

---

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS**  
**BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

---

**DIVISION DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DASOMÉTRICA DE CUATRO**  
**ESPECIES TROPICALES EN UNA PLANTACIÓN**  
**EXPERIMENTAL EN TECOMÁN, COLIMA, MÉXICO**

---

**TESIS PROFESIONAL**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO AGRONOMO**  
**PRESENTA:**  
**RENE FORTE CISNEROS**

---

**LAS AGUJAS, ZAPOPAN JAL. DICIEMBRE 2005**



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS**  
**BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO**  
**COMITE DE TITULACION**

**M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA**  
**DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS**  
**PRESENTE**

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de titulación TESIS E INFORMES, opción, TESIS, con el título:

**"EVALUACIÓN DASOMÉTRICA DE CUATRO ESPECIES TROPICALES DE UNA PLANTACIÓN EXPERIMENTAL EN TECOMAN, COLIMA, MÉXICO"**

El cual fue presentado por él (los) pasante(s):

**RENE FORTE CISNEROS**

El Comité de Titulación, designó como director y asesores, respectivamente, a los profesores:

<b>DR. JUAN DE DIOS BENAVIDES SOLORIO</b>	<b>DIRECTOR</b>
<b>M.C. AGUSTÍN RUEDA SANCHEZ</b>	<b>ASESOR</b>
<b>DR. AGUSTÍN GALLEGOS RODRÍGUEZ</b>	<b>ASESOR</b>

Una vez concluido el trabajo de titulación, el Comité de Titulación designó como sinodales a los profesores:

<b>M.C. ANTONIO MORA SANTACRUZ</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>DR. RAYMUNDO VILLAVICENCIO GARCÍA</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>M.C. EFREN HERNADEZ ALVAREZ</b>	<b>VOCAL</b>

Se hace constar que se han cumplido los requisitos que establece la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara, en lo referente a la titulación, así como el Reglamento del Comité de Titulación.

**ATENTAMENTE**  
**"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 15 de diciembre de 2005.

M.C. SALVADOR GONZÁLEZ LUNA  
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACIÓN

DRA. MARIA LUISA GARCIA SAHAGÚN  
SECRETARIO DEL COMITE DE TITULACIÓN

## **Agradecimientos**

A Dios por haberme permitido concluir una etapa de mi formación profesional.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que con su ayuda, consejos y estímulos contribuyeron a la elaboración de este trabajo.

A CONACYT - CONAFOR por apoyar el proyecto: CONAFOR-2003-C03-10522 con recursos económicos y hacer posible que pasantes de licenciatura realicen trabajos de investigación de esta naturaleza.

Al Dr. Juan de Dios Benavides Solorio por su acertada dirección de tesis y valiosos consejos en la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Agustín Gallegos Rodríguez y al M.C. Agustín Rueda Sánchez, por su asesoría en la elaboración de este trabajo.

Al personal del campo experimental de Tecomán, Colima (INIFAP) por las facilidades otorgadas para la toma de datos de este trabajo.

Al personal del CIRPAC por su apoyo.

A la Universidad de Guadalajara y de manera muy especial al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, por haberme brindado la oportunidad de adquirir conocimientos.

A todos y cada uno de los maestros de la licenciatura de Agronomía en especial a los del Departamento de Producción Forestal.

Al compañero José Martín Corona por su ayuda en la toma de datos en campo.

## **Dedicatorias**

A mi madre Ma. del Socorro Cisneros de la Torre por su empeño y dedicación para sacar adelante a sus hijos.

A mi padre Rene Forte Ríos Q.E.D. por sus consejos y enseñanzas.

A todos los miembros de la familia Cisneros de la Torre por su apoyo incondicional para que terminara mi formación profesional.

A mi hermano José Forte Cisneros y familia por su estímulo que siempre me brindo.

## INDICE

	Página
INDICE	i
INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vii
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVOS	3
2.1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3.- HIPÓTESIS	4
4.- REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1.- PLANTACIONES FORESTALES	5
4.2.- TIPOS DE EVALUACIONES	5
4.2.1.- EVALUACIÓN FÍSICA	5
4.2.2.- EVALUACIÓN ECONOMICO-FINANCIERA	5
4.2.3.- EVALUACIÓN SOCIAL	6
4.3.- EVALUACIÓN DE OTRAS PLANTACIONES FORESTALES	6
4.4.- DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO	9
5.- MATERIALES Y METODOS	14
5.1.- CARACTERÍSTICAS AGRO-CLIMATICAS	14
5.1.1.- LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE TECOMAN	14
5.1.2.- LOCALIZACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL DE TECOMAN DEL INIFAP	15
5.1.3.- SUELOS DE LA LLANURA COSTERA DE TECOMAN, COLIMA	17
5.2.- ANTECEDENTES DE LA PLANTACION	18
5.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	18
5.2.2. APLICACIONES DE RIEGO	20
5.2.3. APLICACIONES DE FERTILIZANTE	20
5.2.4. LABORES CULTURALES Y REPLANTE	21
5.2.5. CONTROL DE PLAGAS	21
5.2.6. RESULTADOS DE LA PRIMERA EVALUACIÓN REALIZADA EN 1995	22
6.- METODOLOGÍA	26
6.1.- TOMA DE DATOS EN CAMPO	26
6.1.1.- CÁLCULO DE LA SOBREVIVENCIA	26
6.1.2.- MEDICIÓN DE DIÁMETROS	26
6.1.3.- MEDICIÓN DE ALTURAS	28

6.1.4.- MEDICIÓN DE COPAS	29
6.1.5.- DAÑOS MECÁNICOS	30
6.1.6.- UBICACIÓN DEL DAÑO	30
6.1.7.- GRADO DE DAÑO	30
6.1.8.- ESTADO FITOSANITARIO	31
6.1.9.- VIGOR DEL ARBOLADO	31
6.2.- CAPTURA DE LA INFORMACIÓN	32
6.3.- ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS RECABADOS	32
7.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
7.1.- RESPUESTA DE LAS VARIABLES POR TRATAMIENTO	33
7.2.- COMPARACIÓN POR ESPECIE	46
8.- CONCLUSIONES	56
9.- BIBLIOGRAFÍA	59
10.-ANEXOS	62
10.1.- ANÁLISIS DE VARIANZA DE DIÁMETRO DEL MODELO GENERAL PARA LA PRIMAVERA	62
10.2.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DIÁMETRO PARA LOS TRATAMIENTOS DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN PARA LA PRIMAVERA	63
10.3.- COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA EL DIÁMETRO Y TRATAMIENTOS DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN PARA LA PRIMAVERA	64
10.4.- ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DEL MODELO GENERAL PARA LA PRIMAVERA	65
10.5.- COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA LA ALTURA Y TRATAMIENTOS DE RIEGO PARA LA PRIMAVERA	66
10.6.- ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA EN LA PARCELA SIN RIEGO PARA LA PRIMAVERA	66
10.7.- COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA LA ALTURA Y TRATAMIENTOS DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN PARA LA PRIMAVERA	67
10.8.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ÁREA DE COPA DEL MODELO GENERAL PARA LA PRIMAVERA	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ubicación del Campo Experimental de Tecomán, Colima.	15
2	Temperaturas anuales del periodo 1998 a 2004 en el campo Experimental de Tecomán, Colima.	16
3	Distribución de especies y tratamientos en el Campo Experimental Tecomán.	19
4	Forma de medición de diámetro a 1.30 m.	27
5	Forma de medición de alturas total y fuste limpio.	29
6	Forma de medición de copas en los 4 puntos cardinales.	29
7	Ejemplo de daños mecánicos.	30
8	Sobrevivencia de la primavera en los seis tratamientos de la Unidad Experimental 1 en Tecomán, Colima.	34
9	Diámetro de la primavera en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	35
10	Altura de la primavera en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	36
11	Sobrevivencia de la rosa morada en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	37
12	Diámetro de la rosa morada en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	38
13	Altura de la rosa morada en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	39
14	Sobrevivencia de la caoba en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	40
15	Diámetro promedio de la caoba en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	41
16	Altura de la caoba en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	42

## INDICE DE FIGURAS (Continuación)

Figura		Página
17	Sobrevivencia del cedro rojo en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	44
18	Diámetro del cedro rojo en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	44
19	Altura del cedro rojo en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.	45
20	Promedio de sobrevivencia por especie incluyendo todos los tratamientos.	47
21	Comportamiento típico del diámetro promedio por especie, para los tratamientos R0-F0, R0-F1, R0-F2 y R1-F0. En esta grafica se muestra el tratamiento R0-F0.	48
22	Comportamiento típico del diámetro promedio por especie, para los tratamientos R1-F1 y R1-F2. Aquí se muestra el tratamiento R1-F1.	49
23	Comportamiento típico de la altura promedio por especie para los seis tratamientos. Aquí se muestra el tratamiento R1-F1.	50
24	Comportamiento típico del área de copa por especie, tratamiento R0-F0.	51
25	Comportamiento típico del vigor por especie, tratamiento R1-F2.	52
26	Comportamiento típico del estado fitosanitario por especie, tratamiento R0-F0.	53



## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Sobrevivencia por especie en la UE-1 de Tecomán, Colima a los dos años de edad.	23
2	Crecimiento en diámetro por especie en la UE-1 de Tecomán, Colima a los dos años de edad.	24
3	Crecimiento medio en altura (m) por especie y tratamiento en la UE-1 del campo experimental de Tecomán, Colima.	25
4	Comparación de medias para el diámetro y tratamientos de riego y fertilización para la primavera, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	34
5	Comparación de medias para la altura y tratamientos de riego para la primavera, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	35
6	Comparación de medias para la altura y tratamientos de riego y fertilización para la primavera, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	36
7	Comparación de medias para la altura y tratamientos de riego para la caoba, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	41
8	Comparación de medias para la variable área de copa en tratamientos de riego y fertilización para la caoba, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	42
9	Comparación de medias para la sobrevivencia en los tratamientos de riego y fertilización para el cedro rojo, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	43
10	Comparación de medias para la altura en los tratamientos de riego y fertilización para el cedro rojo, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	45
11	Comparación de medias para el área de copa en las parcelas de riego y fertilización para el cedro rojo, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	46

## INDICE DE CUADROS (Continuación)

Cuadro		Página
12	Comparación de medias para la sobrevivencia para todas las especies, las letras diferentes en las especies indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	47
13	Comparación de medias para el diámetro normal para todas las especies, las letras diferentes en las especies indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	49
14	Comparación de medias para la altura total para todas las especies, las letras diferentes en las especies indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	50
15	Comparación de medias para el área de copa para todas las especies, las letras diferentes en las especies indican diferencias significativas a un valor de $p \leq 0.05$ .	51
16	Resultados de una plantación a la edad de nueve años en Escárcega, Campeche.	54

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la plantación experimental ubicada dentro del campo experimental de Tecomán del INIFAP, en el estado de Colima, con el objetivo de evaluar la sobrevivencia, crecimiento en diámetro y alturas promedio de cuatro especies tropicales cuales fueron: primavera (*Roseodendron donnell-smithii*), rosa morada (*Tabebuia rosae*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro rojo (*Cedrela odorata*), así como la influencia de los tratamientos de riego y fertilización. La plantación fue establecida en septiembre de 1992 y la medición y toma de datos fue en el otoño del 2004. La especie que se adaptó y desarrolló mejor fue la primavera (*Roseodendron donnell-smithii*) ya que tuvo el 100% de sobrevivencia en los seis tratamientos, en diámetro mostró un promedio de 20.5 cm y una altura promedio de 12.1 m. El tratamiento que tuvo los mayores desarrollos en altura fueron el de riego y fertilización 2, la altura promedio fue de 12.5 m. El cedro rojo (*Cedrela odorata*) fue una especie que también se adaptó bien ya que su sobrevivencia fue de 94%, el diámetro promedio fue de 18.1 cm, y la altura de 10.0 m. La caoba tuvo una sobrevivencia de 85% y el diámetro promedio fue de 15.8 cm y la altura únicamente de 7.9 m. La rosa morada (*Tabebuia rosae*) fue la especie que mostró menor sobrevivencia con un porcentaje del 32%, el diámetro promedio fue de 17.8 cm y la altura promedio fue de 8.5 m. Los individuos de rosa morada que sobrevivieron, tuvieron mayores diámetros y alturas que el cedro y la caoba debido a que el menor número de individuos permitió un desarrollo libre de competencia. El riego y la fertilización tuvieron influencia en el crecimiento en diámetro, altura y área de copa para la primavera y en forma parcial para la caoba y el cedro. El riego y la fertilización no tuvieron influencia en la sobrevivencia y el crecimiento de la rosa morada.

## 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un deterioro de la cubierta vegetal de nuestro país y varios países tropicales del mundo, el cual se pone en evidencia a través de las altas tasas de deforestación anuales, que en México llegaron a alcanzar hasta las 630,574 ha durante la década de 1990 al 2000 FAO (2002). Las causas son diversas pero las más importantes son; los cambios de uso del suelo para zonas agrícolas o ganaderas, los incendios forestales y las talas sin un adecuado plan de manejo.

Una alternativa para revertir el deterioro es el establecimiento de plantaciones forestales, las cuales se pueden llevar a cabo con éxito en áreas que fueron destinadas a la agricultura o ganadería. Después del establecimiento es necesario conocer la adaptación de las especies a distintos ambientes a través del conocimiento del crecimiento e incremento anual.

Para conocer en detalle la adaptación de una especie a determinada localidad, se deben evaluar distintos factores ambientales y dasométricos como son el suelo, la precipitación, sobrevivencia, crecimientos en follaje, diámetro, altura, sanidad y vigor. Adicional al conocimiento de la adaptación de las especies, se debe tomar decisiones para la realización de podas y aclareos, los cuales tendrán influencia en la cantidad y calidad de madera esperada en el futuro. Las evaluaciones periódicas proporcionan el detalle necesario para realizar silvicultura de plantaciones, como son las podas, aclareos, etc., (Torres y Magaña, 2001).

En nuestro país actualmente se realizan plantaciones forestales comerciales a gran escala con el propósito de apoyar y abastecer productos maderables. Debido a que las plantaciones comerciales en México son relativamente recientes, no se tiene suficiente información de los crecimientos y volúmenes esperados. Por lo que se hace necesario realizar evaluaciones de las plantaciones establecidas.

El INIFAP, en 1992 estableció en el Campo Experimental Tecomán una plantación experimental con cuatro especies forestales tropicales con la finalidad de evaluar el crecimiento tanto en diámetro como altura. Desde su establecimiento solo se han realizado dos evaluaciones (Villa *et al.*, 1996), por lo que es urgente realizar una evaluación integral que involucre los crecimientos actuales y los detalles del manejo de la plantación.

Debido al interés general y científico por generar información cuantitativa de las plantaciones tropicales, se plantea este trabajo para contribuir al conocimiento de la adaptación de especies tropicales, a condiciones edafo-climáticas similares en las que se encuentra la plantación evaluada.

## 2 OBJETIVOS

Evaluar la sobrevivencia, el crecimiento en diámetro y altura y la calidad del arbolado de *Roseodendron donnell-smithii* (primavera), *Tabebuia rosae* (rosa morada), *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrela odorata* (cedro rojo), bajo dos condiciones de riego, uno de temporal y el otro bajo condiciones de riego y tres tratamientos de fertilización en una plantación experimental en el municipio de Tecomán, Colima.

### 2.1 Objetivos específicos

- Determinar la sobrevivencia por especie basada en la relación de árboles vivos y muertos.
- Comparar los crecimientos en altura y diámetro por especie y los tratamientos de riego y fertilización.
- Determinar la calidad del arbolado a través de evaluar el efecto de los daños mecánicos sobre la sanidad y vigor de la plantación.
- Comparar los resultados obtenidos por variable y especie entre los distintos tratamientos de la plantación.

### **3 HIPÓTESIS**

Partiendo del supuesto que las plantas en general requieren de agua y nutrientes para su mejor desarrollo, a las especies que se les aplicó riego y fertilización tendrán mayores crecimientos que las que no tuvieron riego ni fertilización.

## **4 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1 Plantaciones forestales**

Una plantación forestal es el establecimiento de especies forestales maderables con fines comerciales, ecológicos y sociales que generan bosques artificiales, uniformes o una masa forestal homogénea. (Torres y Magaña, 2001).

### **4.2 Tipos de evaluaciones**

La evaluación del crecimiento y de la sobrevivencia, entre otros, son sin lugar a duda las evaluaciones físicas más importantes de los individuos que componen la plantación. Existen otras evaluaciones adicionales a la físicas que son las económicas y las sociales (Torres y Magaña, 2001).

#### **4.2.1 Evaluación física**

Son aquellas que se refieren a la evaluación o medición de las características del arbolado relacionadas o no con el entorno biótico y/o abiótico. Como ejemplo se tienen a las mediciones del crecimiento en altura, diámetro y follaje.

#### **4.2.2. Evaluación económico- financiera**

En esta evaluación se relacionan las características físicas de la plantación, con el mercado, objetivos económico-financieros y valores adicionales de la plantación.



#### 4.2.3. Evaluación social

En este tipo de evaluación se relacionan las características físicas como son vigor, sanidad, aspectos dasométricos de la plantación con el desarrollo social, aspectos psicológicos y valores humanos; en ambos casos la evaluación física es el aspecto medular de la evaluación, ya que de esta dependen por un lado los valores económicos y los valores humanos ( Torres y Magaña, 2001 ).

#### 4.3. Evaluación de otras plantaciones forestales

En el campo experimental El Tormento en Escárcega, Campeche, en Agosto de 1975 se realizó una plantación experimental de melina (*Gmelina arborea* (Linn)), en la cual se evaluaron tres procedencias. El diseño experimental fue completamente al azar, contando con tres tratamientos (procedencias). Cada tratamiento consto de 36 plantas con una distancia de 2.5 x 3 m, la superficie de la plantación fue de 813 m<sup>2</sup>, cada tratamiento tuvo tres repeticiones (Barrio, 1980).

La primera evaluación se realizó a los 5 años de edad. De las tres fuentes locales la sobrevivencia fue igual para los tres tratamientos alcanzando valores del 100%. Respecto al diámetro el comportamiento fue similar, no habiendo diferencias significativas entre las procedencias. El diámetro mayor de 15.8 cm correspondió a la procedencia 2. El diámetro menor de 14.4 cm fue el de la procedencia 3. La procedencia 1 tuvo un diámetro similar a la 2 con 15.7 cm.

El comportamiento en altura también fue similar existiendo una diferencia entre la altura mayor y menor de 0.5 m. La altura mayor fue de 12.0 m para la

procedencia 1 y la menor de 11.5 m para la procedencia 3. No hubo diferencias significativas ni para el diámetro ni para la altura (Barrio, 1980).

Bertoni (1980) muestra la descripción general del comportamiento de 9 especies forestales (2 exóticas y 7 nativas) plantadas en 1971 bajo diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones en el Campo Experimental Forestal El Tormento Escárcega, municipio del Carmen, Campeche, México. En este estudio los resultados más prometedores en tres variables (sobrevivencia, altura y diámetro) tomadas en forma conjunta, los presentó la especie introducida melina (*Gmelina arborea*), la cual tuvo 14 m de altura y 19 cm de diámetro. Estos valores representan más del doble en altura que algunas otras especies estudiadas y por lo menos 5 cm más que el diámetro más cercano.

Las otras especies tuvieron resultados satisfactorios fueron las siguientes, jobo (*Spondias mombin*), con alturas de 7 m y 14 cm de diámetro; el eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), presentó 11 m de altura y 9 cm de diámetro; la parota (*Enterolobium cyclocarpum*) con 9 m de altura y 12 cm de diámetro y para el machiche (*Lonchocarpus castilloi*) se tuvo 7 m de altura y 11 cm de diámetro.

Las especies que presentaron menores incrementos fueron cedro (*Cedrela odorata*) cuya altura fue de 3 m y el diámetro de 4 cm; la caoba (*Swietenia macrophylla*) con 5 m de altura y 5 cm de diámetro; el ciricote (*Cordia dodecandra*) presentó 4 m de altura, 5 cm de diámetro y el granadillo (*Platymiscium yucatanum*) con 6 m de altura y 7 cm de diámetro. Estas especies fueron consideradas como

de lento crecimiento. La especie exótica afzelia (*Afzelia pachyloba*) no se adaptó a las condiciones del sitio originando la pérdida total de la misma (Bertoni, 1980).

En el Campo Experimental Valle de Apatzingan del INIFAP, se establecieron plantaciones de primavera y cedro rojo, después de un año de establecida la plantación la primavera tuvo un 95% de sobrevivencia y una altura promedio de 2.4 m, el cedro rojo tuvo una sobrevivencia de 72% y una altura promedio de 1.5 m (Muñoz *et al.*, 1996).

Después de 2 años de establecida la plantación, se lograron los siguientes desarrollos: la primavera continuó los crecimientos mas altos con 8.6 cm de diámetro y 5.8 m de altura y la especie de menor desarrollo fue la caoba con diámetro promedio de 3.4 cm y altura promedio de 2.5 m de altura (Ordaz, 1995).

Espinoza (1994) realizó un trabajo en el campo experimental El Verdineño en el estado de Nayarit donde evaluó las mismas cuatro especies, (*Roseodendron donnell-smithii*) primavera, (*Tabebuia rosae*) rosa morada, (*Swietenia macrophylla*) caoba y (*Cedrela odorata*) cedro rojo, al primer año de datos los resultados son los siguientes, la primavera fue la que mostró el mayor diámetro y altura promedio con 1.5 cm y 2.0 m respectivamente y la caoba en segundo lugar con 1.8 m de altura promedio.

#### 4.4 Descripción de las especies en estudio

Primavera: *Roseodendron donnell-smithii*.

La especie se adapta a los ambientes de bosque tropical perennifolio y tropical subcaducifolio. Es un árbol caducifolio de hermosas flores amarillas, por lo que se usan como ornato en parques, jardines y en orillas de caminos (Niembro, 1983).

De la familia de las Bignoniáceas del orden Tubiflorae, es un árbol de unos 20 a 30 metros de altura y alcanza diámetros de 70 cm, con el tronco ligeramente acanalado y frecuentemente torcido, ramas ascendentes gruesas, procedentes de bifurcaciones muy marcadas desde muy abajo, que se repiten a lo largo del fuste; presenta copa alargada y a veces irregularmente extendida. La temprana bifurcación del fuste es apreciable en árboles jóvenes procedentes de plantaciones, aunque se llega a establecer una rama de crecimiento líder y otra suprimida y el resultado es un fuste no recto (Niembro, 1983).

La corteza es fisurada, pero en troncos viejos llega a ser escamosa, con fisuras más o menos profundas formando escamas alargadas de color café claro a gris; en árboles viejos las escamas son de hasta 5 cm de anchas y frecuentemente se encuentran desprendidas en su parte inferior. Los árboles jóvenes son apenas ligeramente fisurados y de color blanco grisáceo, con abundantes lenticelas (Niembro, 1983).

La corteza es de grosor mediano, con 8 a 15 mm de espesor, los árboles jóvenes de hasta 3 años de edad presentan grosores de corteza muy reducidas de 5 mm. La corteza interna es de color crema amarillento, con expansiones de parénquima fibrosa (Niembro, 1983).

Rosa morada: *Tabebuia rosea*.

Es una especie arbórea de la familia de las Bignoniáceas, la cual presenta diversas sinonimias y una amplia cantidad de nombres comunes en América y especialmente en México (Niembro, 1983).

Corteza. Esta es fisurada y suberificada con algunas de las costillas escamosas, de color pardo grisáceo a amarillento, en lo interno de color crema claro a color crema rosado, en ocasiones con expansiones de parénquima, fibrosa, de sabor amarga a agridulce; el grosor total de la corteza es de 16 a 30 mm (Niembro, 1983).

Hojas. Las hojas decusadas, digitado compuestas de 10 a 30 cm de largo, incluyendo el pecíolo. Cada hoja se divide en 5 folíolos, los dos inferiores más pequeños de 3 por 1.5 a 8 por 4 cm, el terminal más grande de 7.5 por 4 a 16 por 8 cm, son lanceolados o elípticos (Niembro, 1983).

Con el margen entero, ápice agudo o cuminado, base cuneada, redondeada o truncada, por el haz son de color verde oscuro y por el envés de verde amarillento y con abundantes y pequeñísimas escamas en ambas superficies. Los

pecíolos son de 4 a 14 cm de largo, pulvinados, escamosos; peciolulos pulvinados, muy cortos en los foliolos basales, hasta de 6 cm de largo (Niembro, 1983).

Flores. Es una panícula corta con las ramas cimosas, en las axilas de hojas abortivas o terminales, hasta de 15 cm de largo y escamosas; pedicelos de 1 a 2 cm de largo; las flores son zigomorfas; cáliz blanco verdoso o pardo, tubular estrechado en la base, de 2 a 2.5 cm de largo; corola de 7 a 10 cm de largo, tubular en la parte inferior, expandida en la parte superior en un limbo bilabiado; labio superior con tres grandes lóbulos obovados, obtusos; labio inferior con 2 lóbulos; tubo de corola de color blanca; lóbulos de color lila o rosado; corola grande en la superficie externa, pubescente en la superficie interna de los lóbulos, papiloso en el tubo; estambres 4, didinamos, los dos cortos de 1.5 cm los largos de 2 cm insertos en la base del tubo en manojos de papilas e incluidos en el tubo, glabros; anteras ampliamente sagitadas; se presenta también un estaminodio pequeño en forma de un filamento corto; nectario grueso y tubular, rodeando la base del ovario, glabro; ovario alargado, del mismo largo que los estambres, terminando en un estigma bilabiado (Niembro, 1983).

Caoba: *Swietenia macrophylla*.

Especie maderable considerada muy apreciada en la industria maderera de las zonas tropicales de México. Su madera posee albura de color blanco a rosado, tiene cualidades excelentes para el cepillado, moldurado, clavado y atornillado; se

industrializa para la elaboración de chapas y madera aserrada, es sumamente apreciada en ebanistería y todo tipo de construcción (Niembro, 1983).

Esta especie pertenece a la familia de las Meliáceas, orden Geranea. Árbol siempre verde de más de 40 m de altura, de tronco recto con contrafuertes y pocas ramas gruesas, ascendentes y torcidas con copa abierta; corteza grisacea, profunda, con costillas escamosas en piezas alargadas de color pardo a moreno y profundamente fisuradas, internamente la corteza es rosada a roja, madera de olor fragante característico; hojas compuestas dispuestas en espiral, paripinadas o a veces imparipinada de 12 a 40 cm de largo, 3 a 4 pares de foliolos de 5 a 12 cm de largo, lanceoladas u ovadas, de margen entero, base asimétrica caducas en zonas secas. Es una especie monoica con las flores de ambos sexos en la misma inflorescencia, ambas perfumadas; paniculas axilares hasta de 15 cm de largo y glabras; el fruto es una cápsula leñosa, ovoide u oblonga de 12 a 18 cm de largo, dehiscente desde la base, moreno rojizas a grises; las semillas de 1 cm son aladas (alas de 6 a 7 cm de largo). La diseminación natural de la semilla es anemocora, es decir, por el viento, donde la estructura de la misma, juegan un papel importante (Niembro, 1983). Florece de abril a junio.

Cedro rojo: *Cedrela odorata*.

Esta especie pertenece a la familia de las meliáceas, es un árbol monoico que en condiciones naturales, puede medir hasta 35 m de altura y de 1.5 a 2 m de diámetro normal, con un fuste derecho o poco ramificado y con pequeños contrafuertes en la base, su copa es redondeada y densa, de ramas ascendentes

y gruesas; las hojas se encuentran dispuestas en espiral, paripinadas o imparipinadas; las flores son masculinas y femeninas en la misma inflorescencia que es una panícula terminal de 15 a 30 cm de longitud, son finamente pubescentes, actinomorfas, ligeramente perfumadas y dependiendo de la región florecen de marzo a agosto; así mismo, eliminan las hojas cuando han madurado totalmente los frutos de la temporada anterior, los cuales son cápsulas de 2.5 a 5 cm de largo, cuatro o cinco valvadas, elipsoides u oblongas, de color verde a café oscuro, glabras y con aroma similar al ajo (Pennington y Sarukhan, 1968).

Esta especie forma parte de la vegetación de selvas altas y medianas; se distribuye en la vertiente del Golfo de México desde el sur de Tamaulipas hasta la península de Yucatán y en el Pacífico desde Sinaloa hasta Guerrero y en la depresión central y la costa de Chiapas, encuentra mejores condiciones en las zonas húmedas de las regiones tropicales y subtropicales, requiere de suelos fértiles, bien drenados y no tolera las áreas pantanosas (Pennington y Sarukhan, 1968).

Es una especie heliofita, o sea que requiere gran cantidad de luz para su desarrollo, de rápido crecimiento relativo, ocupa sitios abiertos del bosque natural o terrenos abandonados de cultivos agrícolas. El desarrollo posterior de la regeneración depende considerablemente de la competencia de la vegetación secundaria (acahual) más agresiva, la cual puede llegar a suprimirla, sobreviviendo aquellos individuos que pueden sostener un crecimiento vertical continuo y vigoroso (González, 1976; Rosero, 1976).



## 5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Características agro-climáticas

#### 5.1.1 Localización y ubicación del municipio de Tecomán

El Municipio de Tecomán se localiza en la parte sureste del Estado de Colima, entre las coordenadas 103°59' a 103°73' de longitud oeste y 18°41'20" a 19°06' de latitud norte. Al norte limita con los municipios de Coquimatlán y Colima, al sur con el Océano Pacífico, al este con el municipio de Ixtlahuacán, al oeste con Armería y al suroeste con el estado de Michoacán. La altitud promedio es de 33 msnm y su extensión territorial es de 835 km<sup>2</sup> que corresponden al 15% de la superficie estatal.

**Orografía:** Tiene dos zonas bien definidas, la costera conocida como Valle de Tecomán, lugar donde se localiza el Campo Experimental. Es una franja que abarca el 60% de la superficie total, tiene 30 km de litoral, el otro 40% de la superficie forma las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, cuyas principales elevaciones son las faldas del cerro de Partida o de Tecolapa, con 1,200 msnm. El cerro San Miguel con 1,100 msnm, el cerro de Callejones y el cerro Cabeza de Toro.

**Hidrografía:** Al noroeste del municipio está el Río Armería y al sureste el Coahuayana, en la planicie existen dos lagunas, la de Alcuzahue que cubre un área de 160 ha, y la de Amela que tiene una capacidad de almacenamiento de 30 millones de m<sup>3</sup>. En la costa se localizan los esteros, El Real, Guazango, Tecoanillo y el Chupadero.

Vegetación: Predomina el habillo (*Hura polyandra*), mojo (*Spondia sp*), tepemezquite (*Zapoteca microphyllum*), llorasangre (*Apoplanesia paniculada*), timuchil (*Pithecellobium sp*) y otate (*Otatea acuminata*).

Características y Uso del suelo: En su mayoría son de origen aluvial, el principal uso es agrícola.

### 5.1.2. Localización del campo experimental de Tecomán del INIFAP

El campo experimental Tecoman del INIFAP se localiza en el km 35 de la carretera Colima-Manzanillo, dentro del municipio de Tecoman, a una latitud de  $18^{\circ} 55'$  y una longitud de  $103^{\circ} 53'$  y la altitud de 40 msnm.

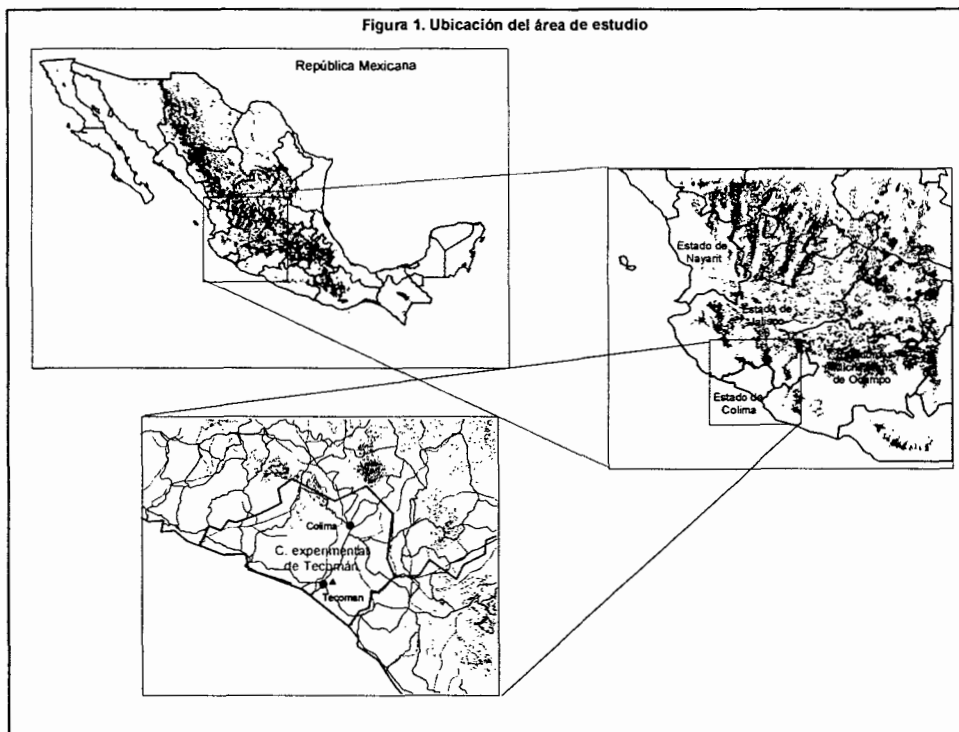


Figura 1. Ubicación del Campo Experimental de Tecomán, Colima.

Clima: El clima corresponde al de un trópico seco con una temperatura media anual de 26°C, las temperatura promedio máxima es de 36°C y la mínima promedio de 20°C. La humedad relativa es del 81 % y la mínima de 50 %. La precipitación media anual es 690 mm, el período de lluvias comprende de junio a octubre, siendo septiembre el mes más lluvioso con 145 mm, seguido de agosto y julio (Villa *et al.*, 1996).

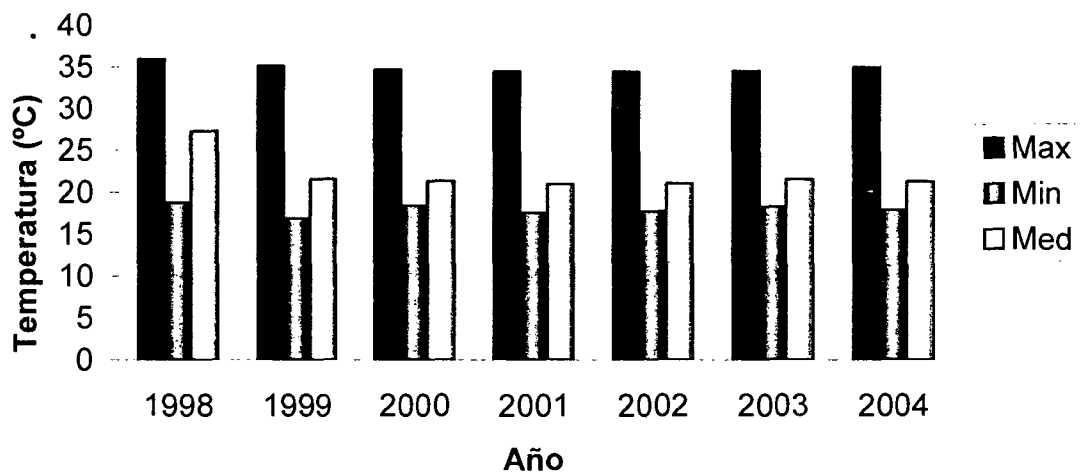


Figura 2. Temperaturas anuales del período 1998 a 2004 en el campo Experimental de Tecomán, Colima.

Tecomán es uno de los municipios de Colima que menos precipitación tiene, Pérez (1993) menciona que hay localidades del Estado que esperaban una precipitación promedio de hasta 1,250 mm como Minatitlán y la localidad que tiene menor precipitación es Pueblo Juárez con 735 mm, en el municipio de Tecoman de acuerdo a las probabilidades se espera una precipitación de 827 mm en promedio con 58 días con lluvia.

Suelos: El suelo del sitio corresponde a franco en los 30 cm de profundidad y a migajon-arcilloso de los 30 a 50 cm de profundidad. El ph tiene valores entre 7.8 y 8. El porcentaje de materia orgánica oscila de 1.2 a 2.6.

### 5.1.3 Suelos de la llanura costera de Tecomán, Colima

En la zona se encontraron suelos de diferentes grupos con algunas propiedades similares entre sí, lo cual originó presencia de entre suelos asociados y entremezclados dentro del paisaje; entre estos se observaron Calcisoles con propiedades que tendían hacia Vertisoles, Arenosoles, Kastanozem, Luvisoles y Gleysoles, así como Kastanozem que tendían a Phaeozems y de Vertisoles a Luvisoles (Pérez, 2004).

En localidades con materiales calizos las toposecuencias más características fueron Luvisoles en los costados de la pendiente, Vertisoles en las áreas planas y Calcisoles en terrazas. En las partes bajas los Vertisoles mostraron acumulaciones de sales y los suelos tendían a mostrar características de Solonetz. Sin embargo, el suelo más importante de la zona, tanto en distribución (35%) como sus implicaciones agronómicas fueron los Calcisoles, los cuales mostraron propiedades de suelo asociadas con el material parental, posición topográfica y ubicación climática (Pérez, 2004).

Los arenosoles son otro grupo de suelo importante en la región su presencia son tanto en climas semiáridos de la parte norte como en zonas más húmedas de la porción SW de la llanura costera (Pérez, 2004).

## 5.2 Antecedentes de la plantación

### 5.2.1. Diseño experimental

La plantación fue establecida en Septiembre de 1992, en una superficie de 1.8 hectáreas, con el sistema de plantación marco real, bajo un arreglo de parcelas divididas, las especies *Rosedendrum donell-smithii* (primavera), *Tabebuia rosae* (rosa morada), *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrela odorata* (cedro rojo).

Se plantaron 288 individuos de cada especie, para hacer un total de 1,152 árboles. La mitad de estos árboles (576) fueron asignados a la parcela de temporal y la otra mitad a la parcela con riego, identificados como R0 y R1 respectivamente. Dentro de cada una de las parcelas se ubicaron tres subparcelas a las cuales se les aplicaron tres niveles de fertilización: el (F0) indica que no se fertilizó, el nivel (F1) indica que la fertilización aplicada fue de 15-15-15 (N-P-K) y el nivel (F2) fue de 80-40-40 (N-P-K).

Los tratamientos fueron clasificados como R0-F0, R0-F1, R0-F2, R1-F0, R1-F1, R1-F2, donde: R0 = sin riego (temporal), R1= con aplicaciones de riego, F0= sin fertilizar, F1= nivel de fertilización 1 y F2= nivel de fertilización 2. Se tienen tres repeticiones por cada uno de los tratamientos. Cada una de las repeticiones esta formada por 16 árboles.

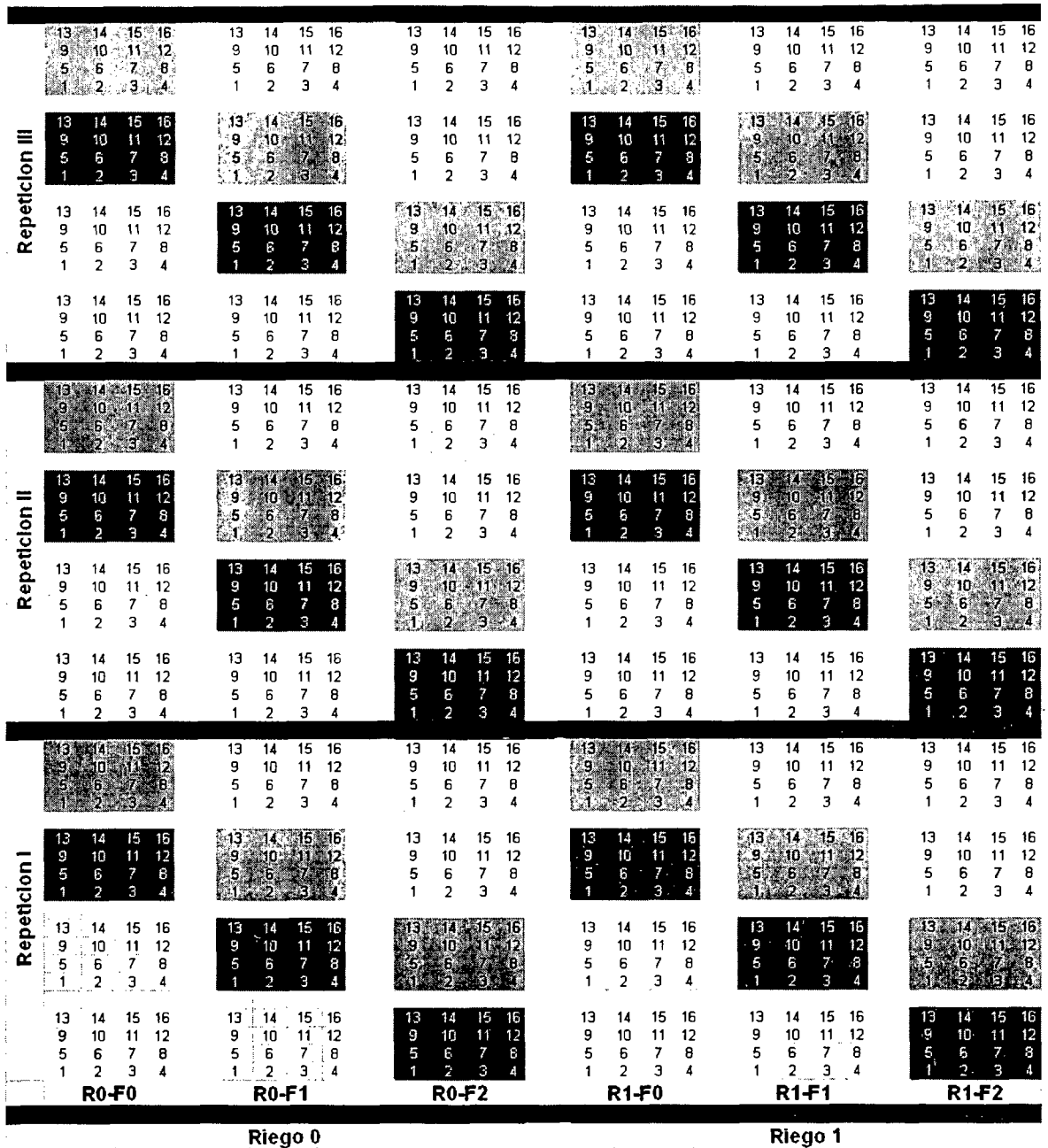


Figura 3. Distribución de especies y tratamientos en el Campo Experimental Tecomán.

Donde: primavera, rosa morada, caoba y cedro rojo.

### 5.2.2. Aplicaciones de riego

Para evitar que la plantación fracasara por motivos de estrés hídrico, se aplicó un riego de auxilio a toda la plantación (con riego y sin riego) dos meses después de iniciado el trasplante, el riego total también se aplicó en el mes de mayo de 1993. A partir de esta fecha las aplicaciones de riego solamente fueron a las parcelas asignadas para tal fin.

El suministro del riego fue por gravedad y por inundación, la frecuencia varia de 2 a 5 riegos anuales dependiendo de la severidad de la época de estiaje. Cuando se aplicaron dos riegos estos fueron en marzo y mayo, y cuando se aplicaron cinco se iniciaron en el mes de enero y terminaron a principios de junio. El criterio para determinar la necesidad de riego fue empírico, considerando la humedad del suelo de forma visual, las cantidades aplicadas en general fueron aproximadamente de 20 litros por planta (Villa *et al.*, 1996).

### 5.2.3. Aplicaciones de fertilizante

Como fuente de nutrimentos se utilizaron el sulfato de amonio al 20.5% (N), el superfosfato de calcio triple al 46% (P) y el sulfato de potasio al 50% (K). La cantidad de estos componentes de acuerdo con los niveles es la siguiente: nivel 1, fórmula 15-15-15, la aplicación en campo fue de 1.5 kg/ha para cada uno de los elementos N-P-K; nivel 2, fórmula 80-40-40, la aplicación en campo fue de 2.7, 1.3 y 1.3 kg/ha para los elementos de N-P-K respectivamente.

Al inicio de la plantación la aplicación del fertilizante se fraccionó de la siguiente manera: 30 gr (N-P-K) por planta a los 10 días del trasplante y 90 gr a los cuatro meses. Los siguientes dos años, se aplicó una sola fertilización anual en el mes de Junio de aproximadamente 100 gr/árbol (Villa *et al.*, 1996).

#### 5.2.4. Labores culturales y replante

Periódicamente se realizaron rastreos con tractor para eliminar la maleza entre las hileras. Las hierbas al pie del árbol se eliminaron manualmente con machete o azadón. Al año de establecida la plantación se realizaron replantes para todas las especies pero principalmente de primavera (*Roseodendron donnell-smithii*) que fueron las más afectadas por un ciclón, después del primer año no se realizó ningún otro replante. En el año 1994 y 1995 se realizaron podas a las ramas bajas y las heridas fueron selladas con pasta "bordeles" (Villa *et al.*, 1996).

#### 5.2.5. Control de plagas

Después de 4 meses de establecida la plantación se observaron daños en la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el cedro (*Cedrela odorata*) por el barrenador de las meliaceas (*Hypsiphylia grandella*). A las plantas afectadas se les aplicó "Decis 2.5, pero no se obtuvieron buenos resultados por lo que se usó un insecticida sistémico Furadan 5% G aplicado en una dosis de 30 g por planta. Los resultados de este último tratamiento fueron mejores, aunque se observó que los tallos y el crecimiento fueron afectados.



### 5.2.6. Resultados de la primera evaluación realizada en 1995

El crecimiento de las especies se analizó a través del incremento en dos años, tanto en diámetro como en altura. Para esto se obtuvo la diferencia en incrementos entre el año tres y el año uno. Para la sobrevivencia se tomaron tres años, considerando que solo en el primer año se realizaron algunos replantes.

Al evaluar la sobrevivencia de la plantación en el año de 1995, se encontró que la especie primavera tuvo el 100% de sobrevivencia en los seis tratamientos, la rosa morada tenía un promedio de 68%, la caoba un promedio de 93% y el cedro rojo un promedio de 96% de sobrevivencia, desde entonces el comportamiento de las tres especies fue similar hasta la evaluación de 2004, sin embargo para la rosa morada la sobrevivencia fue declinando todavía más (Cuadro 1). No se observaron diferencias de sobrevivencia por las aplicaciones de riego ni por los tratamientos de fertilización. Aunque se destaca que para el cedro rojo en las parcelas con riego se obtuvo el 100% de sobrevivencia mientras que para riego de temporal se tuvo un 93%. La sobrevivencia entre especies sí presentó diferencias entre la rosa morada con las especies de primavera, caoba y cedro rojo (Villa *et al.*, 1996).

Cuadro 1. Supervivencia por especie en la UE-1 1 de Tecomán, Colima a los dos años de edad.

Tratamiento	Especie			
	Primavera (%)	Rosa morada (%)	Caoba (%)	Cedro rojo (%)
R0-F0	100	69	93	93
R0-F1	100	75	89	89
R0-F2	100	66	96	96
R1-F0	100	68	95	100
R1-F1	100	60	95	100
R1-F2	100	72	95	100

El incremento en diámetro promedio por especie muestra que la primavera tuvo 4.7 cm, la rosa morada 2.5 cm, la caoba 2.0 cm y el cedro rojo 2.7 cm. El análisis estadístico muestra que el riego si afecto significativamente el incremento en diámetro comparado con las parcelas sin suministro riego. La primavera también presentó diferencias significativas con respecto a las demás especies, siendo la especie de mayor crecimiento. La fertilización no tuvo efecto significativo en el incremento en diámetro (Cuadro 2) (Villa *et al.*, 1996).

Cuadro 2. Crecimiento en diámetro por especie en la UE-1 de Tecomán, Colima a los dos años de edad.

Tratamiento	Especie			
	Primavera (cm)	Rosa morada (cm)	Caoba (cm)	Cedro rojo (cm)
R0-F0	3.80	2.36	2.18	2.33
R0-F1	4.34	2.36	2.00	2.78
R0-F2	4.61	2.18	1.81	2.65
R1-F0	4.88	2.76	2.17	3.00
R1-F1	5.28	2.48	2.20	2.83
R1-F2	5.28	3.05	2.10	2.71

Los resultados del incremento en altura fueron de 2.6 m para la primavera, 1.3 m para cedro rojo, 1.2 m para rosa morada y 1.1 m para la caoba (Cuadro 3.). No se presentaron diferencias significativas entre las parcelas con riego y sin riego ni tampoco con los niveles de fertilización. Aunque los incrementos por especie si fueron significativos, donde la primavera tuvo diferencias significativas comparada con las demás especies (Villa *et al.*, 1996).

Cuadro 3. Crecimiento medio en altura (m) por especie y tratamiento en la UE-1 del campo Experimental de Tecomán, Colima.

Tratamiento	Especie			
	Primavera (m)	Rosa morada (m)	Caoba (m)	Cedro rojo (m)
R0-F0	2.20	1.20	1.10	1.15
R0-F1	2.50	1.25	1.20	1.20
R0-F2	2.63	1.26	1.00	1.25
R1-F0	2.85	1.35	1.30	1.39
R1-F1	2.80	1.20	1.12	1.40
R1-F2	2.80	1.14	1.08	1.17

Estado fitosanitario. El cedro rojo fue el que presentó los mayores problemas fitosanitarios debido a la presencia de pudriciones y barrenadores del tallo. Las pudriciones generaron (*Cryphonectria cubensis*) "cancros" que producen un abundante exudado de resina o gomosis. Se presentaron diferencias significativas entre las parcelas con riego y sin riego, donde los sitios con riego tuvieron menor presencia de cancos (0.6 cancos/árbol) y las áreas sin riego (1.7 cancos/árbol) (Villa *et al.*, 1996).

## 6 METODOLOGIA

Las etapas principales del presente trabajo fueron la toma de datos de campo, la captura, el análisis y el procesamiento de los mismos. La toma de datos se realizó en el año 2004 durante los meses de agosto, septiembre y octubre. Previo a la toma de datos fue necesario limpiar de malezas la plantación para que de esa forma las lecturas se hicieran libres de obstáculos y sin sesgos. Después se marco el arbolado en el tallo a la altura de 0.30m y 1.30 m que son los datos de altura de tocón y diámetro normal respectivamente. Cuando el árbol se encuentra bifurcado por debajo de 1.30 m se determinó tomarlos como dos árboles separados identificándolos como A y B. Los 16 árboles de cada parcela fueron marcados colocando una etiqueta para su identificación con los siguientes datos: número de árbol, nombre científico, nombre común, nivel de riego y fertilización aplicada.

### 6.1 Toma de datos en campo

#### 6.1.1 Cálculo de la sobrevivencia

Se contabilizó el número de árboles vivos, muertos y desaparecidos de cada parcela en los seis tratamientos. Los árboles desaparecidos fueron incluidos en la categoría de árboles muertos.

#### 6.1.2 Medición de diámetros

La medición del diámetro consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos que tocan a la circunferencia. La medición de diámetro se hizo en las alturas de 1.30 m y 0.30 m, a partir del

suelo. La medición más importante es el diámetro a la altura de 1.30 m, llamado diámetro normal o diámetro a la altura de pecho. El diámetro a 1.30 m se ha estandarizado a nivel mundial y es una medida ampliamente utilizada en inventarios forestales (Romahn, 1994).

Para tener exactitudes al centímetro, las mediciones del diámetro se realizaron con cinta diamétrica graduada a décimas de cm. Debido a que todas las plantaciones están en lugares planos, las mediciones podían realizarse desde cualquier orientación.



Figura 4. Forma de Medición de diámetro a 1.30 m.

### 6.1.3 Medición de altura

Se tomaron dos mediciones de altura: la altura total y la altura de fuste limpio. Altura total se refiere a la medida vertical del árbol desde la base hasta la punta de la copa. Altura de fuste limpio se refiere a la medida desde la base hasta donde tenga la primera rama viva o la uniformidad del follaje. El equipo utilizado para determinar la altura fue el clinómetro y una cinta métrica. La cinta se utilizó para conocer la distancia horizontal de la base del árbol hasta una distancia equivalente a la altura del árbol. En las parcelas se usaron distancias horizontales comúnmente entre 15 y 20 m.

Las mediciones fueron anotadas en un formato y en oficina se realizaron los cálculos para obtener las alturas en sistema métrico utilizando la siguiente fórmula:

$$A = Dh (Ls - Lb)/100$$

Donde:

Dh = Distancia horizontal en m.

Ls = Lectura superior que puede ser de la copa o primera rama viva (en caso de altura de fuste limpio).

Lb = Lectura de la base del árbol.

A = Altura del árbol en m.



Figura 5. Forma de medición de alturas total y fuste limpio.

#### 6.1.4 Medición de copas

En esta actividad se midió la proyección de las copas a los cuatro puntos cardinales (N,S, E,O) con la cinta métrica. La medición se hizo a partir del centro del fuste hacia la línea vertical imaginaria donde termina el follaje principal de la copa y en gabinete se determino el área de copa utilizando la formula del elipse.



Figura 6. Forma de medición de copas en los 4 puntos cardinales.



### 6.1.5 Daños mecánicos

Se considero si el arbolado de la plantación presenta daños mecánicos por ejemplo aquellos causados por el hombre o bien de manera natural por efecto de rayos, huracanes, animales, incendios, etc. (Manzanilla, 1993).



Figura 7. Ejemplo de daños mecánicos.

### 6.1.6 Ubicación del daño

Corresponde a la parte del árbol donde se presenta el daño. Interesa conocer principalmente el daño que se presenta en el tallo y puede ser en la parte baja del fuste, parte alta del fuste, las ramas o la corteza.

### 6.1.7 Grado del daño

El grado del daño se identifica como leve, medio y severo. El criterio para definirlo se basa en si el daño es generalizado o se presenta en forma parcial y localizado.

### 6.1.8 Estado fitosanitario

Para evaluar el estado fitosanitario de la plantación solo se manejaron dos conceptos: sano o enfermo, se determina enfermo cuando el daño es realmente evidente y actualizado, y además tenga un posible efecto con el crecimiento. También se identificó el agente causal que puede ser el barrenador de brotes y yemas, fungosis en el tallo o ramas, fungosis en la base, descortezador, defoliador, muerdago, bacterias o virosis. Una última clasificación es cuando se desconoce el agente causal.

### 6.1.9 Vigor del arbolado

En este concepto se califica al arbolado de manera subjetiva con tres niveles de vigor, los cuales están basados en un criterio que compara el árbol evaluado con un árbol ideal dentro de la misma plantación por especie. El criterio se basa en el crecimiento en diámetro, altura, conformación de la copa y sanidad. Los niveles elegidos son exuberante: cuando la copa está bien desarrollada, con fustes generalmente rectos, el diámetro y altura corresponde a los dominantes y el árbol está sano; medio: cuando la altura, diámetro y copa corresponden al promedio de los árboles, puede presentar algún problema sanitario; raquítico: corresponde al arbolado suprimido con bajo nivel de desarrollo de altura, diámetro y copa, los fustes son generalmente inclinados, el bajo nivel de desarrollo puede estar limitado debido a un problema por enfermedad.

## 6.2 Captura de la Información

Una vez que fueron tomados los datos de campo, se continúa con la segunda etapa que corresponde a la captura digital de datos. La cual se realizó en un manejador de bases de datos (programa de cómputo Excel).

## 6.3 Análisis y procesamiento de datos recabados

Para la obtención de promedios y gráficas se utilizó un manejador de bases de datos (Excel) con el cual se obtuvieron porcentajes de sobrevivencia y promedios de diámetro, altura, área de copa, vigor y estado fitosanitario por tratamiento.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS) desarrollado para manejar grandes cantidades de datos y permite analizar diseños estadísticos, regresiones y correlaciones. Para los objetivos de este estudio se utilizó el paquete GLM (General Linear Models), el cual está especialmente diseñado para trabajar diseños experimentales; en este trabajo se aplicó al diseño experimental de parcelas subdivididas. Las diferencias entre tratamientos se realizaron a través de la comparación múltiple de medias utilizando los métodos de LSD (Diferencia mínima significativa), Duncan y Tukey principalmente. Para demostrar la diferencia entre tratamientos se utilizó un valor de  $p \leq 0.05$ . Los datos que fueron sometidos al análisis estadístico fueron sobrevivencia, diámetro, altura, área de copa y vigor.

## 7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Respuesta de las variables por tratamiento

Cada una de las especies ensayadas tuvo seis tratamientos que incluye las variables de riego y fertilización, en las cuales se busca determinar en cual de éstos se tuvo mayor sobrevivencia, diámetro, altura, área de copa, vigor y estado fitosanitario.

Los tratamientos fueron:

R0-F0: sin riego y sin fertilización, testigo.

R0-F1: sin riego, fertilización 15-15-15 (N-P-K)

R0-F2: sin riego, fertilización 80-40-40 (N-P-K)

R1-F0: riego y sin fertilización.

R1-F1: riego, fertilización 15-15-15 (N-P-K)

R1-F2: riego, fertilización 80-40-40 (N-P-K)

Los resultados que a continuación se presentan son por especie, variables de estudio y tratamiento.

Primavera.

Esta especie presentó una mejor adaptabilidad y desarrollo en comparación a las demás. La sobrevivencia de la primavera muestra resultados del 100% en los seis tratamientos de la plantación, no se tuvieron diferencias entre los tratamientos en base a los análisis estadísticos (Figura 8).

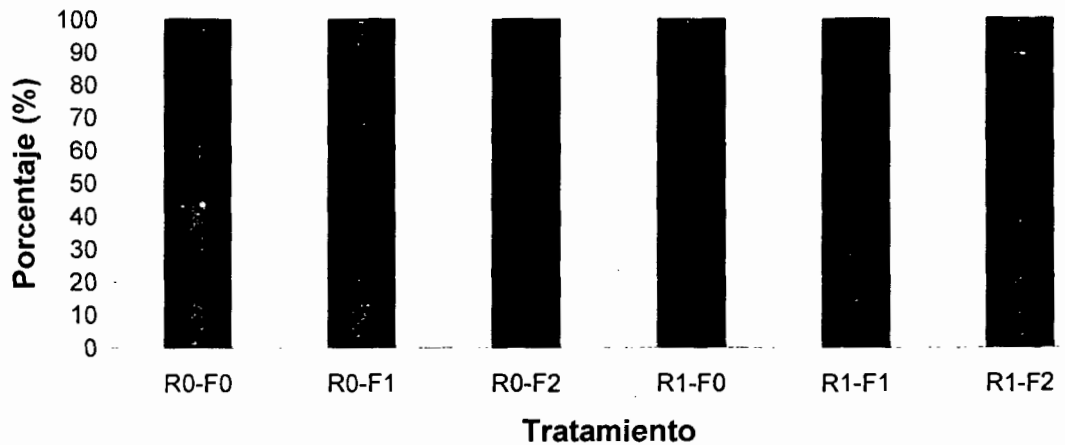


Figura 8. Supervivencia de la primavera en los seis tratamientos de la Unidad Experimental 1 de Tecomán, Colima.

El diámetro promedio general de la primavera fue de 20.5 cm, (ver Anexo 10.1 y 10.2). Los promedios en área de riego fue de 21.37 y de 19.59 en el área sin riego, la diferencia fue significativa ( $p = 0.0031$ ). La agrupación de diferentes tratamientos (Figura 9) también fue significativa ( $p = 0.0286$ ). La comparación de medias de Duncan indica que se tienen dos grupos diferentes uno incluye al R1-F2, R1-F0, R1-F1, R0-F2 y R0-F0, en el siguiente grupo se tiene al R0-F2, R0-F0 y R0-F1 (ver Anexo 10.3). El mayor diámetro se obtuvo en el tratamiento R1-F2 con 21.5 cm y el menor fue 18.4 cm en el tratamiento R0-F1 (Figura 9 y Cuadro 4). Los análisis estadísticos presentados para la primavera en los anexos que a continuación se mencionan fueron también elaborados para el resto de las especies.

Cuadro 4. Comparación de medias para el diámetro y tratamientos de riego y fertilización para la primavera, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Tratamiento					
	R1-F2	R1-F0	R1-F1	R0-F2	R0-F0	R0-F1
Diámetro (cm)	21.5 (a)	21.3 (a)	21.3 (a)	20.3 (a, b)	19.9 (a, b)	18.4 (b)

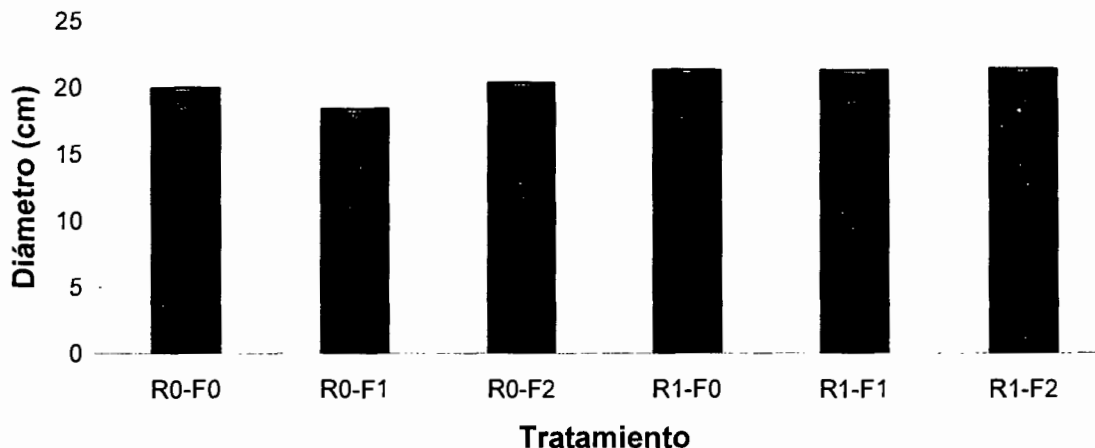


Figura 9. Diámetro de la primavera en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima

La altura total tuvo diferencias altamente significativas cuando los valores se agruparon en áreas de riego y sin riego. En el área de riego se tuvieron 12.5 m y sin riego 11.6 m ( $p < 0.0001$ ), (Cuadro 5). Los tratamientos de fertilización en la parcela sin riego también fueron significativos ( $p = 0.047$ ), el valor más alto fue para la fertilización 2 con 12.1 m de altura.

Cuadro 5. Comparación de medias para la altura y tratamientos de riego para la Primavera, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.0001$ .

Variable	Tratamiento	
	Riego	Sin riego
Altura (m)	12.5 (a)	11.6 (b)

La agrupación de los tratamientos (Figura 10) tuvo una marcada diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ), así como la comparación de medias de Duncan y Tukey que agruparon los valores en dos grupos (Cuadro 6) (ver Anexo 10.5). La altura

más alta correspondió al tratamiento R1-F2 con 12.7 m y el menor crecimiento se presentó en el tratamiento R0-F1 con 11.1 m (Figura 10).

Cuadro 6. Comparación de medias para la altura y tratamientos de riego y fertilización para la primavera, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Tratamiento					
	R1-F2	R1-F1	R1-F0	R0-F2	R0-F0	R0-F1
Altura (m)	12.7 (a)	12.6 (a)	12.2 (a, b)	12 (a, b)	11.7 (b, c)	11.1 (c)

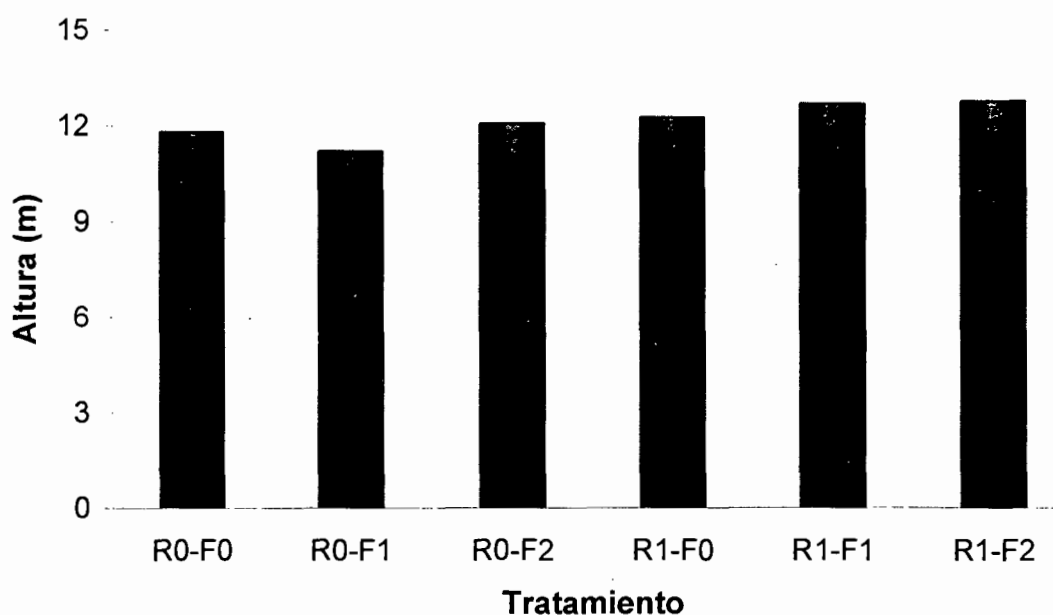


Figura 10. Altura de la primavera en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecoman, Colima.

El área de copa tuvo diferencias significativas en las áreas con riego y sin riego con un valor de  $19.3 \text{ m}^2$  para la parcela sin riego y de  $16.5 \text{ m}^2$  para la parcela con riego ( $p = 0.0366$ ) (ver Anexo 10.8). El mayor valor promedio por tratamiento

fue para el tratamiento testigo, R0-F0 con 20.0 m<sup>2</sup> y el menor en el tratamiento R1-F2 con 15.5 m<sup>2</sup>, aunque los resultados no fueron significativos.

El vigor de la primavera en promedio quedo distribuido con 24.5% como exuberante, el 68.5% fue normal y el 7% se presentó raquítico. El estado fitosanitario de la Primavera es del 97% del arbolado sano y el 3% esta plagado por muerdago (planta parásita).

### Rosa Morada.

La rosa morada fue la especie que tuvo menor adaptación, ya que presentó porcentajes de sobrevivencia promedio muy bajos con 31.0%. El tratamiento que tuvo mayor sobrevivencia fue el R1-F2 con el 44% y el tratamiento de menor sobrevivencia fue el R1-F1 con el 17% (Figura 11), las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas.

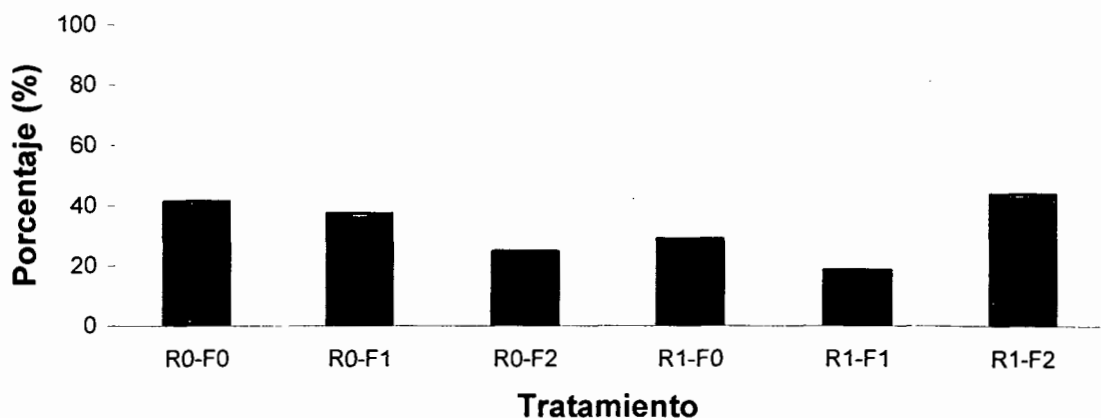


Figura 11. Sobrevivencia de la Rosa morada en los seis tratamientos de la Unidad Experimental 1 de Tecomán, Colima.



Aunque se tienen diferencias en los crecimientos de los diferentes tratamientos de la rosa morada no se tuvieron diferencias significativas, debido a la gran variabilidad que presentó la especie. El promedio del diámetro incluidos todos los tratamientos fue de 17.8 cm. El diámetro promedio más alto fue de 20.7 cm para el tratamiento R1-F1 y el más bajo fue de 16.5 cm en el tratamiento R0-F2 (Figura 12).

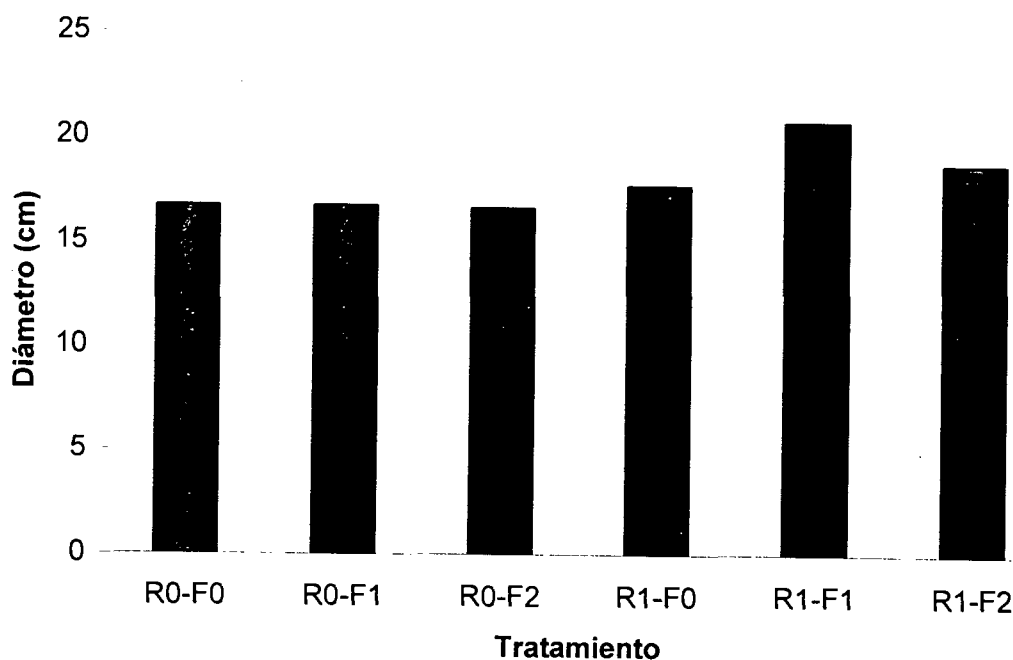


Figura 12. Diámetro de la rosa morada en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecoman, Colima.

El promedio de altura de esta especie en todos los tratamientos fue de 8.5 m. No se tuvieron diferencias en los crecimientos debido a la alta variabilidad en los tratamientos. El promedio de altura más alto fue para el tratamiento R1-F1 con 9.3 m y el más bajo fue para el tratamiento R1-F0 con 8.1 m (Figura 13).

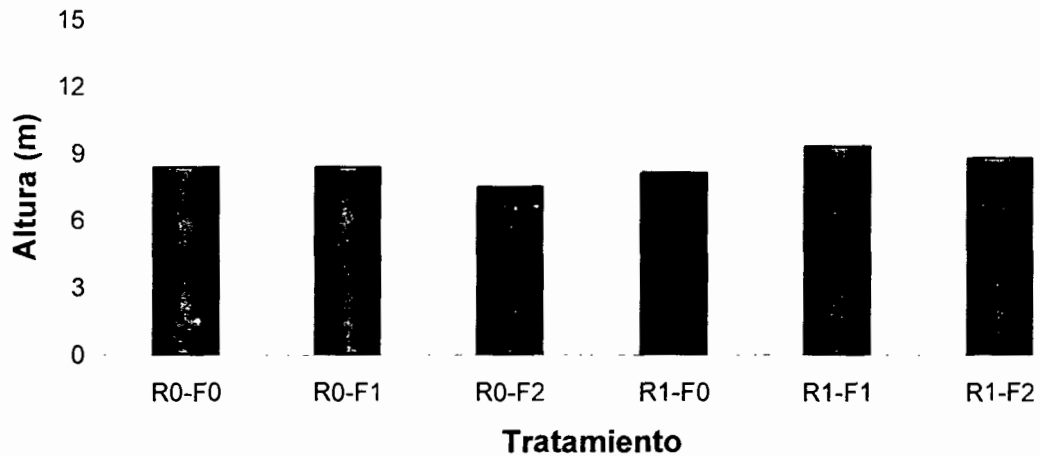


Figura 13. Altura de la Rosa Morada en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán Colima.

En la variable área de copa esta especie tuvo un promedio de 20 m<sup>2</sup>, esta fue la especie que mayor promedio mostró en área de copa, esto se atribuye a que como tuvo menor densidad se desarrollo mejor que las demás especies; el mayor desarrollo lo presentó el tratamiento R0-F2 con 23.4 m<sup>2</sup> y el menor desarrollo de copa lo fue para el tratamiento R1-F2 con 17.6 m<sup>2</sup>, las diferencias no fueron significativas para ninguno de lo tratamientos ni para las parcelas con riego y sin riego.

En la variable vigor del arbolado de la rosa morada en promedio quedo distribuido con los valores de 31% como exuberante, 59% en estado normal y 9% como raquítico.

En cuanto a la variable del estado fitosanitario los resultados mostraron que el 99% del arbolado se presenta sano y solo un 1% se encuentra enfermo.

Caoba.

La sobrevivencia de esta especie en promedio es de 85%, el tratamiento que mayor porcentaje de sobrevivencia fueron el R0-F0 y R1-F0 con 94% ambos y el de menor sobrevivencia fue el tratamiento R1-F2 con el 77% (Figura 14), las diferencias no fueron significativas.

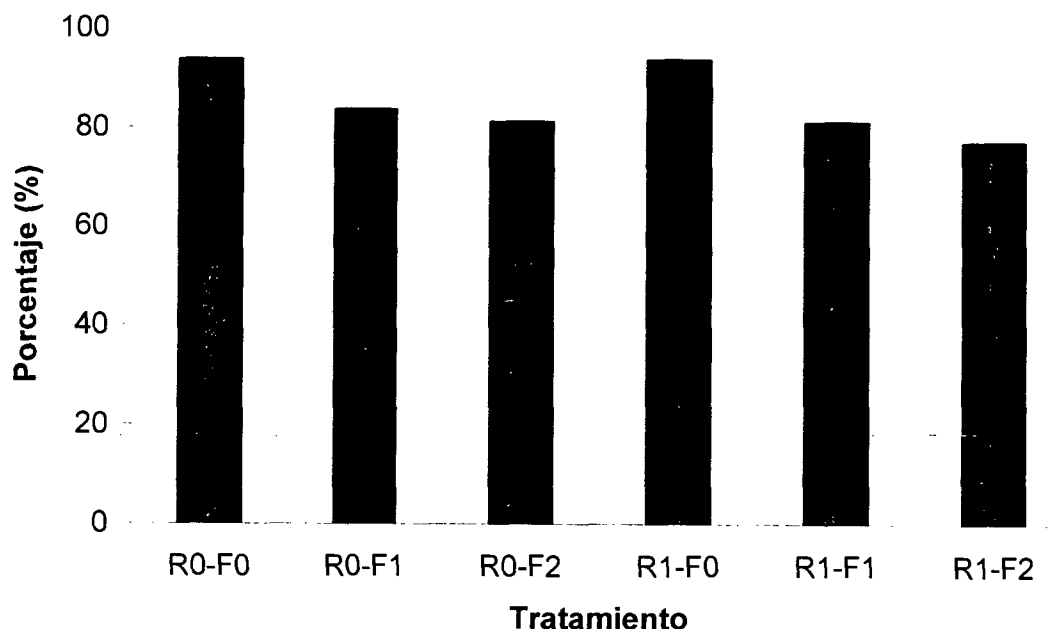


Figura 14. Sobrevivencia de la Caoba en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.

En la variable de diámetro el valor promedio fue de 15.7 cm, el tratamiento que tuvo mayor diámetro fue el R1-F2 con 16.7 cm y el que menor diámetro alcanzo fue el tratamiento R0-F2 con 15.1 cm (Figura 15), los tratamientos no fueron significativos.

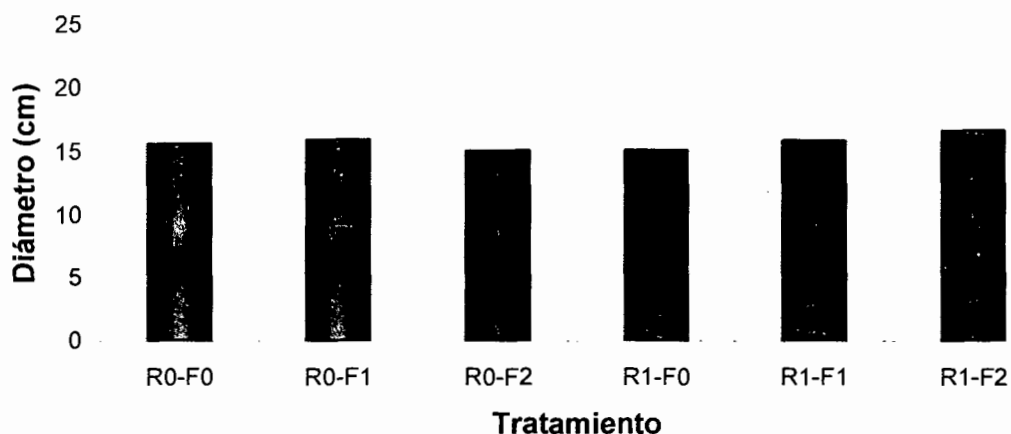


Figura 15. Diámetro promedio de la Caoba en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.

El riego tuvo influencia en el crecimiento en altura, las parcelas con riego tuvieron un promedio de 8.1 m y en las parcelas sin riego fue de 7.7 m ( $p = 0.045$ ), (Cuadro 7). Los tratamientos de fertilización no tuvieron una influencia notoria en el crecimiento.

La altura promedio de todas las parcelas fue de 7.9 metros. Aunque no fueron significativos el crecimiento más alto fue en el tratamiento R1-F1 con 8.3 m y el más bajo fue el tratamiento R0-F0 con 7.6 m (Figura 16). Esta especie presentó un menor desarrollo en diámetro y altura comparada con las demás especies.

Cuadro 7. Comparación de medias para la altura y tratamientos de riego para la caoba, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de  $p = 0.045$ .

Variable	Tratamiento	
	Riego	Sin riego
Altura (m)	8.1 (a)	7.7 (b)

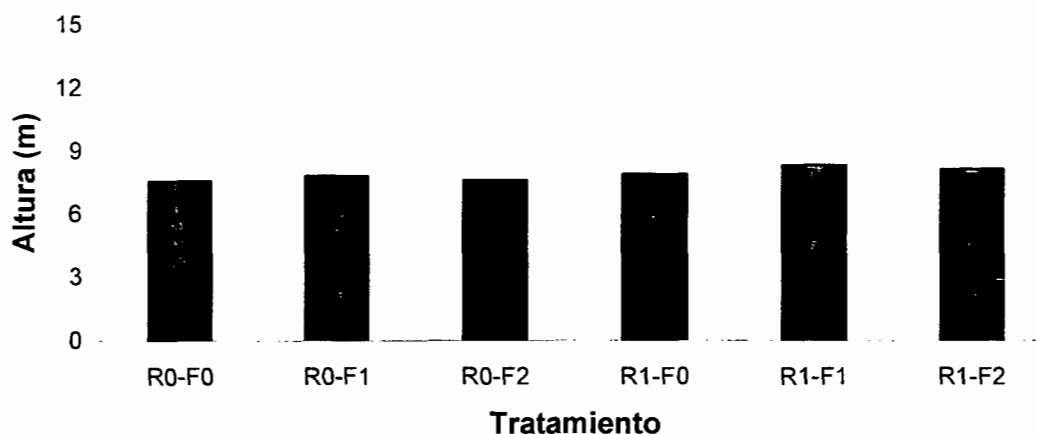


Figura 16. Altura de la caoba en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.

Para la variable área de copa el promedio para esta especie fue de 15.8 m<sup>2</sup> en todas las parcelas. Estadísticamente se tuvieron diferencias significativas altas en las parcelas de riego y sin riego ( $p < 0.0001$ ); los valores promedio fueron de 19.0 m<sup>2</sup> y 12.5<sup>2</sup> respectivamente. Las pruebas de comparación de medias muestran que se tienen tres grupos de medias en los diferentes tratamientos. El tratamiento que presentó el mayor crecimiento fue el R0-F0 con 20.4 m<sup>2</sup> y el menor valor en el desarrollo de la copa fue en el tratamiento R1-F0 con 11.3 m<sup>2</sup> (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias para la variable área de copa en tratamientos de riego y fertilización para la caoba, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Tratamiento					
	R0-F0	R0-F1	R0-F2	R1-F2	R1-F1	R1-F0
Área de copa (m <sup>2</sup> )	20.4 (a)	18.6 (a, b)	17.4 (a, b)	14.3 (b, c)	12.1 (c)	11.3 (c)

El vigor de la Caoba quedo distribuido de una manera distinta a las demás especies, donde la mayoría del arbolado se presentó con un vigor normal con el (63%), un estado raquítico lo presentó el 19% y un vigor exuberante de individuos se caracterizaron con el 17%. El estado fitosanitario de esta especie se registró como sano en un 100%.

#### Cedro rojo.

El cedro rojo fue la segunda especie que mejor se adapto a las condiciones del lugar, teniendo una sobrevivencia total promedio del 94%. Las parcelas de riego y sin riego tuvieron diferencias significativas con 100% y 88% respectivamente ( $p = 0.015$ ). Los tratamientos que tuvieron un mayor porcentaje de sobrevivencia fueron el R1-F0, R1-F1 y el R1-F2 con el 100% y el tratamiento que tuvo el menor porcentaje fue el R0-F0 con 81% (Figura 17 y Cuadro 8).

Cuadro 9. Comparación de medias para la sobrevivencia en los tratamientos de riego y fertilización para el cedro rojo.

Variable	Tratamiento					
	R1-F1	R1-F2	R1-F0	R0-F2	R0-F1	R0-F0
<b>Sobrevivencia (%)</b>	100 (a)	100 (a)	100 (a)	93.7 (a, b)	89.5 (a, b)	81 (b)

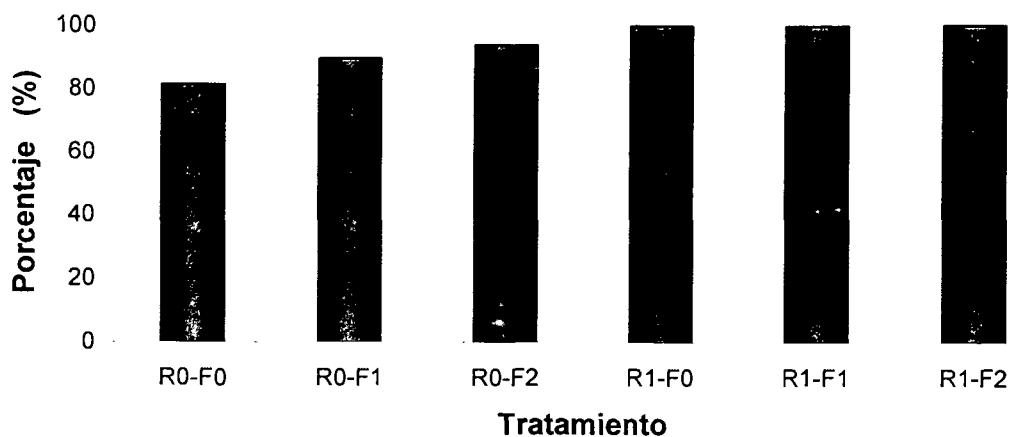


Figura 17. Supervivencia del cedro rojo en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.

En la variable diámetro, el cedro rojo tuvo un promedio de 18.1 cm, el mayor valor en esta variable fue en el tratamiento R1-F2 con 19.2 cm y el tratamiento con menor diámetro promedio es el R1-F1 con 17.3 cm (Figura 18), las diferencias no fueron significativas.

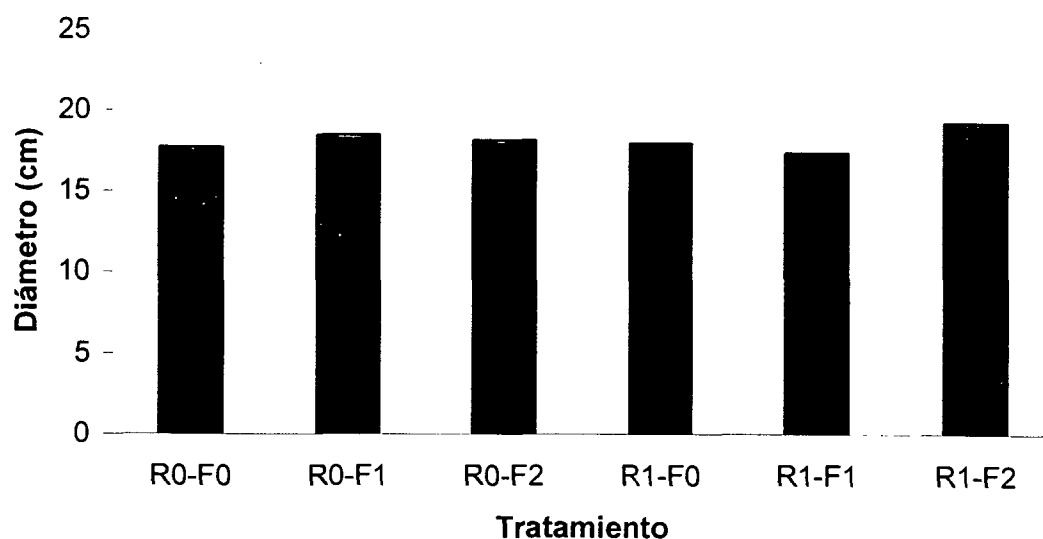


Figura 18. Diámetro del cedro rojo en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.

En la variable altura el promedio es de 10 m en todas las parcelas. El riego no fue significativo en el crecimiento, pero la fertilización si fue importante ( $p = 0.0008$ ), las parcelas fertilizadas (F1 y F2) tuvieron los mayores valores con 10.3 m y 10.5 m respectivamente, mientras que las áreas no fertilizadas fue de 9.4 m. La comparación de medias muestra igualmente diferencias en los tratamientos, mostrando dos grupos principales donde la mayor altura se alcanzó en el tratamiento R1-F2 con 10.7 m y el menor fue en el tratamiento R0-F0 con 9.0 m. (Figura 19, Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias para la altura en los tratamientos de riego y fertilización para el cedro rojo, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Tratamiento					
	R1-F2	R0-F1	R0-F2	R1-F1	R1-F0	R0-F0
Altura (m)	10.7 (a)	10.3 (a, b)	10.2 (a, b)	10.1 (a, b)	9.7 (b, c)	9.0 (c)

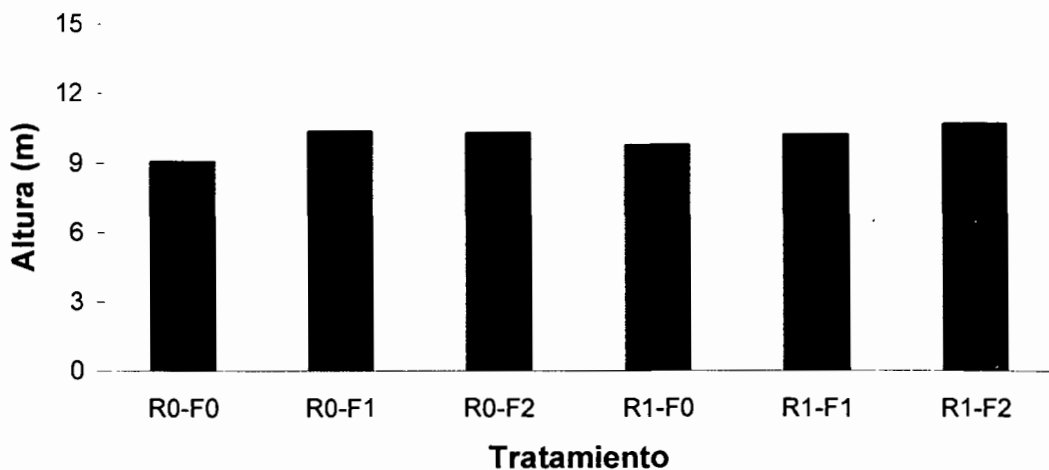


Figura 19. Altura del cedro rojo en los seis tratamientos de la UE-1 de Tecomán, Colima.



En cuanto a la variable área de copa se observa que el cedro rojo es la especie que menos área de copa mostró, reportando un promedio de 13.2 m<sup>2</sup>. Las parcelas sin riego tuvieron una copa más grande con 16.7 m<sup>2</sup> y las parcelas con riego fueron de 10.4 m<sup>2</sup>, las diferencias fueron significativamente altas ( $p < 0.0001$ ). El tratamiento con mayor desarrollo fue el R0-F0 con 18.3 m<sup>2</sup> y el tratamiento con menor desarrollo lo fue para R1-F1 con 9.9 m<sup>2</sup> (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación de medias para el área de copa en las parcelas de riego y fertilización para el cedro rojo, las letras diferentes en los tratamientos indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Tratamiento					
	R0-F0	R0-F1	R0-F2	R1-F0	R1-F2	R1-F1
Área de copa (m <sup>2</sup> )	18.3 (a)	17.1 (a, b)	14.5 (b)	10.6 (c)	10.5 (c)	9.9 (c)

En la variable vigor en esta especie quedo distribuido de la siguiente manera: 26% de los árboles se presentan exuberantes, 56% normales y 18% se encontraron en estado raquíto.

En la variable estado fitosanitario, los resultados se presentaron como, 97% del arbolado es sano y el 3% se presentó enfermo.

## 7.2 Comparación por especie

Las diferencias entre especies fue altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), donde la primavera tuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia con el 100% en todos los tratamientos. La siguiente especie fue el cedro rojo con el 94%, continuando la caoba con 85% y finalmente la rosa morada con 31% (Figura 20 y Cuadro 12). Es

importante analizar la sobrevivencia a los 12 años de edad, para poder hacer una propuesta y tener herramientas con las cuales, poder decir que se esperaría en un lugar con condiciones similares a las de Tecomán, Colima.

Cuadro 12. Comparación de medias para la sobrevivencia para todas las especies, las letras diferentes en las especies indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Especie			
	Primavera	Cedro rojo	Caoba	Rosa morada
Sobrevivencia	100 (a)	94 (a, b)	85 (b)	31 (c)

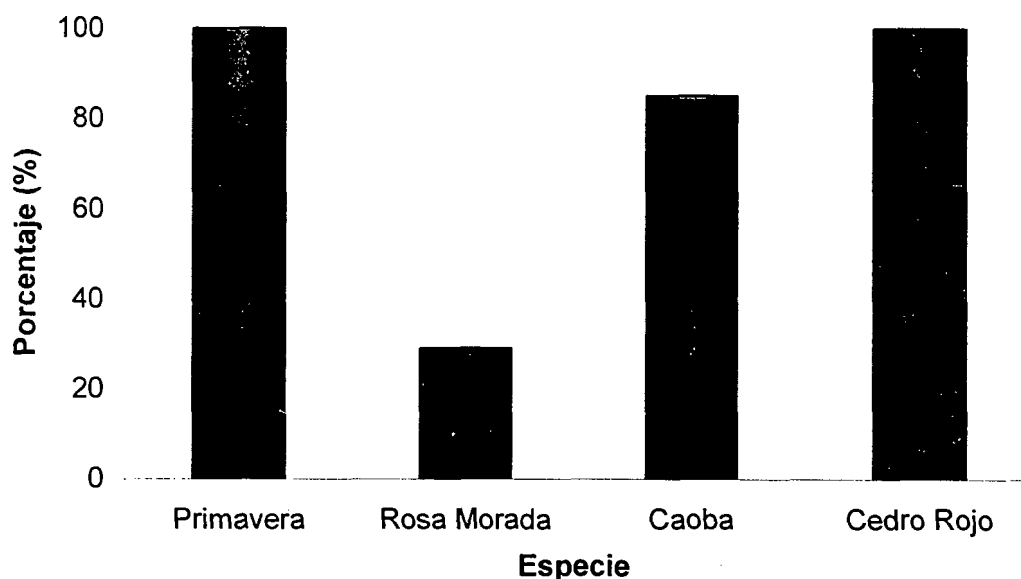


Figura 20. Promedio de sobrevivencia por especie incluyendo todos los tratamientos.

El diámetro promedio fue diferente para las especies consideradas ( $p < 0.0001$ ). En cuatro de los seis tratamientos el comportamiento del diámetro fue similar, presentando un mayor diámetro la primavera con 20.5 cm, seguida por el cedro rojo con 17 cm, después la rosa morada con 16 cm y por último la caoba

con 15 cm, los tratamientos similares fueron R0-F0, R0-F1, R0-F2 y R1-F0 (Figura 21). En los otros dos tratamientos, la especie de rosa morada tuvo el mayor desarrollo.

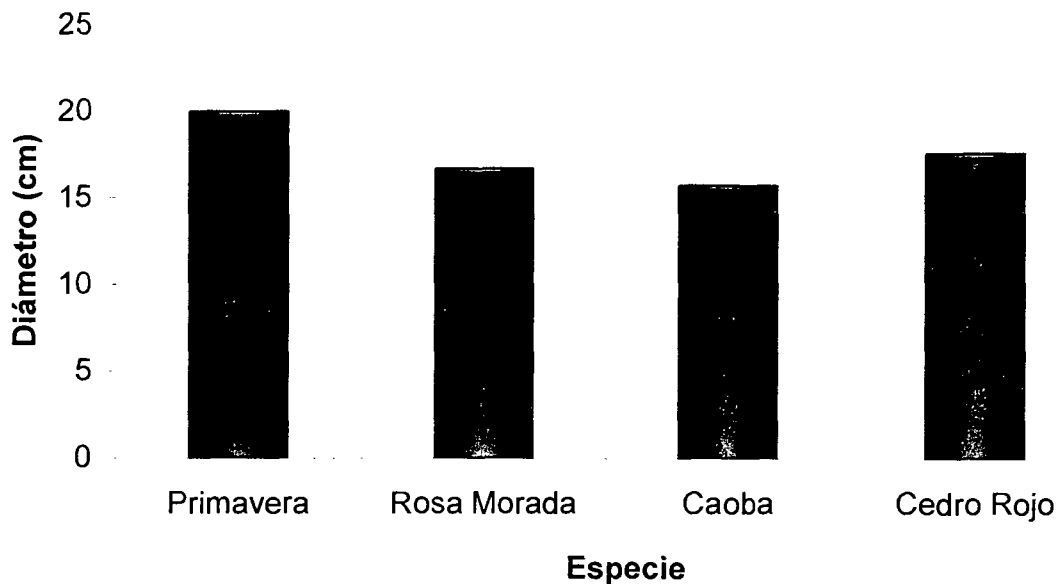


Figura 21. Comportamiento típico del diámetro promedio por especie, para los tratamientos R0-F0, R0-F1, R0-F2 y R1-F0. En esta grafica se muestra el tratamiento R0-F0.

Para los tratamientos R1-F1 y R1-F2 el diámetro se comportó de manera similar teniendo mayores dimensiones la rosa morada con 24 cm seguida de la primavera con 21 cm, posteriormente el cedro rojo con 19 cm y por último la caoba con 16 cm (Figura 22), esta condición pudiera atribuirse a que la rosa morada no presentó tanta competencia entre individuos y por eso las que lograron sobrevivir tuvieron mayores dimensiones que las otras especies que tuvieron mayor población.

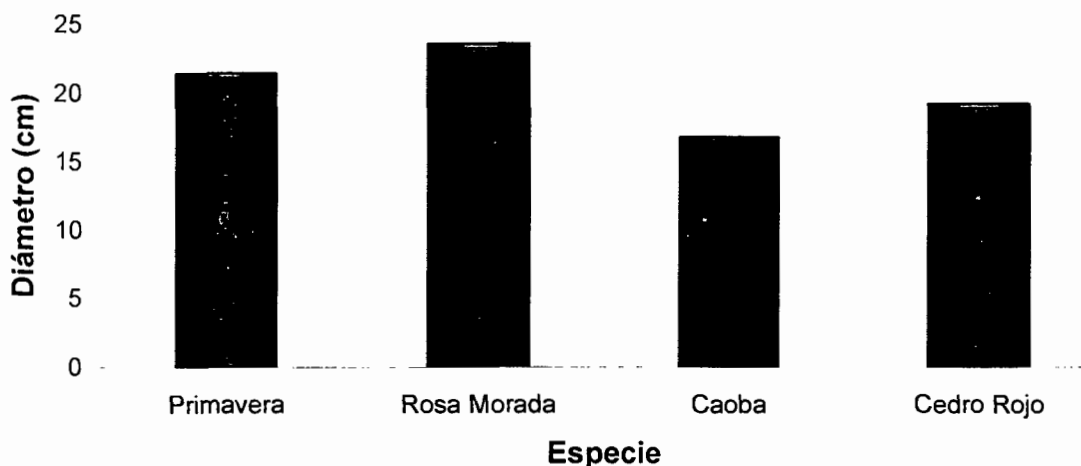


Figura 22. Comportamiento típico del diámetro promedio por especie, para los tratamientos R1-F1 y R1-F2. Aquí se muestra el tratamiento R1-F1.

Comparando las medias del diámetro normal para todas las especies con todos los tratamientos muestra diferencias significativas y un comportamiento similar a la Figura 21. La primavera fue la especie con mayor diámetro con 20.5 cm, seguida del cedro rojo y rosa morada con 18.1 y 17.8 respectivamente, para finalizar en el ultimo sitio con la caoba con 15.8 cm (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de medias para el diámetro normal para todas las especies, las letras diferentes en las especies indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Especie			
	Primavera	Cedro rojo	Rosa morada	Caoba
Diámetro (cm)	20.5 (a)	18.1 (b)	17.8 (b)	15.8 (c)

Las diferencias entre especies para la variable altura fueron altamente significativas ( $p < 0.0001$ ). Todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar donde la especie de mejor desarrollo en altura lo presentó primavera con

12.5 m, seguida del cedro rojo con 10 m, en tercer lugar la rosa morada con 9 m y por último la caoba con 8 m (Figura 23).

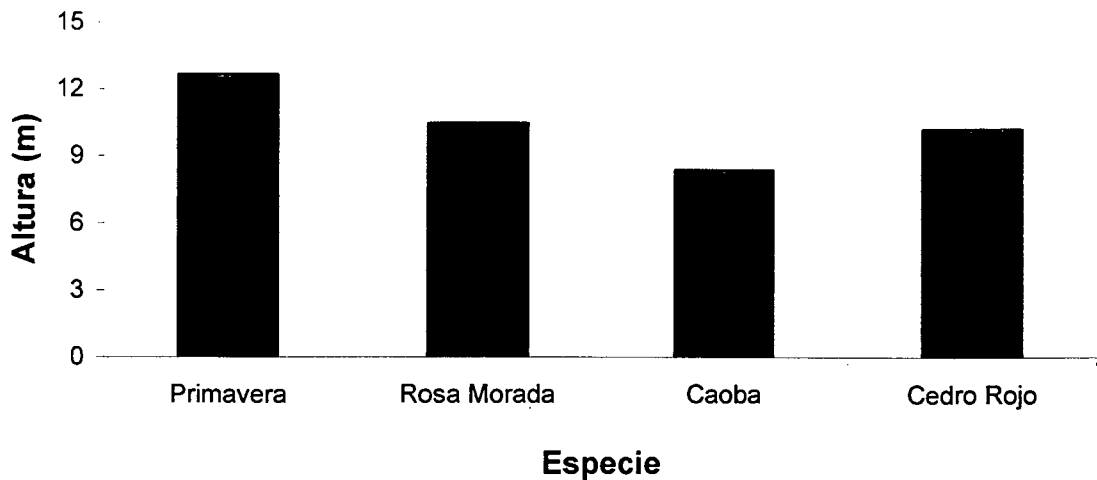


Figura 23. Comportamiento típico de la altura promedio por especie para los seis tratamientos. Aquí se muestra el tratamiento R1-F1.

La comparación de la altura con todos los tratamientos muestra diferencias significativas para todas las especies, con un comportamiento similar a la Figura 23. La de mayor crecimiento fue la primavera con 12.1 m, seguida del cedro rojo con 10.1 m, la rosa morada con 8.5 m y finalmente la caoba con 7.9 m (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación de medias para la altura total para todas las especies, las letras diferentes en las especies indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Especie			
	Primavera	Cedro rojo	Rosa morada	Caoba
Altura total (m)	12.1 (a)	10.1 (b)	8.5 (c)	7.9 (d)

La especie que tuvo mayor cobertura de copa en promedio fue la rosa morada con 21 m<sup>2</sup> esto pudo ser debido a la menor competencia entre individuos; seguida de la primavera con 18 m<sup>2</sup>, la caoba tuvo 16 m<sup>2</sup> y la que presenta menor cobertura fue el cedro rojo con 13.2 m<sup>2</sup> (Figura 24).

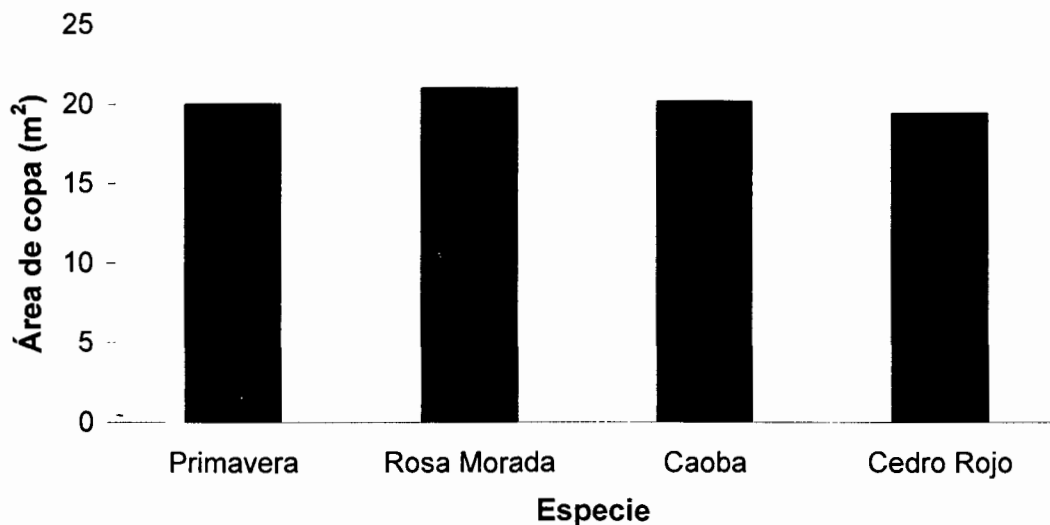


Figura 24. Comportamiento típico del área de copa por especie, tratamiento R0-F0.

El área de copa incluyendo a todos los tratamientos y comparándola por especie muestra diferencias significativas entre especies, el comportamiento general fue muy similar al que se presenta en la Figura 24. La rosa morada tuvo el mayor crecimiento en follaje promedio con 20.0 m<sup>2</sup>, seguida por la primavera y caoba con 17.9 m<sup>2</sup> y 15.8 m<sup>2</sup> respectivamente, y la especie con menor desarrollo de follaje fue el cedro rojo con 13.3 m<sup>2</sup>.

Cuadro 15. Comparación de medias para el área de copa para todas las especies, las letras diferentes en las especies indican diferencias significativas a un valor de  $p \leq 0.05$ .

Variable	Especie			
	Rosa morada	Primavera	Caoba	Cedro rojo
Área de copa (m <sup>2</sup> )	20.0 (a)	17.9 (a, b)	15.8 (b)	13.3 (c)

Cuando se analiza el vigor del arbolado se observa que en tres de las cuatro especies (primavera, rosa morada y cedro rojo), la mayoría del arbolado presentó una categoría normal con valores de 56% a 68% seguido del vigor exuberante con valores del 25% al 31% y por último el menor porcentaje del arbolado denota un estado raquítico con valores del 6% al 17% (Figura 25). La rosa morada es la especie que tiene mayor porcentaje de arbolado exuberante, debido posiblemente a la menor competencia entre los individuos y los que lograron establecerse desarrollaron mayor follaje, mayor diámetro y consecuentemente mayor vigor. La especie con arbolado más vigoroso fue la rosa morada, seguida de la primavera y la especie con arbolado más raquítico fueron la caoba y el cedro rojo (Figura 25).

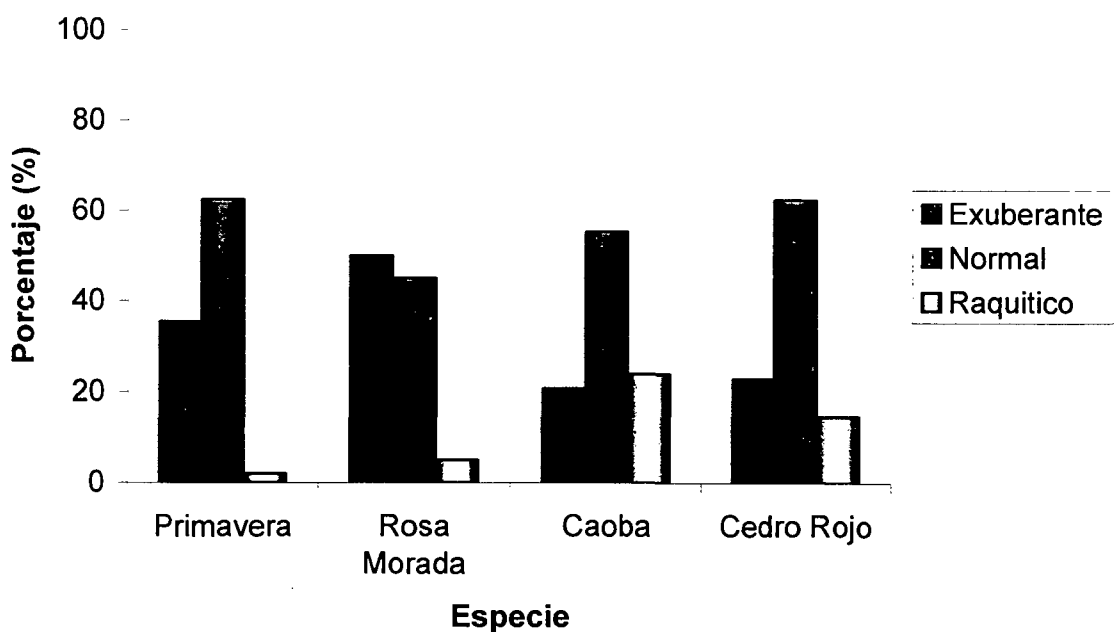


Figura 25. Comportamiento típico del vigor por especie, tratamiento R1-F2.

Respecto al estado fitosanitario se observa que el porcentaje del arbolado sano es alto, mayor al 90% en todas las especies, sobresaliendo la Primavera con un 100% (Figura 26). La plaga más común fue el barrenador de brotes y yemas (*Hypsiphylia grandella*).

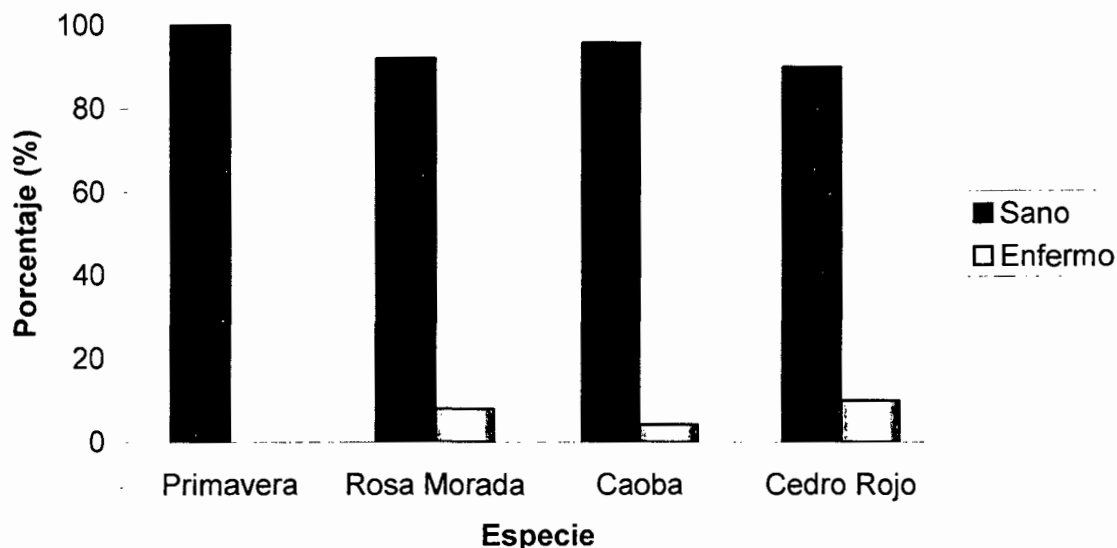


Figura 26. Comportamiento típico del estado fitosanitario por especie, tratamiento R0-F0.

Al comparar los resultados obtenidos en este trabajo se observó una mejor respuesta que los obtenidos por (Bertoni, 1980) en una plantación experimental de nueve especies tropicales plantadas en 1971 en el campo experimental El Tormento ubicado en Escárcega, Campeche. En dicho estudio se manejaron dos especies evaluadas al igual que en el presente trabajo, estas especies son cedro y caoba, mostrando los siguientes resultados (Cuadro 16).



Cuadro 16. Resultados de una plantación a la edad de nueve años en Escárcega, Campeche.

Especie	Variables		
	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Diámetro (cm)
Caoba	50	6.0	5.5
Cedro	25	3.5	4.8

En el estudio modelos de crecimiento para árboles de caoba (Cuevas *et al.*, 1992) mencionan proyecciones del crecimiento en altura total y diámetro normal promedio para árboles de entre 10 y 28 años de edad. Los autores mencionan que para árboles de 12 años desarrollaran una altura de 5.6 m y un diámetro normal de 7.2 cm, siendo que en este trabajo los resultados para caoba fueron una altura promedio de 7.9 m y diámetro normal promedio de 15.7 cm a la edad de 12 años.

En 1982 se establece en Huimanguillo, Tabasco, un ensayo para determinar el desarrollo en altura y diámetro del eucalipto, teca y melina, especies de rápido crecimiento con potencial para establecer en el trópico. A los 8 años de edad, se obtuvieron los siguientes valores de altura y diámetro: eucalipto 20.8 m y 27 cm; teca 16 m y 21 cm y para la melina 17.9 m y 32 cm, respectivamente (Patiño *et al.*, 1993).

Benavidez *et al.* (2005) reportan para una plantación en La Huerta, Jalisco, cuatro de las mismas especies que son estudiadas en este trabajo. Se analizaron la sobrevivencia, diámetro y altura, mostrando los siguientes resultados, la *Cedrela odorata* presenta un 38% de sobrevivencia, diámetro promedio de 24 cm y alturas promedio de 5 m. La especie de *Roseodendron donell-smithii* tuvo un valor muy

bajo de sobrevivencia del 20%, diámetros de 13 cm y con alturas de 4 m en promedio. Las especies *Tabebuia rosea* y *Swietenia macrophylla*, presentaron valores intermedios. Esta plantación fue establecida en 1992.

Al igual que la evaluación de La Huerta, Jalisco se realizó otra en Santiago Ixcuintla, Nayarit, la cual esta compuesta por cuatro especies tropicales. Los resultados mostrados en esta evaluación son los siguientes: la especie que mejor se adapto fue *Tabebuia chrysanta*, con un 81% de sobrevivencia, promedio de 18 cm de diámetro y una altura promedio de 7.9 m. En segundo lugar tuvieron a la *Swietenia macrophylla*, con 73% de sobrevivencia y promedio de 10 cm de diámetro y un promedio en altura de 5.6 m. La *Cedrela odorata* mostró una sobrevivencia de 58% con un promedio en diámetro de 7.5 cm y altura de 3.3 m. y por ultimo la especie que no se adapto teniendo muy baja sobrevivencia y promedios de altura menores a 2 m es la *Roseodendron donell-smithii*. Esta plantación también fue establecida en el año de 1992 (Corona *et al.*, 2005).

## 8 CONCLUSIONES

La especie que mejor se adaptó a las condiciones edafo-climáticas de la zona fue la primavera ya que reportó 100% de sobrevivencia así como los mayores crecimientos en diámetro y altura con valores de 21.5 cm y 12.75 m respectivamente. Le continuó el cedro rojo con diámetros promedio de 18.1 cm y alturas de 10.1 m.

La especie con menor adaptación fue la rosa morada con únicamente un 31% de sobrevivencia, pero con mayor cobertura de copa debido a la menor competencia entre individuos. La rosa morada ocupa el tercer lugar en el crecimiento de las especies con 17.8 cm de diámetro y 8.5 m de altura.

La caoba tuvo una alta sobrevivencia del 85% pero fue la que obtuvo los menores crecimientos tanto en diámetro como en altura con 15.8 cm y 7.9 m respectivamente.

El riego favoreció el crecimiento en altura de la primavera, caoba y cedro rojo. Para la rosa morada no tuvo influencia.

La fertilización tuvo influencia en el crecimiento de diámetro, altura y área de copa, pero solo para la primavera y cedro. La fertilización no tuvo influencia en las especies de caoba y rosa morada, probablemente pudo haber sido diferente si la fertilización fuera continua.

El 25% del arbolado de toda la plantación tiene un vigor exuberante, mientras que el 62% del arbolado es normal y el 13% raquítico.

El estado general de la sanidad actual de la plantación es buena ya que más del 90% del arbolado se encuentra sano.

Las condiciones edafo-climáticas del lugar son optimas para el establecimiento de plantaciones comerciales, sobre todo para las especies primavera y cedro rojo, de tal manera que las plantaciones son una alternativa para recuperar zonas de vocación forestal, que han sido cambiadas por usos agrícolas o pecuarios.

Es recomendable realizar podas y aclareos a las plantaciones en tiempo y forma, para que así los individuos tengan un fuste de mejores condiciones maderables.

Desde el punto de vista económico, es atractivo el establecimiento de cualquiera de estas cuatro especies evaluadas, ya que en el mercado nacional tienen un alto valor comercial.

La primavera tuvo un incremento en diámetro de 1.7cm/año y en altura de 1m/ año, la rosa morada en diámetro su incremento promedio fue de 1.6 cm/año y en altura de 0.75 m/año, la caoba presento incremento promedio en diámetro de 1.3 cm/año y en altura de 0.64 m/año y por último el cedro rojo presentó incremento promedio en diámetro de 1.5 cm/año y en altura de 0.81 m/ año.

Comparando los resultados de las mismas especies del presente trabajo con los obtenidos en el Campo experimental de Santiago Ixcuintla, Nayarit y los que se obtuvieron en La Huerta, Jalisco se encontró que el mejor desarrollo se obtuvo en el Campo Experimental Tecomán, con excepción de la rosa morada que se desarrollo mejor en Nayarit.

Con los resultados obtenidos se pueden formular paquetes tecnológicos de estas cuatro especies evaluadas, con la finalidad de darlos a conocer a los productores o personas en general interesadas en el tema.

## 9 BIBLIOGRAFIA

- Barrio Ch, J. M. 1980. Plantación piloto *Gmelina arbórea* (Linn) ensayada con tres fuentes locales. CIFTROH, Campeche, Campeche.
- Benavidez, U. G., Benavides, S. J. de D., Rueda, S. A. y Silva, L. M. 2005. Evaluación del crecimiento de seis especies tropicales de rápido crecimiento en La Huerta, Jalisco. Memorias VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. UACH. P. 476.
- Bertoni, V. R. 1980. Comportamiento de nueve especies forestales tropicales plantadas en 1971 en el campo experimental forestal tropical El Tormento, Rev. Ciencia Forestal. Num.25 Vol. 5. mayo – junio.
- Castillo, V. J. 1996. Análisis de desarrollo de cuatro especies tropicales en Granja Forestal Tecoman Colima, México. INIFAP.
- Corona, M. J., Benavides, S. J. de D., Rueda, S.A. y Gallegos, R. A. 2005. Comparación del crecimiento de cuatro especies forestales tropicales en una plantación experimental en Santiago Ixcuintla, Nayarit. Memorias VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. UACH. P. 478.
- Cuevas, G. J., Parraguirre L. C. y Rodríguez S. B. 1992. Modelos de crecimiento para una plantación de caoba, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal. P. 17.
- Espinoza, A. J. 1994. Primera evaluación de una plantación de maderas preciosas en una granja forestal, El Verdineño, Nayarit. IN, VII Reunión regional científica y técnica forestal y agropecuaria. SARH, p 172.
- FAO. 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Informe principal. Estudio FAO Montes 140. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 468 p.
- Gelfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor; Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Vol 2: Guía de especies. Santo Domingo. Enda- Caribe y CATIE. P 377.
- González, G. 1976. Propiedades de la madera de algunas meliáceas de América tropical. Miscelaneus vol. III, No. 101 IICA. Turrialba, Costa Rica. p. 8-16.
- Holdridge, R. L. 1976. Ecología de las meliáceas Latinoamericanas. Miscelaneus vol III, No 101 IICA. Turrialba, Costa Rica.
- Manzanilla, H. 1993. Los sitios permanentes de investigación silvícola un sistema integrado para iniciarse en el cultivo de los ecosistemas forestales. SARH , México D.F.

- Martínez, M. 1979. Catalogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. FCE. México. p. 51-52.
- Mas, P., García, M. J. y Prado, A. O. 1993. Ensayo de plantaciones forestales en el campo experimental forestal Barranca de Cupatitzio, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, división forestal.
- Melchor, M.J. I. 1997. Producción de planta y establecimiento de plantaciones de cedro rojo en el Estado de Veracruz. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Miranda, F. 1975. La vegetación de Chiapas, I parte segunda edición Gobierno del Estado de Chiapas, México; 265 p.
- Miranda, F. 1975. La vegetación de Chiapas, II parte segunda edición Gobierno del Estado de Chiapas, México 324 p.
- Moreno, Z. F. y Martínez, C.J. F. 1984. Estudio de trabajabilidad de cuatro especies de maderas mexicanas. División de ciencias forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Tesis licenciatura.
- Musalem, M. A. 1991. Primavera árbol de importancia comercial en México y América Central. Consultaría de fondo de Ganadería y Avicultura y Fideicomisos Agrícolas de Banco de México.
- Muñoz, F., Madrigal, H. J y Hernández, L.M. A. 1996. Dos especies promisorias para el establecimiento de plantaciones comerciales en el trópico seco de Michoacán. INIFAP. VIII Reunión científica y técnica forestal y agropecuaria. Memoria científica No 1.P. 163.
- Niembro, R. A. 1983. Árboles y arbustos útiles de México, naturales e introducidos. Limusa, México D.F. P. 176 - 177.
- Ordaz, O. E. 1995. Granjas forestales: una alternativa para la producción sostenible en la zona tropical. VIII Reunión científica y técnica forestal y agropecuaria, INIFAP. P. 164.
- Ordaz, O. E. y Pérez, Z. O. 1996. Comportamiento de poblaciones de palma de coco en diferentes sistemas de producción, Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Tecoman, Col. México.
- Patiño, V. F., Marin, Ch. J. y Díaz, M. E. R. 1993. Melina *Gmelina arborea* Producción de planta, establecimiento y manejo de plantaciones. Serie Libro Técnico. CIR sureste, INIFAP, SARH, México. P. 167.

- Pastor, C. A. 1992. Ensayo de fertilización en cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), bajo condiciones de vivero, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México.
- Paz, O. H. 1990. Plantaciones comerciales de primavera (*Roseodendron donnell-smithii* (rose) Miranda, en la costa de Chiapas, Gobierno del Estado de Chiapas. Secretaria de Desarrollo Rural. Dirección de Fomento Agrícola y Forestal, Informe Interno. 20 p.
- Pennington, T. y Sarukhan, J. 1968. Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México. INIFAO-SAG. México. 363 p.
- Pérez, C. G. U. y Chacon, J.C. 1994. Potencial forestal en el trópico húmedo mexicano, una alternativa para el desarrollo económico; Características botánicas y agro ecológicas de las principales especies forestales para plantaciones forestales en el trópico húmedo de México. Proyecto para el establecimiento de plantaciones en Teapa, Tabasco.
- Pérez, Z. O. 1993. Estudio preliminar de la precipitación pluvial mensual en el Estado de Colima, Gobierno del Estado de Colima, México.
- Pérez, Z. O. 2004. Descripción de los suelos referencia para planeación de la investigación y transferencia de tecnología en la llanura costera de Tecoman, Colima, SAGARPA- INIFAP.
- Romahn, V. C. F. 1994. Dendrometria, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 1994.
- Rosero, P. 1976. Zonificación y silvicultura de meliáceas. Miscelaneus Vol. III No. 101. IICA: Turrialba, Costa Rica. p. 2125.
- Torres, J. M. y Magaña, T. O. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Limusa. México.
- Villa, C. J., Ordaz, O. E. y Espinoza, A. J. 1996. Análisis del desarrollo de cuatro especies tropicales en la granja forestal Tecoman. Reporte inédito. INIFAP.



## 10 Anexos

### 10.1 Análisis de Varianza del diámetro del modelo general para la primavera

The SAS System 1  
 The GLM Procedure  
 Class Level Information

Class	Levels	Values
riego	2	0 1
fer	3	0 1 2
Number of observations		289

The SAS System 2  
 The GLM Procedure

Dependent Variable: dap

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Model	5	328.171858	65.634372
Error	283	7310.617623	25.832571
Corrected Total	288	7638.789481	

Source	F Value	Pr > F
Model	2.54	0.0286
Error		

Corrected Total		Root MSE	dap Mean
R-Square	Coeff Var	5.082575	20.47301
0.042961	24.82573		

Source	DF	Type I SS	Mean Square
riego	1	228.8538033	228.8538033
fer	2	55.3943007	27.6971503
riego*fer	2	43.9237537	21.9618768

Source	F Value	Pr > F
riego	8.86	0.0032
fer	1.07	0.3436
riego*fer	0.85	0.4284

Source	DF	Type III SS	Mean Square
riego	1	230.1743491	230.1743491
fer	2	55.1177948	27.5588974
riego*fer	2	43.9237537	21.9618768

Source	F Value	Pr > F
riego	8.91	0.0031
fer	1.07	0.3455
riego*fer	0.85	0.4284

## 10.2 Análisis de Varianza del diámetro para los tratamientos de riego y fertilización para la primavera

The SAS System 49  
 The GLM Procedure  
 Class Level Information

Class	Levels	Values
riego	2	0 1
rifer	6	100 101 102 110 111 112

Number of observations 289  
 The SAS System 50  
 The GLM Procedure

Dependent Variable: dap

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Model	5	328.171858	65.634372
Error	283	7310.617623	25.832571
Corrected Total	288	7638.789481	

Source	F Value	Pr > F
Model	2.54	0.0286
Error		
Corrected Total		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	dap Mean
0.042961	24.82573	5.082575	20.47301

Source	DF	Type I SS	Mean Square
rifer	5	328.1718577	65.6343715

Source	F Value	Pr > F
rifer	2.54	0.0286

Source	DF	Type III SS	Mean Square
rifer	5	328.1718577	65.6343715

Source	F Value	Pr > F
rifer	2.54	0.0286

### 10.3 Comparación de medias para el diámetro y tratamientos de riego y fertilización para la primavera

The SAS System  
 The GLM Procedure  
 Duncan's Multiple Range Test for dap

55

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate,  
 not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05  
 Error Degrees of Freedom 283  
 Error Mean Square 25.83257  
 Harmonic Mean of Cell Sizes 48.16382

NOTE: Cell sizes are not equal.

Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	2.039	2.146	2.218	2.271	2.312

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	refer
A	21.460	48	112
A			
A	21.325	48	110
A			
A	21.313	48	111
A			
B A	20.331	49	102
B A			
B A	19.981	48	100
B			
B	18.431	48	101

## 10.4 Análisis de Varianza de la altura del modelo general para la primavera

The SAS System 87  
 The GLM Procedure  
 Class Level Information

Class	Levels	Values
riego	2	0 1
fer	3	0 1 2

Number of observations 289

The SAS System 88  
 The GLM Procedure

Dependent Variable: at

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Model	5	81.2764112	16.2552822
Error	283	835.5380697	2.9524313
Corrected Total	288	916.8144810	

Source	F Value	Pr > F
Model	5.51	<.0001
Error		

Corrected Total			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	at Mean
0.088651	14.17358	1.718264	12.12301

Source	DF	Type I SS	Mean Square
riego	1	54.91138183	54.91138183
fer	2	12.09749813	6.04874906
riego*fer	2	14.26753128	7.13376564

Source	F Value	Pr > F
riego	18.60	<.0001
fer	2.05	0.1308
riego*fer	2.42	0.0911

Source	DF	Type III SS	Mean Square
riego	1	55.23611898	55.23611898
fer	2	12.04504840	6.02252420
riego*fer	2	14.26753128	7.13376564

Source	F Value	Pr > F
riego	18.71	<.0001
fer	2.04	0.1320
riego*fer	2.42	0.0911

## 10.5 Comparación de medias para la altura y tratamientos de riego para la primavera

The SAS System 93  
 The GLM Procedure  
 Duncan's Multiple Range Test for at

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate,  
 not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05  
 Error Degrees of Freedom 283  
 Error Mean Square 2.952431  
 Harmonic Mean of Cell Sizes 144.4983

NOTE: Cell sizes are not equal.  
 Number of Means 2  
 Critical Range .3979

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	riego
A	12.5604	144	1
B	11.6886	145	0

## 10.6 Análisis de varianza para la altura en la parcela sin riego para la primavera

The GLM Procedure  
 Dependent Variable: at

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Model	2	19.0315919	9.5157960
Error	142	431.6171322	3.0395573
Corrected Total	144	450.6487241	

Source	F Value	Pr > F
Model	3.13	0.0467
Error		

Corrected Total			
R-Square	Coeff Var	Root MSE	at Mean
0.042232	14.91564	1.743433	11.68862

Source	DF	Type I SS	Mean Square
fer	2	19.03159191	9.51579596

Source	F Value	Pr > F
fer	3.13	0.0467

Source	DF	Type III SS	Mean Square
fer	2	19.03159191	9.51579596

Source	F Value	Pr > F
fer	3.13	0.0467

## 10.7 Comparación de medias para la altura y tratamientos de riego y fertilización para la primavera

The SAS System 141  
 The GLM Procedure  
 Duncan's Multiple Range Test for at

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate,  
 not the experimentwise error rate.

Alpha 0.05  
 Error Degrees of Freedom 283  
 Error Mean Square 2.952431  
 Harmonic Mean of Cell Sizes 48.16382

NOTE: Cell sizes are not equal.

Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	.6892	.7255	.7498	.7677	.7817

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	refer
A	12.7531	48	112
A			
A	12.6844	48	111
A			
B A	12.2438	48	110
B A			
B A	12.0622	49	102
B			
B C	11.7990	48	100
C			
C	11.1969	48	101

## 10.8 Análisis de Varianza del área de copa del modelo general para la primavera

The SAS System 173  
 The GLM Procedure  
 Class Level Information

Class	Levels	Values
riego	2	0 1
fer	3	0 1 2

Number of observations 289  
 The SAS System 174  
 The GLM Procedure

Dependent Variable: areacopa

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Model	5	1059.03902	211.80780
Error	283	36081.69683	127.49716
Corrected Total	288	37140.73585	

Source	F Value	Pr > F
Model	1.66	0.1440
Error		
Corrected Total		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	areacopa Mean
0.028514	63.18340	11.29146	17.87093

Source	DF	Type I SS	Mean Square
riego	1	562.6146236	562.6146236
fer	2	401.1096848	200.5548424
riego*fer	2	95.3147068	47.6573534

Source	F Value	Pr > F
riego	4.41	0.0366
fer	1.57	0.2092
riego*fer	0.37	0.6885

Source	DF	Type III SS	Mean Square
riego	1	561.4919360	561.4919360
fer	2	401.3952377	200.6976188
riego*fer	2	95.3147068	47.6573534

Source	F Value	Pr > F
riego	4.40	0.0367
fer	1.57	0.2090
riego*fer	0.37	0.6885