Where it was found that the species of *Cedrela odorata* has a survival of 79.26% while *Gmelina arborea* has a 53.37%. The average height and diameter showed high significance in species interaction with topography. *Gmelina arborea* showed a greater diameter, height, basal diameter, crown coverage compared to *Cedrela odorata* which was higher in the survival and height and clear bole, which may be an indicative variant that cedro can have a higher quality product. The annual productivity for melina was with slope in the part 5.16m<sup>3</sup>/ha/year and the flat part 7.55m<sup>3</sup>/ha/year, for Cedro was 1.74m<sup>3</sup>/ha/year and 2.43m<sup>3</sup>/ha/year, it shows us that melina has higher annual productivity regardless of the type of terrain; although for stem quality *Cedrela odorata* species has a higher stem quality.

Even though the higher productivity that melina presented at 5 years old, cedar, having higher survival and better quality of clear bole, over the years this might be exceeding the productivity of the melina species and this will remain stagnant due to ecology and provenance.

Key words: quality clear bole, mixed plantation, survival, *Gmelina arborea*, *Cedrela odorata*.

## I. INTRODUCCIÓN

La creciente tasa de deforestación en los países tropicales y la consecuente disminución de la oferta de productos forestales ha sido una de las razones para el establecimiento de políticas gubernamentales que incentivan el establecimiento de plantaciones forestales, integrando los árboles a los demás sistemas de producción. (Chambers y Leach 1990)

Algunos trabajos demuestran que las plantaciones con especies nativas presentan un mayor potencial para acelerar los procesos de recuperación de la biodiversidad en áreas degradadas. Las plantaciones mixtas, en comparación con las plantaciones puras, promueven la regeneración de una mayor diversidad de especies en el sotobosque, al crear una mayor variabilidad de hábitats y microclimas que favorecen a los dispersores de semillas, frutos, etc. y adaptabilidad de especies para la germinación y crecimiento. (Montagnini, 2001).

Con el fin de solucionar los problemas ambientales, sociales y económicos causados por la pérdida de cobertura boscosa, han surgido una gama de mecanismos tradicionales e innovadores que incentivan inversiones y nuevas prácticas en el sector forestal, por ejemplo las prácticas de forestación y reforestación. (Leach,1990).

Las plantaciones forestales en los últimos años han captado atención a nivel nacional debido a su capacidad para producir diferentes productos y servicios ambientales, resaltando la producción de madera, conservación del agua y protección del suelo. (FONAM, 2007).

En México la superficie con plantaciones forestales comerciales aproximadamente 224,350 hectáreas (ha) de plantaciones comerciales y el 68% en las regiones tropicales. Oaxaca ocupa el 6.6%. Entre las más utilizadas se encuentra *Cedrela odorata* con el 23.3% y *Gmelina arborea* 12.8%. (CONAFOR,2014).

Nuestro país tiene potencial para el establecimiento de Plantaciones forestales comerciales (PFC) debido que pueden mejorar el escenario de la balanza comercial en productos forestales incrementando la superficie y la productividad de PFC. Con respecto a las plantaciones comerciales los mecanismos clásicos son incentivos forestales para estimular la inversión en dichas actividades. (Leach,1990).Después de países como Brasil, Chile, Colombia, y Paraguay, México es el siguiente país atractivo para la inversión en PFC. (COLPOS, 2011).

Las plantaciones forestales se refieren a las posibilidades para contribuir con el desarrollo forestal nacional y enfrentar problemas estructurales en el país. (Cabrera, 2003).

El gobierno Federal de México a partir del año 2001 junto con la CONAFOR ha sido responsable de administrar apoyos bajo el esquema de operación de ProÁrbol y del programa Prodeplan(Programa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales)(CONAFOR,2011).

Para conocer detalladamente la adaptación de una especie a determinada localidad, se deben evaluar distintos factores ambientales y dasométricos como son el suelo, la precipitación, sobrevivencia, diámetros, altura, sanidad y vigor. Adicional al conocimiento de adaptación de las especies, se debe tomar decisiones para la realización de podas y aclareos los cuales tendrán influencia en la calidad y cantidad de madera. (Torres y Magaña, 2001).

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación de una plantación forestal mixta establecida en un predio privado en el ejido la Reforma en Tuxtepec, Oaxaca. Donde se compara la sobrevivencia, productividad y calidad de fuste de dos especies, las condiciones topográficas y su interacción, así como calcular resultados óptimos de la plantación.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento en volumen por tipo de pendiente, sobrevivencia y calidad del fuste en una plantación mixta (*Gmelinaarborea*Roxby*Cedrelaodorata*Lamb) de 5 años de edad.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la sobrevivencia de *Gmelinaarborea* y *Cedrelaodorata*
- Evaluar el crecimiento en cuanto al volumen producido a una edad de 5 años.
- Evaluar la calidad del producto maderable para aserrío.

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 Evaluación de plantaciones

La evaluación de una plantación consiste en aplicar cierta técnica para recopilar información de alguna o algunas características particulares de importancia. Tal información es sometida a un análisis, que posteriormente se usara para definir apropiadamente un plan eficiente de acciones a realizar en la plantación, tanto en el manejo de la masa arbolada, como en la administración de la misma. (Torres y Magaña, 2001).

El desarrollo de la silvicultura de plantaciones está basado en la productividad y retribuciones económicas que ésta le puede dar a la persona que esté invirtiendo en la plantación. Es por eso que se hace indispensable contar con instrumentos y herramientas que le permitan al silvicultor evaluar a temprana edad, el estado de calidad de una plantación forestal, para ver si se encuentran o no con las metas de producción que se esperaban (Murillo y Camacho, 1997).

La plantación es una de las actividades silvícolas de mayor costo y, por ende, las decisiones silvícolas para realizarlas deben ser las más adecuadas, ya que de lo contrario, el costo para corregir estas deficiencias será muy de mayor precio (Musalem, 2006).

#### 3.2 Descripción de la especie

***Cedrela odorata* Lamb.**

##### 3.2.1 Importancia

El cedro es la especie maderable más importante en la industria forestal de México después de la caoba. Su madera, de características excelentes, es usada para obtener madera aserrada, chapa para láminas de madera uniéndolas entre sí a la que se le conoce como triplay o terciadas, así como para fabricar artículos

torneados para diferentes usos, para cajas y envolturas de puros y esculturas. El uso más frecuente para esta especie por el bello jaspeado de su madera es la fabricación de chapas y madera terciada con fines de exportación. (Pennington y Sarukhan, 1968).

Es la especie más importante y ampliamente distribuida del género *Cedrela*. Su madera tiene alta demanda en los trópicos y ha abastecido el mercado internacional en los últimos 200 años, bajo los nombres de Spanishcedar o West Indiancedar (FUNDECOR, 2001).

Es una especie de madera preciosa que tiene gran demanda y alto potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales en el trópico; pero el principal problema que limita su establecimiento en plantaciones es el barrenador *Hypsiphyllagrandella*(Zeller), plaga que deforma el 100% de los árboles atacados. Causando posibles bifurcaciones en el fuste del árbol(Rodríguez, 2010).

### **3.2.2 Ecología**

Esta especie es muy abundante en la vegetación secundaria de diversas selvas y constantemente protegida ya que se considera una madera preciosa de alto valor. Se desarrolla en suelos de origen volcánico o calizo, siempre que tenga buen drenaje. El cedro alcanza sus mayor crecimiento e incremento en zonas con precipitaciones entre 2500 y 4000 mm anuales; en zonas con precipitación pluvial menor el árbol no desarrolla tan bien y presenta fustes cortos y frecuentemente torcidos. Es muy frecuente en zonas de potreros y zonas de cultivo como árbol sombra. (Pennington y Sarukhan, 1968).

El cedro es una especie pionera longeva que se encuentra en la selva natural y se regenera abundantemente en los claros, en superficies anteriormente cultivadas, bajo dosel ralo en condiciones ambientales favorables. Es altamente susceptible a *Hypsiphyllagrandella*preferentemente se deben de plantar en plantaciones mezcladas y no en plantaciones puras; se debe de tener cuidado de que disponga de suficiente luz desde arriba. Por su rápido crecimiento, los arboles alcanzan en

pocos años grandes dimensiones por lo que las limpiezas y los aclareos se deben de realizar con cuidado para no dañar el sistema radical, el cual es frecuentemente superficial. (Lamprencht, 1990, citado por Rojas, 1995).

### **3.2.3 Distribución**

En Latinoamérica está ampliamente distribuida desde México (latitud, 26° N) hasta el norte del Argentina (latitud 28°S), encontrándose también en las islas del Caribe como Cuba, Isla de Pinos, Martinica, las Antillas ( Gutiérrez y Ricker, 2012). No se reporta en Chile ni en Paraguay (Rodríguez 1980, Patiño 1997).

En México se encuentra en la vertiente del golfo desde el sur de Tamaulipas y sureste de San Luis Potosí hasta la península de Yucatán y en la del Pacífico desde Sinaloa hasta Guerrero y en la depresión central y la costa de Chiapas. ( Pennington y Sarukhan, 1968)

### ***Gmelina arborea* Roxb.**

### **3.2.4 Importancia**

Es una de las principales maderas que se utiliza para la fabricación de diversas pastas papeleras. (Betancourt, 1983).

*Gmelina arborea* Robx es una especie de rápido crecimiento muy utilizada en los trópicos para establecer plantaciones comerciales. (Rodríguez, 2010).

La melina es una de las especies más promisorias para usar en diferentes procesos industriales y en programas de reforestación; en los que por su rápido crecimiento es fuente segura de materia prima (Paillacho, 2010).

Su reciente llegada hace apenas unas décadas atrás, ha sido bien recibida, sobre todo entre los inversionistas forestales, debido entre otras razones a su rápido crecimiento y múltiples formas de aprovechamiento.

La principal cualidad de *Gmelinaarborea*Roxbes su acelerado crecimiento hasta los cinco o seis años de haber sido plantada, ya que cuando alcanza la altura de los ejemplares adultos, su crecimiento se vuelve lento (Obregón, 2005).

### 3.2.5 Ecología

*Gmelinaarborea*Roxb es una especie de rápido crecimiento. Es caducifolia, en las zonas secas, puede llegar a medir 30 metros de altura y presentar más de 80 cm de diámetro. Crece usualmente con un fuste limpio de 6 hasta 9 metros y con una copa cónica (Rojas, et al. 2004).

Esta es una especie ávida de luz, característica de las selvas mixtas deciduas, pero por su extensa área de distribución está presente en numerosos tipos de selvas. Se encuentra mayormente en las selvas de Birmania, asociada con *Tectonagrandis* diversas especies de bambúes, pero a veces, se halla en las florestas siempre verdes y otras en regiones relativamente secas. (Betancourt, 1983).

Esta especie crece de manera natural entre el nivel del mar y los 900 metros de altura sobre el nivel del mar, creciendo favorablemente en zonas de bosque seco tropical, bosque húmedo tropical o bosque muy húmedo tropical, generalmente entre los 24 y 35 grados, en suelos livianos o pesados, de reacción ácida alcalina, ricos en nutrientes y con buenas condiciones de drenaje y luz. (Betancourt, 1983).

En suelos bien drenados crece más rápido y cubre temprano el terreno, dominando a las malezas desde el fin del primer año, porque cuenta con una amplia copa; al cuarto año los ejemplares dominantes miden 15 a 20 metros de altura y 20 cm de diámetro, pero es común que muestren muchos árboles mal formados, principalmente cuando se plantan en suelos de inferior calidad forestal (Cozzo,1995).

### 3.2.6 Distribución

Esta especie tiene un extensa área de distribución natural en las regiones tropicales y subtropicales de Asia el límite occidental del área natural de *G. arborea* es el curso inferior del río Chenab, en Pakistán y se extiende hacia el este y sur por la India, Nepal, Sikkim, Assam, Bangladesh, Sri Lanka, Birmania, Tailandia, Laos, Cambodia y Vietnam hasta las provincias meridionales de China. (Betancourt, 1983).

*Gmelina arborea* se ha introducido y cultivada en numerosos países de África, América. En América su cultivo extenso es Brasil y también fue introducida en Trinidad, Venezuela, Cuba y Belice (Betancourt, 1983).

### 3.3 Trabajos afines

Piotto (2001) en su trabajo de investigación de comportamiento de las especies y preferencia de los productores en el país de Costa Rica, hace una evaluación de diferentes plantaciones con diferentes especies tropicales, se investigó la sobrevivencia de *Gmelina arborea*; nos muestra resultados en sobrevivencia con un 59.5 % siendo la especie más baja en porcentaje, en cambio para crecimiento esta especie tuvo el mejor desarrollo en centímetro por año de 2.90 Incremento medio anual en diámetro (IMADAP) donde se destaca que son las más productivas, en la forma de sinuosidad mostró que un 86.2 % de los árboles tienen sus fustes rectos un 12.2% poco sinuosos y un 1.6% sinuoso y un porcentaje de bifurcación de 0.8%. Donde *Gmelina arborea* siendo una especie exótica estuvo en las cuatro mejores especies desarrolladas en la plantación.

Verdugo (2011) en su trabajo de investigación de sobrevivencia y crecimiento de *Acacia mangium* de diferentes procedencias, hace la evaluación de su especie utilizando la metodología de Murillo (2003) utilizada para evaluaciones de plantaciones tropicales comerciales con calidad de la primera troza y se

encontraron valores de diámetros más altos sin embargo también se encontró la calidad de la primera troza, la sinuosidad y la bifurcación fueron las de mayor porcentaje. En dos sitios establecidos la variable de altura mostró un promedio de 4.8 m en el sitio 1, en el sitio 2 tuvo 6.1 m; en la variable de diámetro a la altura de pecho (DAP) tuvieron un promedio de 6.1 cm y 4.7 cm, en la variable de calidad de la primera troza tuvieron un promedio de 35.6% Y 45.9%, en la variable de sinuosidad tuvieron 43% Y 31%, en la variable de bifurcación tuvieron un promedio de 27.0% y 8.68% y por último la variable de sobrevivencia tuvo un promedio de 94% y 93%. Con esto se observa la importancia en realizar este tipo de metodología es de importancia realizarse en las plantaciones comerciales tropicales.

Alice *et al.* (2004), realizaron un estudio para determinar la productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales en Costa Rica. Donde comentan que las plantaciones puras y mixtas con especies nativas tienen potencial para recuperar los terrenos; las plantaciones mixtas en comparación con las puras promueven más la regeneración de una mayor diversidad de especies en el sotobosque. El estudio comprende de 3 plantaciones con 12 especies nativas en plantación pura y mixta. El objetivo fue determinar la productividad. Se comparó el crecimiento de las especies. En los resultados mostraron que los volúmenes más altos por hectárea se encontraron en la plantación mixta de 3 especies *Vochysiaguatemalensis*, *Jacaranda capaia* y *Calophyllumbrasilensis*. La *V. guatemalensis* resultó significativamente superior a las otras especies en condiciones puras y mixtas. El tratamiento de plantación mixta fue superado o no representó diferencias significativas con tratamientos de plantación pura. Muchas especies respondieron positivamente a la condición mixta, esta se puede considerar como otra alternativa viable en términos de producción y con mejores resultados para la recuperación de terrenos degradados.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 Descripción del sitio

Este trabajo se realizó en el estado de Oaxaca, municipio de San Juan Bautista Tuxtepec en ejido de la Reforma en una propiedad privada donde la plantación se ubica en una ladera con exposición sureste con pendiente de 30% y otra parte plana.

Las coordenadas de la plantación son  $17^{\circ} 56' 32''.1$  N,  $96^{\circ} 03' 26''.9$  W, una altitud de 70 metros sobre el nivel del mar. El sitio de la plantación se encuentra ubicado en la cuenca del río Papaloapan en la subcuenca del río Obispo.

El clima se caracteriza por ser tropical cálido – húmedo o Af en la nomenclatura de Köppen con abundantes lluvias en verano (93.41%), cálido húmedo con lluvias todo el año (3.48%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano (3.11%), con un rango de temperatura de 24 a 28°C y un rango de precipitación que oscila entre los 1500 a los 3500 mm. Los suelos dominantes del terreno son los leptosoles suelos profundos arcillosos de color negro a rojizo. (INEGI,2014).

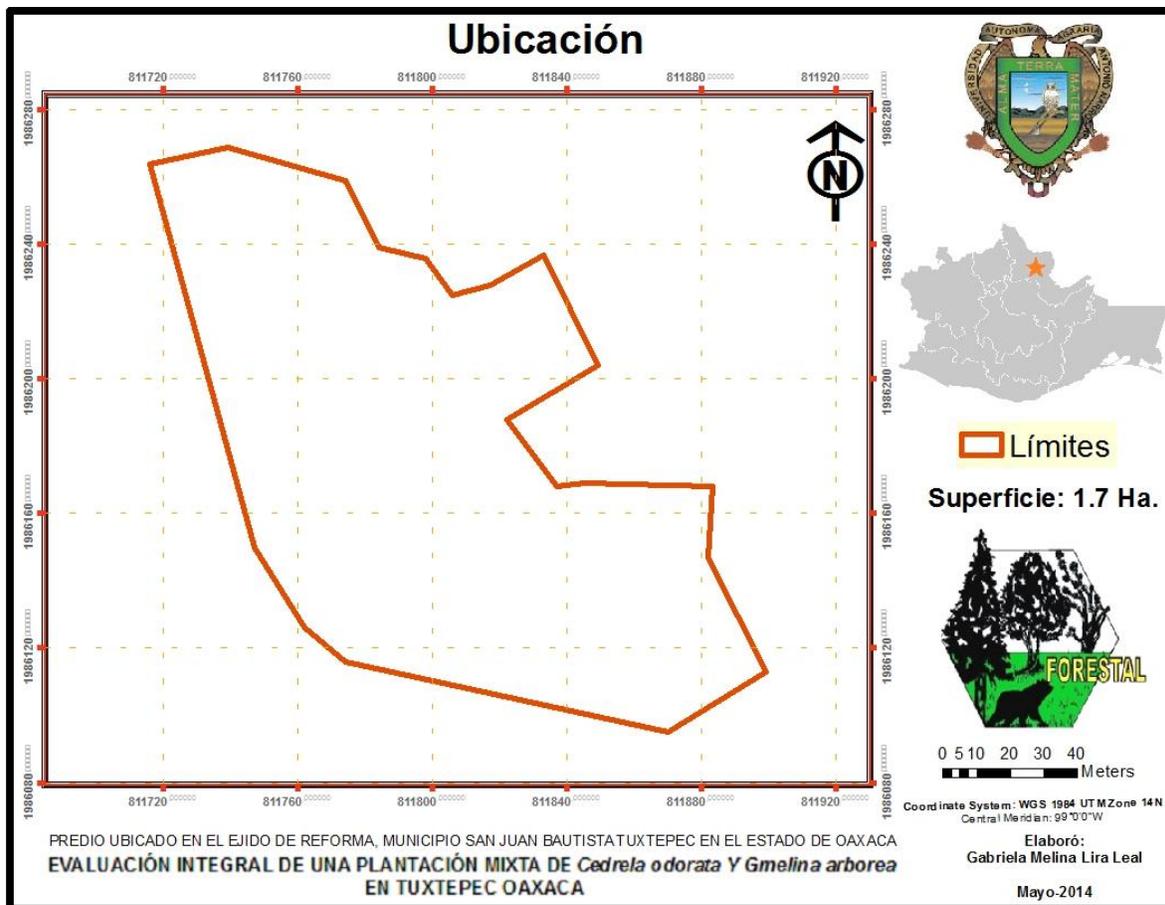


Figura 1: mapa de ubicación del predio.

## 4.2 Metodología

La plantación se localiza propiedad privada de un ejidatario poseedor de estas tierras. Se realizó con apoyo de ProÁrbol con el propósito poseer una plantación comercial establecida en el terreno el cual tuvo a su disposición técnicos forestales que la establecieron. Este trabajo mostrará resultados a sus 5 años de haberse establecido.

## 4.3 Diseño de plantación

La plantación fue realizada el año de 2008 a principios del mes de junio y para su establecimiento se hicieron curvas a nivel en sentido de la pendiente paralelas con

un sistema de plantación a tresbolillo y una separación de 3 metros entre hilera por 3 metros entre árbol. Intercalando las hileras con las dos especies. La plantación se encuentra en dos tipos de terreno uno con pendiente y con parte plana.

#### **4.4 Muestreo**

Se determinó que el sistema de muestreo sería sistemático por hilera; el cuál iba a tener una intensidad de muestreo de 0.05% para las dos partes del terreno.

Para llegar a obtener los árboles a muestrear se desarrollaron los siguientes pasos:

1. Se contaron las hileras que existen en toda la plantación las cuales se dividieron las que pertenecen a la parte con pendiente del terreno y la parte plana.
2. Se obtuvo el número total de individuos que existen en la plantación, vivos y muertos; contando por hileras el total de árboles que existe.
3. Teniendo el total de árboles de la plantación se sacó el número de árboles a muestrear esto por hilera, con la intensidad muestreo.
4. Una vez obtenido el número total de árboles vivos y muertos por hilera y el número total de árboles a muestrear por hilera, se dividieron para obtener cada cuantos árboles se iban a medir las variables por toda la hilera.
5. En el espaciamiento de los árboles y el que tocaba se encontraba muerto, solo se anotaba como tal.

#### **4.5 Recolección de datos**

En la plantación se midieron las siguientes variables:

Estas variables solo se medían si el árbol estaba vivo y si estuviera muerto solo se anotaba como tal.

- a) Altura del fuste limpio. Esta variable se midió con una pistola haga desde la base del fuste hasta donde empieza la primera rama de la copa del árbol.
- b) Altura total. Esta variable se midió con una pistola haga hasta la parte más alta del árbol.
- c) Diámetro normal. Esta variable se medió con una cinta diamétrica a la altura del pecho o a 1.30 metros de altura con sus diferentes variables dependiendo de la forma del árbol.
- d) Diámetro basal. Esta variable se midió con una cinta diamétrica a la altura de 0.30 metros de altura.
- e) Cobertura de copa. Esta variable se midió con una cinta métrica sacando dos medidas de la parte este y oeste del árbol y la parte norte y sur del árbol hasta donde termine la última rama y hoja del árbol para sacar el promedio y tener la cobertura de la copa.

Para evaluar las variables de calidad de fuste, se utilizó la metodología de Murillo (2003). Utilizada en el instituto Tecnológico de Costa Rica, en la evaluación de plantaciones forestales comerciales. La cual consiste solo en visualizar las características de la troza que tiene valor comercial y determinar una valoración en base a la calificación obtenida antes observada. La calificación que se le dio a las siguientes variables fueron 1 si este existía y 2 si no existía.

- f) Grosor de la primera rama. Esta variable se midió con una cinta diamétrica o con un vernier dependiendo del grosor que este tenga y cual pueda ser más cómodo al momento de obtener el dato.
- g) Estado de fitosanitario. (plagas, enfermedades). Aquí solo se determinará si existe o no existe este tipo de estado de forma visual. Y este se anotara con un 1 si tiene y un 2 si no tiene.
- h) Formación del árbol:

*Sinuosidad.* Donde se visualiza el grado de sinuosidad donde en tal caso se observó si el árbol se encontraba sinuoso o si presentaba fuste recto.

*Inclinación del fuste.* Dependiendo la pendiente de la plantación con respecto al eje vertical imaginario este no debería de superar los 30°.

*Bifurcación.* Es la que presenta el ápice dominante del árbol.

#### **4.6 Evaluación Sobrevivencia**

Para la sobrevivencia se contaron todos los árboles establecidos en la plantación inicialmente y el total de los árboles vivos a los cinco años de establecida. La fórmula usada fue:

$$\% \text{ Sobrevivencia} = \frac{\text{numero de plantas vivas}}{\text{numero de plantas establecidas}} \times 100$$

#### **4.7 Calculo de volumen**

Para poder obtener el volumen total de la troza del árbol se utilizó la fórmula de Smalian:

$$\text{Volumen} = \frac{(S1+S2)}{2} * l$$

S1 = área basal del diámetro menor, que en este caso fue el diámetro basal obtenido en campo al cual solo se sacó su área basal.

S2 = área basal del diámetro mayor en este caso fue el diámetro del tronco hasta donde se tomó la altura del fuste limpio, como no se contaba con este dato sacado de campo se obtuvo sacando un formula de interpolación con una relación la cual fue:

$$\text{DFL} = (\text{DN}) - ((\text{DB} - \text{DN}) / (1.3 - 0.30)) * (\text{HFL} - 1.3)$$

DFL: diámetro del fuste limpio

DN: diámetro normal

DB: diámetro basal

HFL: altura del fuste limpio.

Obteniendo los resultados de esta fórmula se sacó su área basal.

L = altura del fuste limpio, la cual se obtuvo en las mediciones de campo.

Ya después se aplica la fórmula para cada uno de los árboles y así obtener el promedio de volumen por árbol para su análisis.

#### **4.8 Análisis estadísticos**

Una vez capturados los datos en Microsoft Excel se agruparon por hilera cada variable que se midió en campo, la cual fuera requerida para su análisis, de manera que fuera más fácil ser analizados en el paquete estadístico StaticalAnalisisSystem (SAS) versión 9.0.

Se obtuvieron las diferencias en interacciones de sobrevivencia, entre especie y topografía utilizando los procedimientos de análisis de varianza ANOVA y GLM; con estas variables se obtuvieron las medias por hilera, estas fueron comparadas utilizando pruebas de medias de Tukey para mostrar diferencia de las variables analizadas. Con esto obtener el comportamiento de las variables de las especies y obtener diferencias en las dos clases de terreno de la plantación.

Se hizo la correlación de Pearson en SAS donde se utilizaron las variables como de calidad del fuste, volumen, altura de fuste limpio grosor de la primera rama especie y topografía. Obteniendo el valor de correlación y el nivel de significancia. Haciendo la correlación se quiere obtener si estas variables tienen entre sí alguna igualdad y como pueden perjudicarse o favorecerse entre cada una.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Supervivencia

Con respecto a la supervivencia las diferencias resultaron altamente significativas para el factor especie y el factor topografía. La supervivencia en las dos especies se muestra en el cuadro 1. El cuadro 2 muestra la supervivencia por topografía, las gráficas 1 y 2 muestran los mismos resultados.

La especie con mayor supervivencia fue *Cedrelaodorata* con un 79.26% de los árboles inicialmente plantados mientras *Gmelinaarborea* tuvo un porcentaje de supervivencia de 53.37%.

Esto probablemente se debe a que *Cedrelaodorata* es nativa de la región y está más adaptada al clima y al suelo por lo que es más propensa a tener una mayor supervivencia ya que es el tipo de suelo en el que se desarrolla con todas las características ambientales a pesar que tenga un crecimiento más lento. Como mencionan Pennington y Saharukanal tener las condiciones del terreno aptas al igual que la precipitación, indica que son similares las condiciones que ellos mencionan a las que tiene el terreno de la plantación por lo tanto su supervivencia fue de un mayor porcentaje.

La melina siendo una especie exótica, aunque muy utilizada en plantaciones a nivel mundial, en México por no ser nativa no se adapta totalmente y esta sería la causa de que su porcentaje de supervivencia sea bajo. Con estos resultados comparamos que *Gmelinaarborea* desarrollo de igual forma que el estudio que realizó Piotto en Costa Rica donde al igual que esta evaluación esta tuvo el menor porcentaje en supervivencia y el cuál le atribuyó que la especie es exótica.

Cuadro 1. Porcentaje de supervivencia a nivel de toda la plantación

<b>Especie</b>	<b>% supervivencia</b>	<b>Número de árboles</b>
<b><i>Cedrelaodorata</i></b>	79.26	897
<b><i>Gmelina arbórea</i></b>	53.37	830

### 5.1.2 Significancia en los factores especie y topografía

En el cuadro 2 y figuras 1 y 2 se dan las significancias de los factores por separado mostrados en el cuadro 2 donde se observan como fue el desarrollo por cada variable para factores por separado.

Los resultados se presentan usando claves que significan lo siguiente:

E1 especie 1 (*Cedrela odorata*); T1 topografía 1 (con pendiente); E2 especie 2 (*Gmelina arborea*) y T2 topografía 2 (sin pendiente).

Cuadro 2. Significancia en especie y topografía en la variable sobrevivencia.

<b>Sobrevivencia</b>			
<b>Especie</b>		<b>Topografía</b>	
<b>Especie</b>	<b>%</b>	<b>Topografía</b>	<b>%</b>
<b>E1</b>	87.036	<b>T1</b>	69.59
<b>E2</b>	60.483	<b>T2</b>	80.2

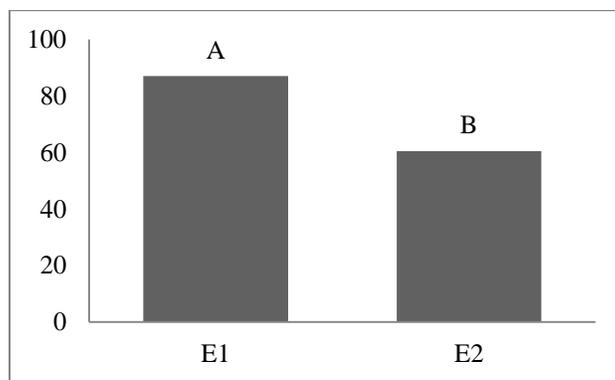


Figura 2: Significancia de sobrevivencia en el factor especie (%).

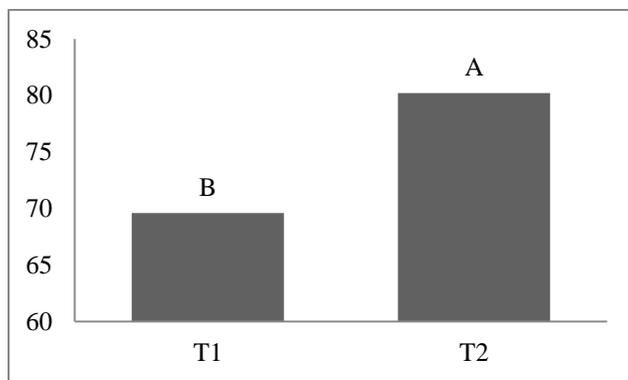


Figura 3: Significancia de supervivencia en el factor topografía (%).

El factor especie siguió demostrando que la especie de *Cedrela odorata* sin importar la pendiente del terreno este tuvo un mayor porcentaje de supervivencia. Con lo que se sigue atribuyendo a lo que Pennington y Saharukan nos dicen.

El factor topografía mostró diferencias altamente significativas en cuanto a supervivencia, en el terreno con pendiente arrojó un porcentaje de supervivencia de 70% prácticamente mientras en el terreno plano incremento el porcentaje al 80% de supervivencia.

Esto probablemente porque el terreno plano es más profundo y ofrece una mayor disponibilidad de agua, nutrientes y de espacio para el crecimiento de la raíz. Esto se puede comprobar con el hecho del crecimiento en altura y diámetro normal fue siempre mayor en el terreno plano. Figuras 4 y 5.

## 5.2 Diferencia de significancia entre variables

El cuadro 3 presenta el nivel de significancia de las diferencias entre variables medidas a nivel de especie, topografía y entre la interacción de especie con topografía.

Cuadro3. Niveles de significancia de las diferencias entre variables.

VARIABLE	FACTOR		
	ESPECIE	TOPOGRAFÍA	SP* TOPO
Sobrevivencia	AS	AS	NS
Altura	AS	AS	S
Diámetro basal	AS	S	NS
Diámetro normal	AS	S	S
Cobertura de copa	AS	NS	NS
Altura de fuste limpio	S	S	NS

NS: no existió diferencia significativa, S la diferencia fue significante, AS la diferencia fue altamente significativa.

En cuanto a las diferencias para la variable *sobrevivencia*, el factor especie y el factor topografía fueron altamente significantes, pero la interacción entre ambos factores no fue significativa. Las especie por sus condiciones ecológicas son diferentes por lo tanto no interactúan entre ellas y no dependen del todo en cuanto a pendiente del terreno en cuanto a su sobrevivencia.

Para la variable de *altura*, la interacción entre especie y topografía fue significativa. Estos resultados indican que las especies en las dos topografías van interactuando en su crecimiento en altura.

Para la variable de *diámetro basal*, las diferencias entre las medias en cuanto al factor especie fueron altamente significativas, para el factor topografía fueron significativas y la interacción de especie con topografía no presento significancia. Esto demuestra que solo en una especie de acuerdo a su fisiología y etapa de desarrollo y crecimiento puede seguir aumentando y la otra ya se quedó estancada.

Para la variable de *diámetro normal*, la interacción de especie y topografía fue significativa. Estos resultados indican que las especies en las dos topografías estas siguen aumentando su diámetro.

Para la variable de *cobertura de copa*, sólo el factor especie mostro diferencias altamente significativas. Con estos resultados podemos ver que ahora una de las especie deo de crecer y ahora ésta se desarrolla aumentando su cobertura de copa.

Las diferencias para la variable de *altura de fuste limpio* la especie y la topografía pero fueron significativas, pero no en la interacción. Con estos resultados no dice que se vienen haciendo autopodas en una especie la cual sigue creciendo y la que ya alcanzo su crecimiento ahora está incrementando en ramas.

### 5.2.1 Interacciones entre especie y topografía

De acuerdo al cuadro 3 utilizandoprueba de separación de medias de Tukey se compararon interacciones de las variables de, altura, diámetro normal, que fueron significativas observando las medias de ellas y su desviación estándar.

#### 5.2.1.1 Altura

Con respecto a la altura de los árboles, en el cuadro 4 se muestra la interacción de especie\*topografía que fue significativa; se obtuvieron sus medias y desviación estándar para comparar.

Cuadro 4. Interacción con medias y desviación estándar de variable altura.

<b>Altura</b>			
<b>sp*topo</b>	Media	Desv estandar	Promedio de la especie.
<b>E1,T1</b>	365.89	±76.84	
<b>E1,T2</b>	400	±100.88	382.945
<b>E2,T1</b>	643.16	±73.26	
<b>E2,T2</b>	837.5	±190.88	740.33

Además se presentan graficas representativas de los diferentes niveles de interacción mostrando su desempeño. (Figura 4). Basada en el cuadro 4.

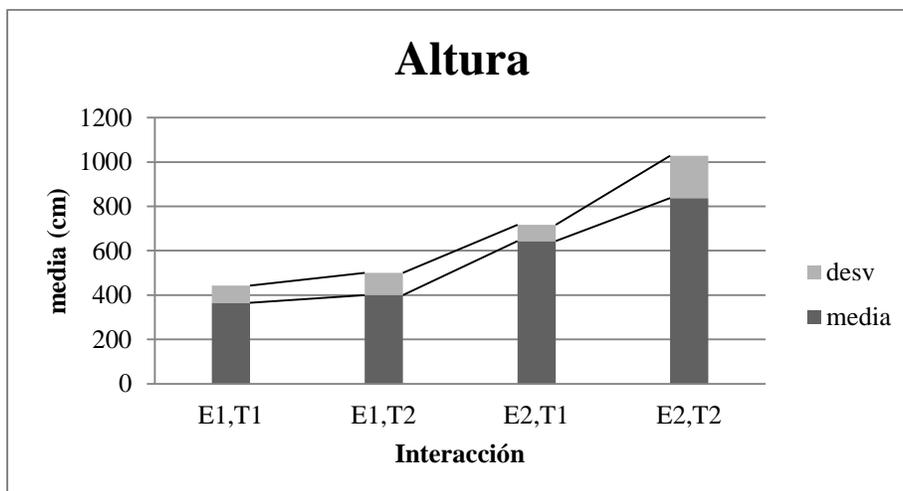


Figura 4: Altura de los árboles por especie y topografía.

En esta figura se observa que el terreno plano muestra la mayor altura siendo la especie 2 que es (*Gmelinaarborea*) altura de 8 metros con diferencia hasta en un 100% que la especie 1 (*Cedrelaodorata*) con una altura de 4 metros.

Este resultado se debe a los patrones de crecimiento de la especie la cual es de rápido crecimiento y esta se desempeña igual en los dos tipos de terrenos.

#### 5.2.1.2 Diámetro normal

Con respecto al diámetro normal de los árboles, en el cuadro 5 se muestra la interacción de especie\*topografía que fue significativa; se obtuvieron sus medias y desviación estándar para comparar.

Cuadro 5. Interacción con medias y desviación estándar de la variable diámetro normal.

<b>Diámetro Normal</b>			
<b>sp*topo</b>	Media	Desv.	Promedio de especie.
<b>E1,T1</b>	51.87	±14.07	52.12
<b>E1,T2</b>	52.37	±15.68	
<b>E2,T1</b>	116.08	±29.88	133.995
<b>E2,T2</b>	151.91	±28.2	

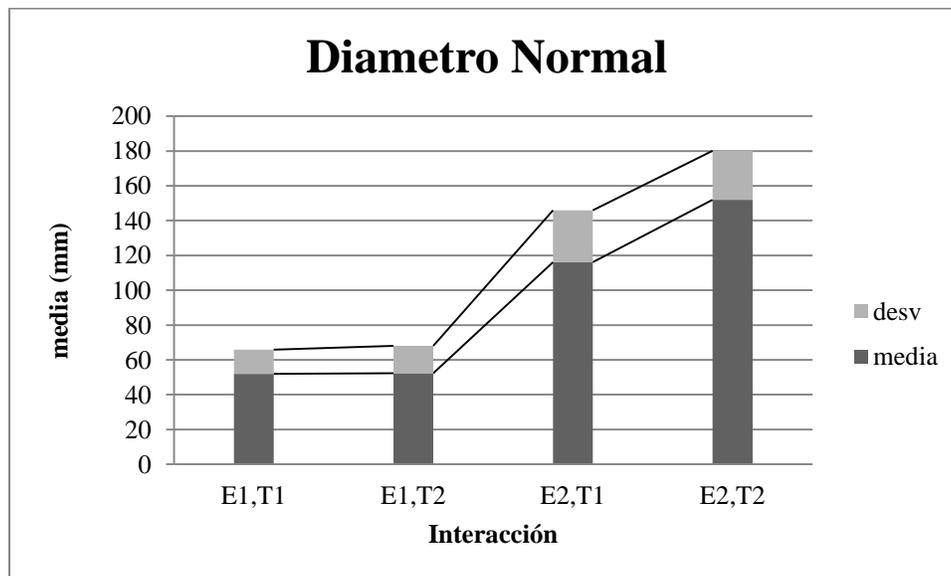


Figura 5: Diámetro normal de los árboles por especie y topografía.

De igual forma en el diámetro normal la melina tiene un mayor diámetro en las dos clases de topografía doblando los diámetros que presenta el cedro, cuyo diámetro no varía en las dos clases de topografía.

Esto surge al ver las características de la especie y es así como se están desarrollando esto se atribuye a las características del terreno donde el terreno plano favorece a las dos especies con los diferentes factores ecológicos y ambientales que hacen que su altura y diámetro tengan interacción entre la

especie y el terreno. El terreno plano incrementa la altura y diámetro normal en *Gmelinaarborea*.

### 5.2.1.3 Diámetro basal

Cuadro 6. Significancia del diámetro basal en los factores de especie y topografía.

<b>Diámetro Basal</b>			
<b>Especie</b>		<b>Topografía</b>	
<b>Especie</b>	<b>cm</b>	<b>Topografía</b>	<b>cm</b>
<b>E1</b>	7.988	<b>T1</b>	12.806
<b>E2</b>	18.746	<b>T2</b>	13.400

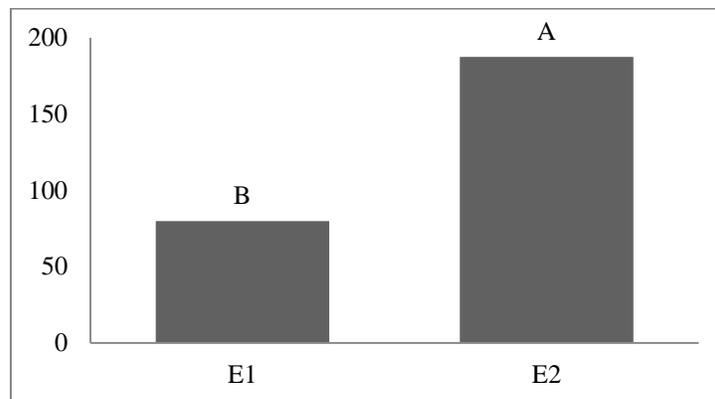


Figura 6: Significancia de diámetro basal en el factor especie (cm).

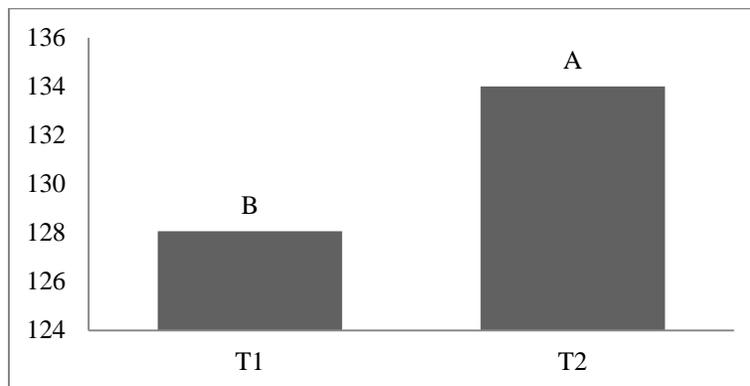


Figura 7: Significancia de diámetro basal en el factor topografía (cm).

Diámetro basal proporcional al diámetro normal lo que se demuestra en la figura 6 y 7 que la especie *Gmelina arborea* melina, sigue teniendo una mayor significancia en topografía y especie. El terreno plano favorece el incremento del diámetro basal en ambas especies.

#### 5.2.1.4 Cobertura de copa

Cuadro 7: Cobertura de copa m<sup>2</sup> en el factor especie

Cobertura de Copa	
Especie	
Especie	M <sup>2</sup>
E1	1.6021
E2	5.7455

En la variable cobertura de copa solo fue significativo en el factor especie por lo tanto indica que la cobertura no cambia en las dos diferentes clases de topografía.

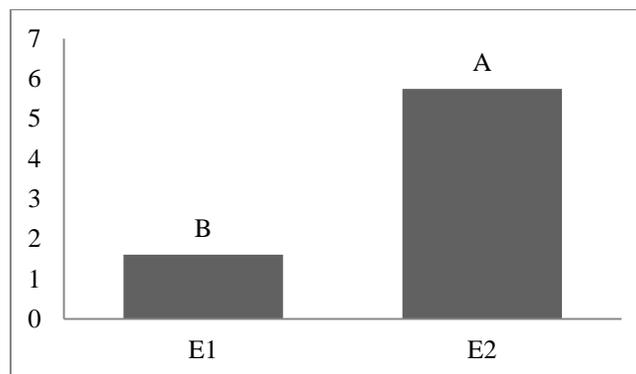


Figura 8: Cobertura de copa m<sup>2</sup> en el factor especie.

Como se puede observar para este factor de cobertura de copa, la especie 2 (melina) triplica de aproximadamente 6 metros cuadrados de cobertura a los 2 metros cuadrados a la cobertura de la especie 1 a la edad de 5 años lo que puede significar que esta especie cubre completamente la superficie ya que sus ramas al

tener esa cobertura ya se estarían interceptando con las del árbol vecino, por lo tanto recibe un 90% de la luz ya es total. Así podemos decir que la especie melina es una posible protectora de terrenos degradados donde su cobertura de copa indica protección contra la erosión del terreno. Como Alice y colaboradores nos menciona que en las evaluaciones se obtiene que especie puede servir para este tipo de beneficios para el suelo; en este caso la melina tuvo resultados satisfactorios.

### 5.2.1.5 Altura del fuste limpio

Cuadro 8. Altura de fuste limpio en los factores especie y topografía (cm).

<b>Altura del Fuste Limpio</b>			
<b>Especie</b>		<b>Topografía</b>	
<b>Especie</b>	<b>cm</b>	<b>Topografía</b>	<b>cm</b>
<b>E1</b>	253.95	T1	209.91
<b>E2</b>	202.78	T2	251.07

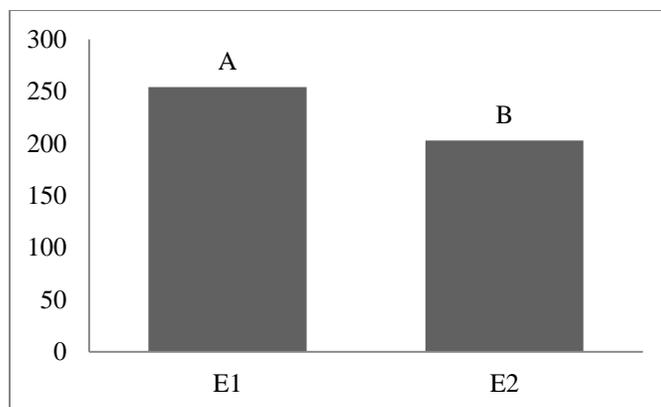


Figura 9: Altura de fuste limpio en el factor especie (cm).

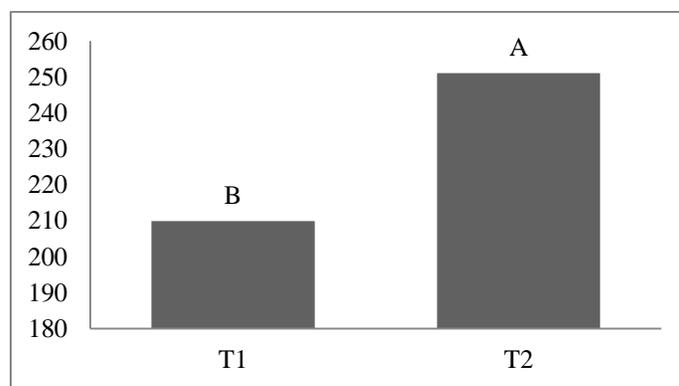


Figura 10: Altura de fuste limpio en el factor topografía.

Observando las demás variables, la variable de altura del fuste limpio es la única donde la especie de *Cedrelaodorata* tiene mejor desarrollo que la *Gmelinaarborea* en el factor de especie. Sigue creciendo interrelacionado porque una sigue creciendo y otra ya se estancó y crece en cobertura.

### 5.3 Crecimiento y productividad

Se observa en el cuadro 9 el volumen promedio por árbol mostrando a la especie de *Gmelina arbórea* con un mayor volumen por árbol. El volumen fue solo de madera para aserrío.

Cuadro 9. Volumen promedio en metros cúbicos por árbol por tipo de pendiente.

Especie	Volumen	Volumen
	prom/arb Topografía 1	prom/arb Topografía 2
<b>E1 Cedrelaodorata</b>	0.005348	0.006487
<b>E2 Gmelinaarborea</b>	0.022415	0.029215

Como se observó en el cuadro 9, la especie melina en las dos clases de topografía muestra superioridad de volumen. Esto demuestra que no importa si el terreno está en pendiente o en plano, ella seguirá teniendo un mejor desarrollo en comparación al cedro.

El cuadro 10 muestra el volumen promedio por árbol solo por especie que de igual forma la melina muestra un mejor volumen sin las clases de topografía.

Cuadro10. Volumen promedio por especie en metros cúbicos de los arboles muestreados.

<b>Especie</b>	<b>Volumen de árbol promedio por especie</b>
<b><i>E1 Cedrelaodorata</i></b>	0.005560
<b><i>E2 Gmelinaarborea</i></b>	0.023548

Con los datos sacados anteriormente de altura y diámetro donde se obtuvo que la melina tiene un mejor desarrollo esto viene siendo directamente proporcional al volumen y como se muestra en el cuadro 10, la melina tiene un mayor volumen por árbol en comparación con el cedro sin importar el tipo de terreno ya que en las dos topografías muestra superioridad. La altura contribuyo en gran medida a que la especie 2 tuviera el mayor volumen.

Cuadro 11: cuadro final de metros cúbicos por hectárea por año.

	<b>Vol</b>	<b>Sobrevivencia</b>	<b>VOL/HA</b>	<b>M3/HA/AÑO</b>
		<b>%</b>		
<b>E1T1</b>	10.696	0.8161	8.7290056	1.74580112
<b>E1T2</b>	12.974	0.9381	12.1709094	2.43418188
<b>E2T1</b>	44.83	0.5757	25.808631	5.1617262
<b>E2T2</b>	58.43	0.6464	37.769152	7.5538304

Vol: volumen existente suponiendo una sobrevivencia total. Sobrevivencia: porcentaje real de sobrevivencia. Vol/ha: volumen real de plantación. M<sup>3</sup>/ha/año: incremento en volumen por año.

El cuadro 11 muestra el volumen que en promedio han crecido los arboles por año y con la conversión a m<sup>3</sup>/ha/año tomando en cuenta el porcentaje de sobrevivencia; el crecimiento que tiene la melina es el triple a comparación con el cedro, ya que aunque el cedro tenga un porcentaje de 81% y 93% de sobrevivencia y la melina un 57% y 64%, sigue teniendo la melina un mayor crecimiento por año.

Nótese que melina produce incrementos anuales de 5.1 y 7.5 metros cúbicos mientras el cedro 1.7 y 2.4 metros cúbicos por hectárea por año.

Esto es a los primeros 5 años de haberse evaluado la plantación ya que como mencionan Rojas y colaboradores la melina es de rápido crecimiento en los primeros años después alcanza su máximo crecimiento y empieza a crecer en incremento a lo ancho en cobertura.

#### **5.4 Porcentajes de calidad de fuste.**

Un fuste de calidad es aquel que:

1. Es más largo
2. Tiene mayor diámetro
3. No presenta plagas y enfermedades
4. No presenta deformaciones (sinuosidad e inclinación)

Y es así como se construye el índice de calidad para evaluar la calidad del fuste de esta forma:

. El índice de calidad se obtuvo con la suma  $S+B+I+P = IC$

Donde S = Sinuosidad con solo 2 valores 1 el árbol si estaba sinuoso y 2 el árbol no estaba sinuoso por lo tanto este estaba recto.

B= Bifurcación con solo 2 valores 1 con bifurcación 2 sin bifurcación.

I = Inclinación con solo 2 valores 1 el árbol se encontraba inclinado, 2 el árbol se encontraba recto.

P= Plagas con solo 2 valores 1 existían plagas en el árbol 2 el árbol no contaba con plagas.

Se obtuvieron porcentajes de las principales características en calidad del fuste para obtener en qué clase de pendiente las diferentes especies se desarrollan de mejor forma y que especie tiende a tener mejor desarrollo en cuanto a formación.

Cuadro 12. Porcentajes por cada factor de calidad de fuste.

			Sin %	Bif %	Inc %	Plgs %
<b><i>Cedrelaodorata</i></b>	Topografía 1	NO	61.4	94.7	84.21	49.1
	Topografía 2	NO	60	100	100	40
<b><i>Gmelinaarborea</i></b>	Topografía 1	NO	22.5	75	70	57.5
	Topografía 2	NO	44.4	100	100	66.7

Sin%: porcentaje de sinuosidad, Bif%: porcentaje de bifurcación, Inc%: porcentaje de inclinación, plgs%: porcentaje de plagas.

En los porcentajes de calidad de fuste en por los porcentajes que se observa en la tabla la especie de *Cedrelaodorata* muestra un mayor porcentaje de en cuanto a una mayor calidad de fuste en las dos clases de topografía; aunque en la topografía plana esta sigue teniendo un mayor porcentaje de en cuanto a

bifurcación en inclinación; en sinuosidad se encuentra casi a la par con la topografía con pendiente, pero en la variable plagas muestra que se encuentran en mayor porcentaje en la parte plana. Esto puede ser debido a que estando en la parte plana las plagas tienen un mejor y mayor acceso a atacar a la planta.

En la especie de *Gmelina arborea* la clase de topografía plana tiene mayor calidad de fuste limpio de acuerdo con los porcentajes que se presentan, los cuales en las cuatro variables fueron mayores a la topografía con pendiente.

### 5.5 Correlación

Se realizó un procedimiento de correlación que arrojó los siguientes resultados mostrados en el cuadro 13.

Cuadro 13. Correlación de Pearson grosor de la primera rama, volumen, índice de calidad de fuste.

<b>CORRELACION</b>	<b>Grosor de Primera rama</b>	<b>Volumen</b>	<b>Índice Calidad de fuste</b>
<b>Grosor de Primera rama</b>		0.8787*	0.9922*
<b>Volumen</b>	0.8787*		0.8707*
<b>Índice Calidad del fuste</b>	0.9922*	0.8707*	
	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**

. \* Índice de correlación, \*\* nivel de significancia.

De todas las variables correlacionadas estas fueron las que tuvieron correlación positiva donde las mayores fueron grosor, volumen y calidad de fuste con alta significancia.

La correlación de calidad de fuste con el grosor de la primera rama nos indica que a mayor grosor de la primera rama, la calidad del fuste va disminuyendo y presenta una calidad mayor para uso de aserrío. Lo cual en general es consecuencia del vigor del árbol por las condiciones favorables del sitio.

La correlación de volumen con grosor de la primera rama es significativa lo que significa que si el grosor de las ramas va aumentando el volumen lo hace de igual manera.

La calidad de fuste con volumen también mostró correlación significativa ya que si el volumen es mayor la calidad de fuste será también mayor.

## VI. CONCLUSIONES

A nivel de especie *Gmelinaarborea* presentó una mayor altura, diámetro normal, diámetro basal, cobertura de copa. *Cedrelaodorata* presentó mayor sobrevivencia y altura del fuste limpio; lo que podría ser un indicativo de un mayor potencial para mayor producción de madera de mejor calidad.

*Gmelinaarborea* muestra un crecimiento similar en las dos clases de ya que en las dos diferentes situaciones siguió teniendo el mayor rendimiento en volumen de madera.

El rendimiento a 5 años para *Cedrelaodorata* es inferior a la *Gmelinaarborea*, por lo tanto a esta edad, la melina es la mejor especie desarrollada en la plantación; sin importar la pendiente del lugar. También muestra un comportamiento en cobertura de copa apto para plantaciones de protección de suelos.

En cuanto a *Cedrelaodorata* presenta la más alta sobrevivencia aunque en su crecimiento no se manifiesta igual que la *Gmelinaarborea*, aunque el rendimiento de *Cedrelaodorata* en los próximos años pueda aumentar y superar a *Gmelinaarborea* por el índice mayor de sobrevivencia que presentó.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Es recomendable plantar la especie de *Cedrela odorata* junto con otra especie para evitar problemas de plagas y pueda tener una mejor calidad de madera para aserrío; preferentemente plantarla con una especie que tenga las mismas características fisiológicas que ella para que no perjudique en cuanto a competencia con la otra especie.
2. La especie de *Gmelina arborea* puede recomendarse para plantaciones cuando se quiera tener una producción de madera a corto plazo ya que es caracterizada por ser una especie de rápido crecimiento.
3. Se recomienda empezar a podar desde las etapas iniciales de crecimiento de los árboles si la plantación se quiera para aserrío.
4. *Gmelina arborea* puede recomendarse como especie de plantación con fines de conservación de suelos de erosión hídrica ya que su alta cobertura de copa hace que la intercepción del sol con el suelo sea total.
5. Hacer las plantaciones en terrenos planos para cuando se requieran plantaciones con fines comerciales.
6. Para fines de conservación de suelos, las plantaciones en terrenos con pendiente son recomendables.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Alice, F., Montagnini, F., Montero, M., (2 julio- diciembre, 2004). Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en la estación biológica la Selva, Sarapiquí, Costa Rica. *Redalyc.org.*, pp 62.
- Betancourt, A. (1983). *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*. La Habana, Cuba: Editorial Científico Técnica.
- Cabrera, C., (2003). Plantaciones forestales: oportunidad para el desarrollo sostenible. *Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. IARNA-URL*. 4 ( 06), 4-6.
- Chambers, R; Leach, M. (1990). *Trees as savings and security for the rural poor*. *Unasylva* 41: 39-52.
- COLPOS (2011). *Evaluación de costos de extracción y abastecimiento de productos de plantaciones forestales comerciales*. Postgrado forestal. Montecillo, Edo de México. Pp. 4.
- CONAFOR (2011). *Evaluación de costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales comerciales*.
- CONAFOR (2014). *Programa de desarrollo de plantaciones forestales comerciales a 15 años de su creación*. [http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/PROGRAMA\\_D E\\_DESARROLLO\\_DE\\_PFC\\_A\\_15\\_ANOS\\_DE\\_SU\\_CREACION.PDF](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/PROGRAMA_D E_DESARROLLO_DE_PFC_A_15_ANOS_DE_SU_CREACION.PDF)
- Cozzo, D. (1995). *Silvicultura de plantaciones maderables*. Argentina.
- FONAM (2007). *Guía práctica para la instalación y manejo de plantaciones forestales*. Fondo nacional del ambiente. Lima, Perú. pp. 3.
- FUNDECOR. (2001). *Arboles del Trópico Húmedo: usos y características físico mecánicas de la madera*. [http://www.fundecor.or.cr/ES/bd\\_maderas/busqueda-U.phtml](http://www.fundecor.or.cr/ES/bd_maderas/busqueda-U.phtml).

- Gutierrez, G. y Ricker, M. (2012). Ecología forestal de algunas especies arbóreas de interés para la reforestación y restauración de parque ecológico Tuzandepetl. Universidad Nacional Autónoma de México. (UNAM). México.D.F. pp. 29-32.
- INEGI. (2014). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. Clave geoestadística 20184.
- Montagnini, F. (2001). *Strategies for the recovery of degraded ecosystems: experiences from Latin America*. Interciencia. 26 (10), 498-503.
- Murillo, O., Badilla, V. y Callejos, A. (2003). Calidad en el establecimiento de plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José Costa Rica. P. 36.
- Murillo, O. y Camacho, P. (1997). Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía costarricense* 22 (2): 189-206.
- Musálem, M.A. (2006). Silvicultura de plantaciones forestales comerciales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Estado de México. ISBN: 968-02-0301-8.
- Obregón, C. (2005). *Gmelina arborea* versatilidad, renovación y productividad sostenible para el futuro. Bogotá, Colombia. P. 20.
- Paillacho, C.D. (2010). *Evaluación del crecimiento inicial de Eucalyptusurograndis, GmelinaarboresRoxb y OchromapyramidaleCav bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda zoila luz del carton Santo Domingo*. (tesis licenciatura). Escuela politécnica del ejército. Santo Domingo, Ecuador.
- Patiño, V.F. (1997). Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los Neotrópicos: Propuestas para acciones coordinadas. Dirección de Recursos Forestales. Departamento de Montes. FAO, Roma-Italia. 58 p.

- Pennington. T.D., Sarukhán, J. (1968). *Manual para identificación de las principales especies*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). *Árboles tropicales de México*. México: Editorial Fondo de cultura económica.
- Piotto, D. (2001). *Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua: comportamiento de las especies y preferencia de los productores*. (Tesis de maestría). CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Rodríguez, JdeM. (1980). Contribucioaoestudo do cedro –*Cedrelafissilis*Vell. Instituto de Pesquisas de Rec. NaturaisRenováreis “AP”. Porto Alegre, Brasil. p. 3.
- Rodriguez, S., Alfaro, T. y Garcia, X. (2010). Propagación vegetativa de árboles adultos sobresalientes de melina (*Gmelinaarborea* (L.) ROXB.) V reunión Nacional de Innovación Forestal. Campeche. ISBN: 978-607-425-381-8
- Rojas, F., Arias, D., Moya,R., Meza,A., Murillo, O., y Arguedas, M. (2004). *Manuela para productores de melina Gmelinaarbores en Costa Rica* Cartago. Costa Rica, pp. 314.
- Rojas M. G. (1995). Experiencias de plantación comercial de *Cedrelaodorata* L. en sistemas agroforestales en la región de los Tuxtlas, Veracruz. Memoria de Experiencia Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. División de ciencias forestales y del ambiente. Chapingo, México. 114 p.
- Torres, J.M., Magaña, O.S. (2001). *Evaluación de plantaciones forestales*. México: Editorial Limusa, Noriega.
- Verdugo Morales, E. ( 2011). *Sobrevivencia y crecimiento de 20 procedencias de *Acacia magium* Wild en Huimanguillo, Tabasco, México*.(Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.

## IX. ANEXOS

Especie	Sobrevivencia		topografía			
	Topografía	N	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1	1	10	81.6114	11.6434	1	0
1	2	8	93.8125	17.5008	2	0
2	1	10	57.5714	14.9078	1	0
2	2	7	64.6428	37.4184	2	0

Especie	Topografía	N	Altura		Diámetro basal	
			Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1	1	10	365.8976	76.8471	78.0283	15.7812
1	2	8	400.0000	100.8889	82.1875	20.9334
2	1	10	643.1666	73.2668	178.0883	84.0220
2	2	6	837.5000	190.8860	203.0833	39.3984

Especie	Topografía	N	Diámetro normal		Cobertura de copa	
			Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1	1	10	51.8723	14.0795	1.6263	0.3054
1	2	8	52.3750	15.6860	1.5718	0.5699
2	1	10	116.0850	29.8824	5.3253	1.7186
2	2	6	151.9166	28.2000	6.4458	1.4904

Especie	Topografía	N	Altura de fustelimpio		sinuosidad	
			Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1	1	10	198.5119	26.6705	1.6107	0.2089
1	2	8	208.1250	34.2196	1.5625	0.4172
2	1	10	221.3166	56.4679	1.2233	0.1750
2	2	6	308.3333	139.3437	1.5833	0.4915

Especie	Topografía	N	Bifurcación		Inclinación	
			Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1	1	10	1.9466	0.0863	1.8366	0.2208
1	2	8	2.0000	0.0000	2.0000	0.0000
2	1	10	1.7433	0.1063	1.7433	0.2765
2	2	6	2.0000	0.0000	2.0000	0.0000

Especie	Topografía	N	grosor		plagas	
			Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
1	1	10	2.8833	0.6517	1.4309	0.1584
1	2	8	2.4687	0.9859	1.4375	0.4172
2	1	10	3.9958	0.8675	1.5950	0.3412
2	2	6	4.4166	1.4972	1.6666	0.5163

Suma de los factos de calidad del fuste: indice de calidad de fuste.

Especie	Topografía	N	Indice	
			Promedio	Desv. Est.
1	1	57	6.8771	0.9649
1	2	15	7.0000	0.6546
2	1	40	6.2500	1.0561
2	2	9	7.1111	0.7817

Especie	Topografía	N	Volumen	
			Promedio	Desv. Est.
1	1	70	0.0053	0.0050
1	2	70	0.0224	0.0502
2	1	16	0.0064	0.0035
2	2	14	0.0292	0.0367

Correlacion de Pearson  
 Prob> |r| under H0: Rho=0

	Hilera	Num de arboles	Topografia	Especie	Grosor	Altura de fustelimpio	Volumen	Calidad de fuste
Hilera	1.0000	-0.3544	0.7718	0.0249	0.0390	-0.1004	0.0087	0.0503
	<0.000	<0.0001	0.7471	0.6724	0.2751	0.9105	0.5157	
	169	1	169	169	120	120	169	169
		169						
Numero de arboles	-0.3544	1.0000	-0.4656	0.0163	-0.0924	-0.0905	-0.0829	-0.1130
	<0.000		<0.0001	0.8328	0.3150	0.3256	0.2835	0.1432
	1	169	169	169	120	120	169	169
		169						
Topografia	0.7718	-0.4656	1.0000	-0.0227	-0.0510	0.0390	-0.0126	-0.0055
	<0.000	<0.000		0.7693	0.5798	0.6720	0.8703	0.9435
	1	1	169	169	120	120	169	169
		169						
Especie	0.0249	0.0163	-0.0227	1.0000	0.1485	0.1948	0.1962	-0.0003
	0.7471	0.8328	0.7693		0.1055	0.0330	0.0106	0.9969
	169	169	169	169	120	120	169	169
Grosor	0.0390	-0.0924	-0.0510	0.1485	1.0000	-0.0905	0.8787	0.9922
	0.6724	0.3150	0.5798	0.1055		0.3252	<0.0001	<0.000
	120	120	120	120	120	120	120	1
								120
Altura de fustelimpio	-0.1004	-0.0905	0.0390	0.1948	-0.0905	1.0000	-0.0148	-0.0929
	0.2751	0.3256	0.6720	0.0330	0.3252		0.8723	0.3124
	120	120	120	120	120	120	120	120
Volumen	0.0087	-0.0829	-0.0126	0.1962	0.8787	-0.0148	1.0000	0.8707
	0.9105	0.2835	0.8703	0.0106	<0.000	0.8723		<0.000
	169	169	169	169	1	120	169	1
					120			169
Calidad de fuste	0.0503	-0.1130	-0.0055	-0.0003	0.9922	-0.0929	0.8707	1.0000
	0.5157	0.1432	0.9435	0.9969	<0.000	0.3124	<0.0001	
	169	169	169	169	1	120	169	169
					120			

