

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Agronomía

Departamento Forestal



Sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de coníferas  
en tres localidades de la sierra de Arteaga, Coahuila.

Por:

LUIS ALEJANDRO LÓPEZ OCHOA

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero 2010.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE CINCO ESPECIES DE CONÍFERAS EN  
TRES LOCALIDADES DE LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA.**

**Por:**

**LUIS ALEJANDRO LÓPEZ OCHOA**

**TESIS PROFESIONAL**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**APROBADA**

**Asesor principal**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. MIGUEL A. CAPO ARTEAGA**  
**ASESOR PRINCIPAL**

  
**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**  
**"ANTONIO NARRO"**  
**COORDINADOR DE LA DIVISION DE**  
**AGRONOMIA**  
\_\_\_\_\_  
**DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ**  
**BADILLO**  
División de Agronomía  
Coordinación.

**Saltillo, Coahuila, México**  
**Febrero 2010**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE CINCO ESPECIES DE CONÍFERAS EN  
TRES LOCALIDADES DE LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA.**

**Por:**

**LUIS ALEJANDRO LÓPEZ OCHOA**

**TESIS PROFESIONAL**

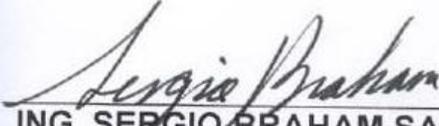
**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO FORESTAL**

**APROBADA**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. MIGUEL A. CAPO ARTEAGA**  
**ASESOR PRINCIPAL**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C José A. Nájera Castro**  
**Asesor**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. SERGIO BRAHAM SABAG**  
**ASESOR**

**Saltillo, Coahuila, México**  
**Febrero 2010**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” mi (**ALMA TERRA MATER**) por abrirme sus puertas y dar una paso más en mi formación profesional, por formar parte de mi vida, por haberme dado la oportunidad mi sueño más anhelado. En tus aulas pase muchos días de felicidad, tristeza, emociones y festejos así como los conocimientos de todos y cada uno de los profesores por eso SIEMPRE TE LLEVARE EN MI MENTE Y CORAZÓN.

Al. Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga, profesor del Departamento Forestal, por asesorarme durante este trabajo de tesis, así como su incansable orientación y apoyo, además de su amistad brindada como persona, sobre todo por sus consejos y que siempre serán bienvenidos.

M.C José A. Nájera Castro maestro del Departamento Forestal por su valiosa aportación en mi formación académica además de su amistad incondicional y por su valioso apoyo en la investigación.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, maestro del Departamento Forestal por su aportación a mi formación académica además de su amistad incondicional y por su valioso apoyo en la investigación.

Al M. C. Salvador Valencia Manzo, maestro del Departamento Forestal por brindarme su amistad incondicional y por ser parte fundamental de mi formación académica.

Al Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo, profesor del Departamento Forestal por sus grandes consejos durante mi formación académica.

Al Dr. Ismael Cabral Cordero por su valiosa amistad y su gran apoyo en mi formación académica. Además de sus consejos.

A los profesores del Departamento Forestal que de alguna ú otra forma compartieron sus conocimientos formando parte de mi formación académica y por su amistad otorgada durante mi estancia en la Universidad.

A Miguel Sosa Morales, por su gran amistad y apoyo incondicional en la toma de datos en las tres áreas experimentales.

A mis compañeros de generación que compartieron su amistad y me brindaron su apoyo durante mi estancia en la universidad.

## DEDICATORIA

**A DIOS** por darme la vida y la gran oportunidad de haber terminado mis estudios profesionales satisfactoriamente.

**A MI PADRE** *Carlos Eduardo López Arguello*. Papa es una palabra que me hace sentir y vibrar mi corazón hoy te rindo cuentas y te doy gracias por el maravilloso padre que eres, tu eres mi razón de existir, todo tu esfuerzo, porque siempre confiaste en mi porque tú me diste la vida y con trabajo y sabios consejos me sacaron adelante y soy lo que siempre soñaste un profesionista. Sabes papa tu ejemplo de humildad, honestidad y de trabajo y que tú siempre me enseñaste siempre los llevo en la mente y corazón. Tú siempre dijiste que es mejor seguir luchando pero con dignidad. Te quiero mucho y las gracias se quedan cortas pero un cosa si te digo que eres el mejor del mundo **TE AMO PAPI**.

**A MI MADRE** *Alba Luz Ochoa Ramírez*. Mamita contigo si no se qué decirte pero mi corazón quisiera gritarte con todas las fuerzas del mundo que eres mi vida y que estoy profundamente agradecido por todos tus regañones que en su momento me molesto, pero ahora sé que todo era para bien. Mamita no sé cómo pagarte por todos los desvelos y preocupaciones pero una cosa si te digo y te doy gracias por ser la mejor mama del mundo y que donde quiera que esté siempre, siempre tu vas conmigo en cada momento que pasa tu eres la primera persona que me acompaña y me alienta a hacer las cosas y reflexionar siempre en que estoy fallando y trato de hacer las cosas bien mami tu eres mi inspiración mi vida no te defraudare y quiero que tu siempre estés conmigo porque tú eres mi fortaleza mi ilusión eres mi todo. Mamita te doy las gracias por haberme dado la vida y además, no hubo momento en que tu dudaste de mi, gracias por tu confianza por tu amor y todos y tus sacrificios no los olvidare y nunca los podre compensarlos a un con todo el dinero del mundo, hoy solo me resta decirte gracias mami gracias por todo gracias..... **TE AMO MAMITA**.

**A MIS HERMANOS:** *Carlos Eduardo y Claudia Guadalupe López Ochoa.* A mis dos grandes hermanitos por todo su cariño y amor y porque sé que ustedes formaron parte de este gran proyecto solo les digo que los quiero mucho y siempre hay que seguir hacia adelante cuidar el tesoro más grande **la familia** por todo solo me resta decirles **los amo carnalitos**

**A MI ABUELITA QUERIDA:** *Guadalupe Arguello Ramírez (†).* Abue aunque en este momento no estás, me siento triste porque me hubiera gustado que tú estuvieras, pero sé que te encuentras feliz porque al fin logre terminar mis estudios. Gracias por ser la abue mas linda te quiero mucho y este donde estés te quiero decir que te llevo siempre en mi mente y corazón. Hoy solo me resta decirte abue **te quiero con todo mi corazón** nunca te olvidaremos mi viejita linda. Quiero decirte que tú te mereces el cielo por todo lo que hiciste y por la gran abue que fuiste. abue arguello siempre te recordare.

**A MI ABUELITA Mercedes Ramírez Zamorano:** Gracias por ser una gran persona y por preocuparte siempre de mi hoy te doy gracias por todos tus consejos y por cuidarte siempre por eso abue estoy muy agradecido contigo **te quiero mucho.**

**A MIS TÍOS** *Delmar, Rodolfo, Blanca, Petrona, Irma (†) López Arguello. Emma, Guadalupe, Armin, Miguel, Heriberto. Juan, Antonio, Angelina, Ortencia, Gloria Ochoa Ramírez. Elva, Patricia.* A ellos y por todos los consejos gracias por porque aunque sea de una forma desinteresada siempre me apoyaron en todo no me queda más que darle **GRACIAS..... TIOS.**

**A MIS PRIMOS** *Delmar, Lalo, Andy, Limber, Paco, J. Luis, Toño, Noé, Saúl, Amado, Telma, Rubicel, Hijinio, Marcos, Gaby, Ciro, Lizbeth, Mario, Alondra, Darinel.* Porque siempre estuvieron ahí y nunca dudaron de mi **gracias primos.**

**A MIS AMIGOS:** *Roberto, Carlos, Juan Carlos, Norberto, Francis, Eva, y más.* A ellos que siempre estuvieron conmigo en las buenas y las malas por apoyarme siempre cuando más lo necesitaba gracias los quiero mucho.

**A MIS AMIGOS DE LA ESCUELA.** Alexander (tardi), Jorge Martin(Vieja), José Miguel (bombiux), Raúl, Rosendo (chendo), Cristóbal (toba), Lisandro (chandy), Rigoberto (gatito), Marcos, Jose A.(tío pepe), Elder (papurin), Carlos E. Jhony (tío canchaya), Uzias (mamadito), Horacio (lachis), Aarón (maguito), Elmer (Cachas), Miguel A. (miguelitro), Belisario (beli), Adán(Goyo), Diego, Israel, Víctor (pipi), Antonio (tío cancahllita) Jhonatan (chinito) gracias por considerarme su amigo y por todas las palabras de aliento y fortaleza que hicieron posible todo esto, por estar cuando más los necesite y que de una u otra forma me apoyaron amigos siempre los recordare. Especialmente a Alexander que en toda nuestra carrera siempre estuvimos juntos sin importar el momento que sea, nunca cambies échale ganas a todo, recuerda que tienes un amigo.

**A MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN CVIII:** Paloma José I. Alejandro, Eddy F, Mario Eddy, Juan, Santiago, Bernardo, Deysy, Elber, Diego, Maricela, Lalo, Víctor, Rufino, Antonio, Marielena, Mónica, Wendy, Mario H, Sergio, Rigoberto, Jaime, Martin, Juan Borjas, Balerio, Edilberto, Carina, Genaro, Dany, Roberto, Carlos quen, Jesús. A todos muchas gracias por estar siempre juntos. Especialmente a los palomos que siempre estuvimos juntos en las buenas y en las malas y por todos los bellos momentos que pasamos y siempre me apoyaron me los momentos que más lo necesitaba gracias amigos **los quiero** nunca me olviden yo nunca lo haré. Y claro **“TE QUIERO SALTILLO”**

**ESPECIALMENTE** a mi raza del Buitres Gym nunca los olvidare échele ganas recuerden que “duele pero te gusta” No duele no duele no duele.

A mi princesita por su confianza amistad y apoyo incondicional, porque contigo quiero compartir mis horas de felicidad, por ser tu el amor más grande y bello que puede existir y que gracias ti he encontrado todo, tú eres mi fuente de energía, inspiración y motivación para terminar con éxito gracias por permitirme entrar a tu corazón y regalarme una sonrisa, hoy le doy gracias a dios por haberte encontrado. Solo déjame decirte dos palabras y ocho letras más. **TE AMO, TE QUIERO** ahh..... y **Gracias Por Existir.**

## INDICE DE CONTENIDO

	<b>PAGINAS</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	X
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	XI
<b>RESUMEN</b> .....	XII
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
1.1 Importancia del estudio.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.4 Hipótesis:.....	3
1.5 Pregunta de investigación.....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Marco legal y político para el establecimiento de plantaciones.....	4
2.3 Factores que originaron las plantaciones.....	5
2.4 Consideraciones generales sobre las plantaciones forestales.....	6
2.5 Establecimiento de las plantaciones.....	7
2.6 Elementos necesarios para la plantación.....	7
2.7 Factores claves de una plantación.....	7
2.8 Factores del medio.....	8
2.9 Características biológicas de las plantas.....	8

2.10 Edad y tamaño de las plántulas .....	9
2.11 Distribución y espaciamiento.....	10
2.12 Sistemas y épocas de plantación .....	11
2.13 Preparación del sitio.....	12
2.14 Control del pH .....	12
2.15 Densidad de la plantación .....	13
2.16 Fertilización en plantaciones .....	14
2.17 Nutrición mineral .....	16
2.18 Estudios de plantaciones .....	22
2.18.1 Sobrevivencia.....	22
2.19 Importancia de la evaluación de plantaciones.....	23
2.20 Variables de importancia económica.....	23
2.21 Estudios realizados .....	24
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 Descripción de los sitios de plantación.....	26
3.2 Área de estudio .....	27
3.2.1 Clima .....	27
3.2.2 Suelo .....	28
3.2.3 Vegetación .....	28
3.3 Descripción de las Especies .....	28
3.3.1 <i>Pinus cembroides</i> Zucc. (Pino piñonero).....	28
3.3.2 <i>Pinus pinceana</i> Gordon (piñonero blanco) .....	29

3.3.3 <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i> Shaw .....	30
3.3.4 <i>Pinus greggii</i> Engelm (pino, pino prieto, ocote) .....	31
3.3.5 <i>Abies vejari</i> Martínez (Oyamel, hallarin).....	31
3.4 Metodología .....	32
3.4.1 Variables a evaluar.....	32
3.5 Modelo experimental y análisis estadístico .....	33
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	<b>35</b>
4.1 Sobrevivencia.....	35
4.2 Altura.....	36
4.3 Diámetro.....	39
4.4 Numero de verticilos.....	42
4.5 Cobertura de copa.....	44
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>49</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>VII. APENDICE</b> .....	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>57</b>

## INDICE DE CUADROS

### PAGINA

Cuadro 1. Árboles por hectárea de acuerdo con la distancia de plantación. ....	14
Cuadro 2. Información química sobre los trece nutrientes minerales esenciales.....	18
Cuadro 3. Papel bioquímico de nutrientes minerales esenciales .....	19
Cuadro 4. La función de los elementos mayores y menores en la nutrición de la planta. ....	21

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localidad Mesa De Las Tablas (Variable Altura) .....	37
Figura 2 Localidad Variable (Altura).....	37
Figura 3 Localidad El Zorrillo Variable (Altura).....	38
Figura 4 Localidad Mesa De Las Tablas Variable (Diámetro).....	40
Figura 5 Localidad Variable (Diámetro).....	40
Figura 6 Localidad El Zorrillo Variable (Diámetro).....	41
Figura 7 Localidad Mesa De Las Tablas Variable (Numero De Verticilos).....	42
Figura 8 Localidad Variable (Numero De Verticilos) .....	42
Figura 9 Localidad El Zorrillo Variable (Numero De Verticilos) .....	43
Figura 10 Especie 3 <i>Abies vejari</i> Variable Numero De Verticilos .....	43
Figura 11 Localidad Mesa De Las Tablas Variable (Cobertura De Copa) .....	45
Figura 12 Localidad Variable Cobertura De Copa) .....	45
Figura 13 Localidad El Zorrillo Variable (Cobertura De Copa) .....	45
Figura 14 Especie 2 <i>P. greggii</i> Variable Cobertura De Copa .....	46
Figura 15 Especie 5 <i>P. ayacahuite</i> Variable Cobertura De Copa.....	46

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue determinar la sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de coníferas (*Pinus pinceana* Gordon., *Pinus greggii* Engelm., *Abies vejari* Martínez, *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus ayacahuite* var. *Brachyptera* Shaw. La plantación fue realizada después del incendio de 1998 en tres sitios diferente de la sierra de Arteaga, Coahuila (sitio 1 Mesa de las tablas; sitio 2 y sitio 3 El Zorrillo) en donde se plantó las cinco especies, cada sitio se dividió en 120 bloques y en cada bloque se plantaron 4 plantas de la misma especie. Para lo cual las variables de estudio fueron la sobrevivencia, altura, diámetro basal, numero de verticilos y diámetro de copa, estos. La toma de datos para el presente trabajo fue de octubre-diciembre 2009.

En el análisis de varianza realizado para la variable sobrevivencia no se encontraron diferencias significativas entre especies en cada una de las localidades.

El análisis de varianza realizado para la variable altura, diámetro. Numero de verticilos, diámetro de copa arrojo diferencias estadísticas altamente significativas.

De acuerdo a los resultados del ANOVA y comparación de medias de tukey *Pinus greggii* fue la que mostró mayores valores en altura, diámetro, número de verticilos y cobertura de copa en las tres localidades.

**Palabras clave:** Sobrevivencia, Crecimiento, Coníferas, *Pinus pinceana* Gordon., *Pinus greggii* Engelm., *Abies vejari* Martinez, *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus ayacahuite* var. *Brachyptera* Shaw, ANOVA, Altura, Diámetro, Numero de verticilos y Diámetro de copa.

# I. INTRODUCCION

## 1.1 Importancia del estudio

México es uno de los países llamados megadiversos ya que su riqueza biológica lo coloca entre los 5 países con mayor diversidad en el mundo. La diversidad biológica mexicana es el resultado de complejos históricos y ecológicos. Aunque ocupa el catorceavo lugar en superficie, se encuentra entre los primeros países con mayor número de plantas, mamíferos y reptiles. (Soberon, 1994)

La degradación de los recursos forestales que ha sufrido México ha ocasionado la reducción de su biodiversidad; para frenar este daño y recuperar la riqueza forestal, es necesario el establecimiento de plantaciones forestales de protección y restauración como alternativa para recuperar terrenos forestales y para recuperar su productividad y protegerlos contra la erosión. (Villarreal, 1994; Navarro et al., 2000).

Así mismo las plantaciones se pueden utilizar para absorber carbono, contrarrestar las emisiones de este elemento, proteger el ciclo del agua, proporcionando empleo rural, y diversificar el paisaje rural (FAO, 2000).

Las plantaciones forestales proveerán madera y ayudara a mantener y restaurar el ambiente. Además tiene ventajas sobre los bosques, tales como crecer más rápido y tener rotaciones más cortas, presenta, la oportunidad de trabajar con especies de características genotípicas y fenotípicas y se puede lograr una mayor producción comparada con los bosques naturales.

La evaluación de la plantación servirá para conocer el potencial para soportar las diferentes especies plantadas , así como conocer cuál de todas las especies es la más apta para cada sitio, y poder hacer una recomendaciones de hacer una reforestación en el sitio y áreas aledañas..

## 1.2 Planteamiento del problema

El estado de Coahuila cuenta con 192,250 ha boscosas que representan el 1.28 % de la superficie territorial del estado; el 27.22 % de esa superficie arbolada se localiza en el municipio de Arteaga (SARH, 1995); en dicha región, los bosques han sido afectados por diversos agentes y factores naturales entre los que sobresale el fuego, el cual ocasiona grandes daños y pérdidas al bosque, sobre todo cuando se presenta con gran intensidad y frecuencia.

En la Sierra de Arteaga, en 1998, ocurrió un incendio forestal afectando 5000 hectáreas, aproximadamente, donde se han hecho algunos intentos de reforestación en dicha área, pero algunos han fracasado debido a una inadecuada selección de las especies plantadas. Dado lo anterior, es necesario experimentar sobre la sobrevivencia y crecimiento bajo las condiciones actuales de la sierra de Arteaga para conocer cuáles son las especies de pinos que se podrían utilizar y recomendar para hacer una reforestación en esta área.

Ante tal situación se plantea el presente estudio que tiene como finalidad lo siguiente.

## 1.3 Objetivos

- ❖ Evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de cinco especies de coníferas: *Pinus pinceana* Gordon, *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus greggii* Engelm., *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw, *Abies vejari* Martínez establecidos en tres sitios degradados por efecto del fuego.
- ❖ Estimar los tres sitios en cuanto a potencial para sostener cada especie.
- ❖ Determinar cuál de las cinco especies es la más apta para cada sitio.

#### **1.4 Hipótesis:**

Ho: No hay diferencia en la sobrevivencia y en el crecimiento en altura diámetro basal, diámetro de copa y el número de verticilos entre especies, por cada sitio.

Ho: No hay diferencia entre sitios en sobrevivencia, crecimiento en altura diámetro basal, diámetro de copa y el número de verticilos para cada especie.

#### **1.5 Pregunta de investigación**

¿A diez años de haber sido establecida la plantación de cinco especies de coníferas en sitios degradados por efecto del fuego tendrá un estado satisfactorio de sobrevivencia y crecimiento?

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes

Los primeros trabajos de plantación (Toumey y Clarence, 1954) se originaron en Alemania en el siglo XIV. Se plantaron unos cientos de hectáreas con *Pinus*, *Abies* y *Cupressus*, en terrenos improductivos que previamente fueron quemados.

En Italia, el cultivo de *Abies alba* por los monjes valombrosanos data de fines de 1350 dado que el abeto estaba en peligro de extinguirse por los densos bosques de *Fagus silvatica* de esa región del apenino toscano (Patrone 1960).

En México, ya antes de la conquista (Quevedo, 1944), el rey de Texcoco, (1402-1472), había establecido en forma artificial el ahora Parque Nacional el “El Contador”, y el cerro de Tezcutzingo a 7 km al este Texcoco el primer jardín botánico del mundo.

### 2.2 Marco legal y político para el establecimiento de plantaciones.

La legislación forestal vigente dice:

Artículo 3º de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. “Proteger las cuencas hidrográficas mediante la conservación mejoramiento o establecimiento de masas forestales y la ejecución de obras de que influyan en el régimen de las corrientes, la seguridad de los almacenamientos para mejor utilización de las aguas. Conservar y embellecer las zonas turísticas o de recreo. Facilitar los macizos forestales para proteger las poblaciones. Proteger, mediante la forestación, las vías generales de comunicación. En general, conservar en incrementar los recursos forestales y utilizarlos con el máximo beneficio social.”

Artículo 78 de la de la misma Ley: “Se declara de utilidad pública los trabajos de repoblación forestal”.

Artículo 83 de la de la misma Ley: “El estado establecerá los necesarios estímulos crediticios, fiscales o de cualquier otra índole, para los propietarios de

predios no sujetos a aprovechamiento, que realicen trabajos de creación o fomento de masas arboladas”.

### **2.3 Factores que originaron las plantaciones**

El fuego es uno de los factores de mayor importancia en el desarrollo de la vegetación de los bosques de clima templado (Mirov, 1967; Kozlowsky y Ahlgren, 1974; Spurr 1980). Su influencia se puede observar en el paisaje donde genera parches que han sido modificados por este evento, y en las adaptaciones específicas de (Mirov 1967; Kozlowski y Ahlgren, 1974; Spurr y Barnes, 1980). Su influencia se puede observar en el paisaje, donde genera fragmentos de vegetación de diferentes composiciones y edades, y en las especies tolerantes al fuego (Ahlgren, 1974). Algunos ecosistemas están adaptados a los incendios frecuentes como los pastizales, chaparrales, y los bosques de coníferas templados y fríos en donde los incendios permiten la liberación de nutrientes y la renovación de la vegetación (Heinselman, 1978).

Los incendios forestales difieren en frecuencia e intensidad; ambos factores, denominados régimen de incendios, dependen del clima, la acumulación de combustible y la topografía (Spurr y Barnes, 1980); a su vez, el régimen tiene efecto sobre la estructura y composición de especies de los rodales forestales (Young y Giese, 1990). El entendimiento de la respuesta de la vegetación al régimen de incendios es importante para el manejo y conservación de los ecosistemas (Christensen et al., 1996; Fulé y Covington, 1999). En los bosques de encino-pino de clima templado, los incendios forestales han estado presentes en el curso de su evolución (Mirov, 1967), por lo que las especies que los componen generalmente presentan adaptaciones para sobrevivir o regenerarse después de la ocurrencia de un incendio. Por ejemplo, la mayoría de las especies de *Quercus* rebrotan vegetativamente a partir de las ramas, tocones o raíces que han quedado en el sitio; a su vez, los pinos pueden resistir incendios debido al grosor de su corteza y la rápida pérdida de las ramas inferiores (autopoda) que impide que el fuego quemé la copa (Spurr y Barnes, 1980). Otros géneros, como *Ceanothus* y

*Arctostaphylos*, persisten mediante la estimulación de la germinación de sus semillas por factores derivados de los incendios forestales (Keeley, 1991).

El restablecimiento de las comunidades vegetales en sitios incendiados depende de las especies que se encontraban previamente en el sitio, de sus adaptaciones para sobrevivir a su efecto y de la intensidad del incendio, lo cual determina el material viable que queda después de ocurrido (Lyon y Stickney, 1974; Kauffman, 1986; Tyler, 1995).

Los incendios forestales se consideran una perturbación normal dentro de la variabilidad natural de los ecosistemas forestales del mundo; ejemplo los bosques de pino de las zonas templadas y las zonas boreales, es la perturbación natural más común e incluso se consideran ecosistemas dependientes del fuego (Agee, 1993; Swanson et al. 1999; Rowell y Moore, 2000).

## **2.4 Consideraciones generales sobre las plantaciones forestales**

Eguiluz P. (1990) menciona que los factores que determinan el éxito de las plantaciones forestales son: el tipo de material seleccionado para plantar, la época de plantación, la distribución y espaciamiento de los árboles, los métodos de plantación y la preparación del terreno.

Capó (2001) el conjunto de acciones que conducen al éxito de una plantación es consecuencia de una buena planeación y una buena ejecución. La parte de planeación consiste en la definición de objetivos, la elaboración de un diagnóstico y de una prescripción calendarizada. La ejecución consiste en acciones, tales como la colecta de semilla, producción de planta, preparación del sitio, plantación, mantenimiento, protección, y otras. Tanto la planeación como la ejecución sin una planeación adecuada, no es acto racional.

## **2.5 Establecimiento de las plantaciones**

El establecimiento de las plantaciones, es sin duda el periodo más crítico para las plantas y para que ésta logre superar con éxito esta etapa, es fundamental el empleo de técnicas de manejo adecuadas para las especies y para las condiciones del sitio en donde se establecerán las plantaciones (Rivera, 1999).

El establecimiento y manejo de plantaciones es la etapa final del proceso de reforestación, sin duda, resulta ser la etapa de mayor duración y en donde se refleja la eficiencia de las etapas anteriores (Torres, 1994).

## **2.6 Elementos necesarios para la plantación**

Peñuelas y Ocaña (2000), mencionan que el agua es un factor primordial para el desarrollo de las plantas. En nuestras condiciones naturales, es su principal limitante y, por el contrario, uno de los más importantes promotores en los cultivos forzados. Casi todos los procesos fisiológicos de las plantas están afectados en mayor o menor medida por el agua.

Las características más significativas para el crecimiento de las plantaciones forestales son: el volumen disponible de suelo para exploración radical y su capacidad de almacenamiento de agua (Coile, 1952).

## **2.7 Factores claves de una plantación**

La calidad tanto morfológica (Mexal y Landis, 1990) como fisiológica (Royo *et al.*, 1997) de los brinzales es uno de los factores claves en el éxito de una plantación.

En términos de crecimiento, las plantas más grandes, además, tienden a crecer más deprisa que las más pequeñas (Mexal y Landis, 1990).

El estado nutricional de los brinzales al salir del vivero puede también determinar su capacidad de desarrollo en el campo. Las plantas mejor nutridas (mayor concentración y contenido de nutrientes) tienden a sobrevivir y a crecer más, incluso bajo condiciones fuertes de estrés hídrico (Oliet, *et al.*, 1997; Van den Driessche, 1992).

## **2.8 Factores del medio**

De acuerdo con las necesidades biológicas de las plantas, el silvicultor debe considerar varios factores del medio físico. Los factores físicos no actúan en forma independiente uno del otro, si no que su acción es sinérgica y es en este sinergismo en donde el silvicultor debe poner mucha atención. Los principales factores del medio ambiente que deben ser tomados en cuenta al establecer una plantación son: temperatura, luz, precipitación, suelos, viento, plagas y enfermedades forestales, además del relieve del sitio de plantación y otros factores bióticos que se consideren localmente.

La especie y la procedencia elegidas deberán estar bien adaptadas al clima, suelo y al ambiente biótico en que se establecerá la plantación y deberá ser capaz de rendir el producto deseado, sobrevivir y crecer a una velocidad máxima de acuerdo con la calidad del sitio; para lo cual deberá conservarse sana (Capo,2001).

Las especies y procedencias locales son las más seguras (Hawley y Smith, 1972). Al respecto Capó A. (2001) señala que aunque el sitio por plantar se encuentre dentro del rango de distribución natural de la especie, no basta con coleccionar semillas de cualquier localidad donde ésta crece, si no que deberá de provenir de las zonas con mayor similitud de condiciones climáticas y edáficas al sitio donde se establecerá la plantación.

## **2.9 Características biológicas de las plantas**

Existen varias consideraciones de tipo biológico que el silvicultor debe tomar en cuenta: se trata de un conjunto de funciones básicas de las plantas que en combinación con los factores del medio, determinan el éxito de la plantación. Sobre el particular, (Boyd 1977). señala lo siguiente:

El crecimiento de la planta en las zonas templadas y frías, áridas y semiáridas y en el trópico seco, es estacional. Durante la época del año

desfavorable para el crecimiento, las plantas entran en latencia y permanecen en ese estado hasta que vuelven a presentarse las condiciones adecuadas.

**Respiración:** La respiración es esencial para el crecimiento y mantenimiento de las células vivas. Esta depende de la cantidad de carbohidratos producidos por la fotosíntesis y de la humedad y además, es sensible a la temperatura. Si la fotosíntesis no excede a la respiración, las reservas de las plantas se agotan.

**Agua:** el agua es esencial para los vegetales, ya sea como parte del protoplasma, como materia prima para la fotosíntesis y como vehículo de sales y gases, necesarias para la nutrición.

## **2.10 Edad y tamaño de las plántulas**

La edad y el tamaño de las plantas dependerán de la especie y de las características del sitio de plantación, (Chapman y Allan, 1978).

Yáñez M. (1987) señala que como norma general, las plantas de reforestación óptimamente deben tener entre 20 y 30 cm de altura en su parte aérea o entre 12 a 18 meses de edad, dependiendo de la especie.

Ahnres, Dobkowski y Hibbs (1992) señalan que son preferibles plantas medianas y con tallos gruesos, que aquellos altos y delgados, ya que el mayor diámetro indica mayor capacidad para transportar agua y otros alimentos y enfrentar mejor el estrés hídrico.

Brissette y Carlson (1991) determinaron que algunas características morfológicas de las plántulas de *P. echinata*, tales como el diámetro basal del tallo, la proporción altura/diámetro, el volumen de la raíz y la presencia de una yema al salir del vivero están relacionadas con su crecimiento en el terreno durante los primeros cinco años de plantaciones de los arboles.

## **2.11 Distribución y espaciamiento**

La apertura de hoyos en hileras, formando cuadros o rectángulos, normalmente se emplea en terrenos planos o de poca pendiente debido a que se facilita las operaciones de cultivo posteriores (Goor, 1956; Galloway y Borgo, 1984).

La plantación a tresbolillo se emplea en terrenos de ladera y rocosos permitiendo proteger al suelo de la erosión al no quedar fajas rectas sin árboles a lo largo de la pendiente (Galloway y Borgo, 1984).

En terrenos muy rocosos o con obstáculos, es necesario plantar en todos aquellos lugares en que las rocas así lo permitan a intervalos más o menos regulares (Goor, 1956).

La elección del espaciamiento entre plantas depende del hábito de crecimiento de la especie, del objetivo de la plantación, la disponibilidad de nutrientes, la humedad, la pedregosidad del suelo y de los tratamientos silvícolas futuros (Patiño V. y Vela G., 1980), de la presencia de vegetación competidora y del aspecto financiero (Chapman y Allan, 1978).

En general el espaciamiento medio no debe ser inferior a 1.8 m ni superior a 3 m, excepto en casos especiales (Hawley y Smith, 1972). En regiones áridas, se considera normal una distancia de 2.5x2.5 m o incluso de 3.5x3.5 m y aun mas (Goor, 1956).

## 2.12 Sistemas y épocas de plantación

Dentro de los métodos o sistemas de plantación conocidos, la cepa común es el método tradicionalmente utilizado en México y en otros muchos países del mundo, con algunas modificaciones tanto en forma como en tamaño (Pimentel B., 1978). El método consiste esencialmente en excavar un cubo de dimensiones de 40x40x40 cm (Yáñez M., 1987) o simplemente un hoyo de dimensiones variables en terrenos muy perturbados o tepetatosos (Pimentel B., 1978). El trabajo para efectuar la cepa es muy simple, económico y efectivo en terreno de buena calidad; en cambio, en áreas erosionadas y de mucha pendiente no se recomienda ya que no detiene la erosión causada por el agua ni conserva la humedad y las mejoras al suelo por remoción también son reducidas.

En general, la mejor época para plantar es aquella en que el suelo está húmedo hasta cuando menos 30 cm de profundidad (Chapman y Allan, 1978; Galloway y Borgo, 1984). De manera que la época de plantación depende de la distribución estacional de las lluvias, temperatura, heladas y viento (Flinta C., 1960). Al respecto Goor (1956) señala que las operaciones de plantación deben realizarse en días húmedos, nublados o incluso ligeramente lluviosos; siendo importante no plantar en días cálidos y muy ventosos.

Flinta C. (1960) y Hawley y Smith (1972) señala que se deben de plantar cuando el crecimiento aéreo se ha detenido o es mucho más lento, de modo que la transpiración se encuentra a su mínimo, mientras que las raíces puedan crecer y acumular reservas nutritivas.

En regiones templadas, la mejor época de plantación puede ser al finalizar la primavera, casi al inicio de las lluvias de primavera o bien con las primeras lluvias de verano (Patiño V. y Vela G., 1980). Sin embargo, Hawley y Smith (1972) citan que la plantación durante el periodo de crecimiento activo a finales de primavera y en verano no es aconsejable, debido a la rápida transpiración y respiración de los tejidos jóvenes y al lento crecimiento de las raíces en pleno verano, por lo que en

regiones donde el invierno es corto y poco severo los mejores meses para plantar son diciembre y enero.

### **2.13 Preparación del sitio**

Para que los árboles tengan un crecimiento rápido y consistente, es necesario que las plantaciones se realicen en sitios con drenaje adecuado, de preferencia en suelos francos. Es importante que el terreno esté libre de malezas. En el caso de suelos con una capa dura compacta, debe aplicarse un subsolado a lo largo del posible surco de plantación, con el fin de favorecer el crecimiento de las raíces y con ello superar los problemas de tensión por sequía (Lindstrom *et al.*, 1997).

Es necesario realizar un análisis de suelo para conocer las características fisicoquímicas y determinar las necesidades de nutrientes. El pH del suelo debe ser de 5.5 a 6.0 (Lindstrom *et al.*, 1997).

Los criterios de diagnóstico para la selección de sitios que presenten respuestas biológicas a la adición de fertilizantes, incluyen: características del perfil de suelo, posición topográfica, provincia fisiográfica, niveles de fertilidad del suelo, concentraciones foliares, clase de sitio y densidad del rodal o plantación (Allen, 1987).

### **2.14 Control del pH**

El crecimiento óptimo de las plántulas y particularmente el de las coníferas, ocurre dentro de un limitado rango de pH (Tinus y McDonald, 1979), y el control del pH es necesario en ciertas operaciones. Los autores recomiendan fijar como objetivo un pH con un valor de 5.0 a 6.0 para coníferas y 6.0 a 7.0 para especies latifoliadas.

En suelos de pH alto (7.0), las plantas de pino desarrollan un color amarillo intenso por que el Hierro (Fe) no está disponible para su absorción. También, con los valores altos de pH las micorrizas no se desarrollan bien. Así, el efecto del pH alto es doblemente perjudicial al crecimiento de las plantas. Cuando el suelo es

demasiado ácido para el crecimiento de las plantas, los valores del pH se pueden elevar aplicando cal agrícola. Las cantidades necesarias de cal varían de acuerdo al grado de cambio de pH deseado, textura del suelo, contenido de materia orgánica y tipo de cal usada.

### **2.15 Densidad de la plantación**

La densidad de plantación depende de varios factores, tales como: características de la especie a plantar, así como la cobertura final que tendrán los árboles al terminar el turno y las necesidades de espacio para el cultivo y cosecha (Merlín y Prieto, 2002).

Otros factores a considerar son las características físicas del suelo, ya que un suelo franco con buen drenaje permitirá mejor desarrollo de los árboles y la densidad de la plantación puede ser menor; en cambio en un terreno arenoso o arcilloso el desarrollo del árbol será raquítico y la densidad de plantación debe ser mayor. La disponibilidad de agua influye; si se cuenta con riego suficiente, el crecimiento será mayor y por lo tanto la cantidad de plantas por unidad de superficie debe ser menor. En el (Cuadro 1) se presenta la densidad por ha para diferentes espaciamientos (Merlín y Prieto, 2002).

La disponibilidad de agua influye, en el crecimiento y este será mayor y por lo tanto la cantidad de plantas por unidad de superficie debe de ser menor; en cambio, con poca agua para riego, el crecimiento será escaso y la densidad debe ser mayor. Por lo general se recomienda densidades de 1,852 hasta 3,333 árboles por hectárea; con separaciones de 1.2 a 1.8 m entre plantas en una misma fila y de 2 a 3 m entre hileras, (Merlín y Prieto 2002).

Cuadro 1. Árboles por hectárea de acuerdo con la distancia de plantación.

Distancia entre plantas(m)	Distancia entre hileras (m)	Arboles por hectárea
1.2	2.0	4,167
1.2	2.5	3,333
1.2	3.0	2,778
1.5	2.0	3,333
1.5	2.5	2,667
1.5	3.0	2,222
1.8	2.0	2,778
1.8	2.5	2,222
1.8	3.0	1,852

### 2.16 Fertilización en plantaciones

La fertilidad del suelo es un factor factible de ser controlado por el hombre para entregar elementos nutricionales en cantidades, formas y proporciones requeridas para lograr un máximo crecimiento de las plantas vía aplicación de fertilizantes (Hausenbuiller, 1984).

Por otra parte, la respuesta a la fertilización puede ser bien explicada como un proceso que acelera el crecimiento, conduciendo a una reducción de la edad de rotación de la plantación (Miller, 1981).

De acuerdo con (Jones y Broerman, 1991), las ventajas de la fertilización en forma específica al establecimiento son:

- Corrección de deficiencias nutricionales inherentes que mejoran el crecimiento durante toda la rotación. Al respecto, la falta de fertilización al establecimiento, en sitios con deficiencias importantes, impide la obtención de máxima productividad del sitio en el largo plazo.
- En muchos casos la sobrevivencia inicial es mejorada significativamente.
- Los costos de aplicación son mínimos si se realiza en conjunto con la preparación de suelo.

- Si se aplica durante la formación de camellones se permite una incorporación total del fertilizante en el suelo donde éste se encuentra más accesible al sistema radical de la planta.

La fertilización corresponde a un apoyo nutricional, cuyo objetivo es proporcionar elementos de rápida solubilidad, todo esto con la finalidad de contribuir a la formación del aparato fotosintético de la planta (Toro, 1995).

La fertilización es una importante técnica silvícola que permite contribuir a la obtención de plantaciones altamente productivas, siempre que la fertilidad natural, sea el único factor que influya substancialmente en el crecimiento, y los demás factores como las propiedades físicas del suelo se encuentren en condiciones favorables (Toro, 1995).

Los elementos Nitrógeno y Fósforo son los importantes, siendo el primero la unidad básica del crecimiento foliar, mientras que el fósforo juega un rol importante en el metabolismo de la planta sobre todo en el desarrollo de las raíces, particularmente las raicillas laterales (Schlatter, 1987).

Según, la duración de la respuesta a la fertilización varía dependiendo: del sitio, de la técnica de preparación de sitio, de los tratamientos intermedios, y del patrón de crecimiento de las especies. Ha demostrado que el crecimiento y la capacidad de absorción de nutrientes están relacionados al genotipo (Allen, 1987).

La respuesta a la fertilización en sitios de baja precipitación o donde esta es incierta, no puede ser asegurada debido a las condiciones críticas de humedad que no permiten una adquisición del fertilizante por parte de las plantas (Ballard, 1984; McMurtrie *et al.*, 1990).

Con una adecuada profundidad de enraizamiento y capacidad de almacenamiento de agua, la respuesta a la fertilización es seguramente positiva en una variedad de condiciones de sitio. Del mismo modo la estructura del sistema radical es influenciada por la fertilización y las diferencias de fertilidad de los suelos (Donald *et al.*, 1987).

## 2.17 Nutrición mineral

Tisdale y Nelson (1982), mencionan que existe desacuerdo sobre cuáles son los elementos verdaderamente esenciales para el crecimiento de las plantas. Carbono, Hidrogeno y Oxígeno, forman la mayor parte del peso de las plantas, y se obtienen directamente del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), cuya disponibilidad no está generalmente limitada, excepto en terrenos anegados o muy secos. Los elementos nutritivos se denominan macro y micronutrientes, dependiendo de que las plantas utilicen mayores o menores cantidades. Las raíces toman los minerales principalmente de una solución o complejo de intercambio iónico de la tierra.

Los mismos autores agregan que cada especie, sus variedades y aun individuos de una misma especie, tienen distintos requerimientos nutritivos y niveles de absorción; así mismo, que las concentraciones de los elementos pueden variar de acuerdo al componente de la planta (hojas, ramas, frutos, raíces), edad, posición de la planta (alta, central, baja), por estación (primavera, otoño) y con el clima (seco, húmedo).

Russell (1968), afirma que tan pronto el aporte de nitrógeno asciende en comparación con el de otros nutrientes, las proteínas producidas en exceso permiten a las hojas de las plantas alcanzar un mayor tamaño, y con ello tener una mayor superficie a los procesos de la fotosíntesis.

El Fosforo (P), por su parte, es un elemento esencial para la división de las células y para el desarrollo de los tejidos meristemáticos. El fosfato parece aumentar el tamaño de hoja sin afectar su capacidad de transportar carbohidratos a las raíces.

Los elementos esenciales incluyen 13 elementos que se cree son esenciales para las angiospermas y gimnospermas, aunque de hecho solo se han investigado bien los requerimientos nutritivos de unas 100 especies (en su mayor parte cultivadas). Si se agregan: Oxígeno, Hidrogeno y Carbono (provenientes del  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$ ) se tiene un total de 16 elementos. Uno más, el Níquel, no se sabía

si fuera esencial cuando se prepararon algunas formulas de soluciones nutritivas, pero en ellas siempre hubo Níquel necesario, como contaminante en una o más de las sales utilizadas. Con estos 17 elementos y la luz solar, la mayoría de las plantas son capaces de sintetizar todos los compuestos que necesitan.

Casi el 95% de la biomasa vegetal (utilizado como base el peso seco) está formado por Carbono (C), Oxígeno (O) e Hidrogeno (H), elementos que abundan en la naturaleza en forma de bióxido de carbono y agua. El resto comprende una larga lista de elementos esenciales: Nitrógeno (N), Fosforo (P), Azufre (S), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y cantidades insignificantes de Manganeso (Mn), Hierro (Fe), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Zinc (Zn), y en algunos casos Boro (B) y Molibdeno (Mo). Cada uno de estos elementos presentara un patrón único de origen, transformaciones y disponibilidad para las plantas en condiciones ambientales, según Mengel y Kirkby (1982), citados por (Binkley, 1993). Ver cuadros 2, 3 y 4).

Cuadro 2. Información química sobre los trece nutrientes minerales esenciales.

Elementos o iones	Símbolo químico	Tejido de planta (% peso seco)	Peso atómico	Peso equivalente <sup>b</sup>
<b>Macronutrientes</b>				
Nitrógeno	N	1.5	14.0	4.7
Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	62.0	62.0
Amonio <sup>a</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	18.0	18.0
Fosforo	P	0.2	31.0	10.3
Fosfato	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	-	97.0	97.0
Potasio	K	1.0	39.1	39.1
Calcio	Ca	0.5	40.1	20.0
Magnesio	M	0.2	24.3	12.2
Sulfuro	S	0.1	32.1	8.0
sulfato <sup>a</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	-	96.0	48.0
<b>Micronutrientes</b>				
Fierro	Fe	0.01	55.8	18.6
Manganeso	Mn	0.005	54.9	27.5
Zinc	Zn	0.002	65.4	32.7
Cobre	Cu	0.0006	63.6	31.8
Boro	B	0.002	10.8	3.6
Cloro	Cl	0.01	35.5	35.5
Molibdeno	Mo	0.00001	96.0	32.0

<sup>a</sup> Nutriente común del elemento.

<sup>b</sup> Con iones de diferentes valores, más común usado.

Fuente: Modificado de Henan et al., (1978).

Cuadro 3. Papel bioquímico de nutrientes minerales esenciales

<b>Grupo</b>	<b>Elementos esenciales</b>	<b>Formas utilizadas por las plantas</b>	<b>Funciones bioquímicas en plantas</b>
1	Carbono (C) Hidrogeno (H) Oxigeno (O) Nitrógeno (N) Azufre(S)	En la forma de CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> (2): los iones proceden de las soluciones del medio de crecimiento y gases de la atmosfera.	Mayores constituyentes de material orgánico. Elementos esenciales de grupos atómicos involucrados en procesos enzimáticos. Asimilación de reacciones por oxidación-reducción.
2	Fosforo (P) Boro (B)	En forma de fosfatos, acido bórico o borato procedente de la solución del medio de crecimiento.	Esterificación con alcohol natural de plantas. Los esteres de fosfatos están involucrados en transferir energía en reacciones
3	Potasio (K) Magnesio (Mg) Calcio (Ca) Manganeso (Mn)	En esta forma de iones procedentes de la solución del	Funciones no específica estableciendo potencial osmótico.

	Cloro (Cl)	medio de crecimiento	Reacciones más específicas para que enzimas proteicas se conformen y efectúen dentro de un estado óptimo. Puente de reacción en parejas. Balanceando los aniones indifundibles y difundible.
4	Fierro (Fe) Cobre (Cu) Zinc (Zn) Molibdeno (Mo)	En forma de iones o quelatos procedentes de la solución del medio de crecimiento	Se presenta predominantemente en forma de quelatos incorporados. En grupos proteicos.

Fuente: Modificado de Henan et al., (1978).

Los requerimientos de humedad y fertilizante son diferentes para las etapas del desarrollo, empezando por la germinación, siguiendo por la etapa juvenil, crecimiento exponencial y periodo de brotes, así como las fases de lignificación del tallo.

Cuadro 4. La función de los elementos mayores y menores en la nutrición de la planta.

<b>Elemento</b>	<b>Función en la nutrición de las plantas</b>
Nitrógeno (N)	Parte esencial de la clorofila y proteínas, fomenta el crecimiento vegetativo.
Fosforo (P)	Promueve el crecimiento de la raíz y la fortaleza del tallo
Potasio (P)	Promueve la formación del almidón azúcar, crecimiento de la raíz, resistencia a las enfermedades, fortaleza del tallo y el vigor de la planta.
Calcio (Ca)	Aumenta la absorción de nitrógeno (N), la elongación de las células y el desarrollo de los tejidos meristemáticos.
Magnesio (Mg)	Constituyente principal de la clorofila, importante en el metabolismo el fosforo (P) y en la actividad enzimática.
Azufre (S)	Esencial para la síntesis de aminoácidos que contienen azufre (S) y la fijación del nitrógeno (N)
	Micronutrientes
Hierro (Fe)	Importante en la producción de la clorofila y la actividad enzimática.
Manganeso (Mn)	Activa a las enzimas que se encargan de regular el metabolismo de los carbohidratos y para las reacciones fotoquímicas.
Cobre (Cu)	Activador metálico para enzimas.
Zinc (Zn)	Activador metálico de las enzimas.
Boro (B)	Responsable de mecanismos reguladores en muchas plantas, incluyendo la traslocación.
Molibdeno (Mo)	Necesario para la fijación del nitrógeno (N) en legumbres y reducción del nitrato en otras especies.

Fuente: Tisdale y Nelson (1975).

## **2.18 Estudios de plantaciones**

Sin embargo, en años recientes, las reforestaciones y las plantaciones forestales han sido más intensas, mejorando cada vez más la calidad de la planta producida, su transportación y el método de plantación que considera el cincelado del terreno, apertura de cepas, aplicación de agrogel, cajeteo y otras, con lo cual se han aumentado los resultados en el porcentaje de sobrevivencia. Aún así, se requiere evaluar las plantaciones, ya que los arbolitos se encuentran expuestos a condiciones adversas ante la presencia de ganado, hormiga arriera, sequía, heladas incendios y otras (Moreno, 2000).

La evaluación de una plantación consiste en aplicar ciertas técnicas para recopilar información de alguna o algunas características de la misma. Tal información es sometida a un análisis, que posteriormente se usará para escoger apropiadamente un plan eficiente de acciones a llevar a cabo en la plantación, tanto en el manejo de la masa arbolada, como en la administración de la misma (Torres y Magaña, 2001).

### **2.18.1 Sobrevivencia**

Los métodos de evaluación es quizás la más importante, ya que nos lleva directamente a la toma de decisión y dependerá de la mejor satisfacción del mayor número de características por medir (Ortega, 1978).

La sobrevivencia es una de las múltiples variables que se debe considerar como una variable discreta, ya que respecto a esa característica un árbol sólo puede estar vivos o muertos al evaluar una plantación forestal (Ramírez, 1978).

Con la evaluación se estima la sobrevivencia y estado general de las plantaciones, se determinan las causas de muerte de las plantas y acciones de manejo recomendada para mejorar las plantaciones. Con la sobrevivencia y un calificativo de calidad de la plantación se obtiene un índice de calidad de la reforestación y las plantaciones forestales (Bello y Cibrián, 2000).

La evaluación de la sobrevivencia permite obtener una medida cuantitativa del éxito de la plantación bajo la influencia de los factores del sitio. La evaluación es la determinación en cada individuo, un árbol, la posesión del atributo “estar vivo”, sin valores intermedios, esto es, se tiene o no se tiene el atributo. Es el mecanismo que se empleará para obtener la información necesaria para formular el informe de verificación que acredite el cumplimiento del calendario de plantación correspondiente y el prendimiento, estado sanitario y vigor de la plantación (CONAFOR-SEMARNAT, 2003).

### **2.19 Importancia de la evaluación de plantaciones**

La evaluación de las plantaciones es solo una etapa dentro del proceso de reforestación. Aunque es una actividad dinámica y que es necesario realizar en un momento de terminado, es una actividad dinámica y que es necesario realizar frecuentemente, incluso antes de haberse establecido la plantación. Hobbs et al. (1992).

Innes (1988), ha enfatizado que la toma de información que involucre la evaluación de una variable subjetiva puede sesgar seriamente la evaluación. En el caso de variables relacionadas con salud forestal se recomienda usar variables de crecimiento que pueden ser evaluadas objetivamente tales como: crecimiento en área basal, área foliar de la copa y producción de biomasa por unidad de área foliar (Waring, 1985; Pierce y Runing, 1988).

### **2.20 Variables de importancia económica**

Los caracteres productivos y descriptivos pueden evaluarse provechosamente tanto en la fase de vivero (Manzano, 1993; Farfán et al., 2002) como en la etapa de campo (Mas et al., 1995). Generalmente las variables de mayor importancia económica para el productor son: la sobrevivencia, altura y el diámetro (López et al., 2004), encontrándose diferencias significativas entre y dentro las procedencias en altura y diámetro de arboles (Ornelas, 1997; López et al., 1999; Ruiz, 2003), estas características deben evaluarse anualmente hasta cinco años durante todo el periodo comprendido por el ensayo (Mora y Meneses,

2004), con un muestreo frecuente en los primeros años (Manzano, 1993; Órnelas, 1997). Sin embargo, las mediciones más útiles del rendimiento se efectúan en la fase adulta del arbolado (Mas; et al., 1995). Otras características importantes que deben evaluarse en todas las fases son la fenología del crecimiento y de la floración, y productividad de semilla, lo cual puede requerir una observación intensa durante varios años (Rodríguez et al., 1993). Por lo tanto, en todas las etapas es importante registrar la reacción a factores ambientales y bióticos desfavorables en todas las etapas; ya que al observarse daños bióticos se impone identificar el agente causal (Zobel y Talbert, 1998; Mora y Meneses, 2004).

La importancia de la variable de diámetro de copa se fundamenta con lo que menciona Wareing (1964) pues, el autor menciona que el ritmo de crecimiento del árbol dependerá de la velocidad con que aumente la superficie foliar, ya que esta última determina su capacidad fotosintética final, es decir la producción de madera de un árbol es consecuencia de su capacidad de fotosintetizar y abundancia de hojas.

El tamaño y la forma de la copa de un árbol, está bajo el control de la combinación de factores genéticos y ambientales, en las coníferas es muy común que las copas se vuelvan redondeadas o decurrentes con la edad, lo que también acentúan cuando los terrenos son muy pobres (Daniel et al., 1982).

## **2.21 Estudios realizados**

La adaptación es la característica de un organismo que le permite vivir en determinadas condiciones del medio (Rzedowski, 1988). La adaptación puede ser muy precisa y por esta razón no es posible mover una población de un ambiente a otro, sin disminución del crecimiento o si el ambiente nuevo es muy diferente en comparación con el original, ya que el fracaso será completo (Nienstaedt, 1990).

Los ensayos de procedencias constituyen una poderosa herramienta para el silvicultor y mejorador de árboles ya sea con fines de incrementar la producción maderable, de incorporar tierras improductivas a la producción, para la protección

del suelo o simplemente para mejorar el ambiente y hacer atractivo un lugar determinado (Touzet, 1985).

Nájera Diaz, (1983). Encontró en un ensayo de adaptación de seis especies del genero *Pinus*, realizado en San José Boquillas, Nuevo León, que el *Pinus halepensis* fue superior en incremento en altura a 27 meses de establecida la plantación, seguido por *Pinus arizonica* y *Pinus engelmannii*. En sobrevivencia, *Pinus halepensis* y *Pinus cembroides* fueron los más sobresalientes, seguidos de *Pinus arizonica*.

Rodríguez, (1989) probó cinco especies del genero *Pinus* en Buenavista Saltillo, Coahuila, encontrando que *Pinus cembroides* fue la especie con los mayores valores de sobrevivencia, incremento absoluto en diámetro y relativo en altura. En tanto que *Pinus halepensis* tuvo los mayores valores en sobrevivencia, incremento absoluto y relativo en diámetro; *Pinus eldarica* en sobrevivencia, y *Pinus maximartinezzi* en el incremento de relativo e altura. También considera que el comportamiento sobresaliente en *Pinus cembroides* se debió a que las características climáticas y edáficas presentes en Buenavista son muy semejantes a las reportadas para las áreas de distribución de *Pinus cembroides*.

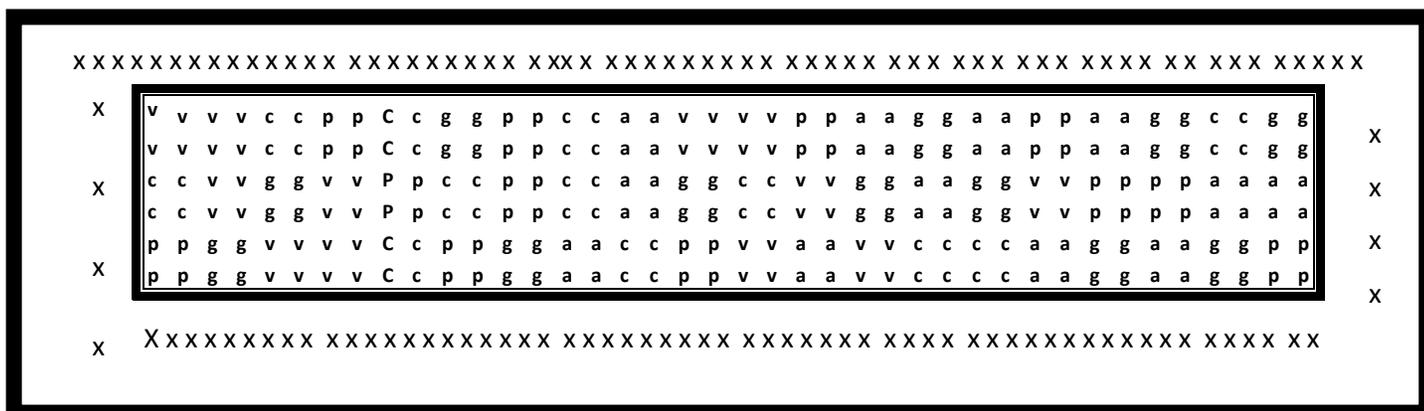
Capó y Newton, (1991) y Moreno (1993). Reportan la sobrevivencia y el crecimiento de cinco especies de *Pinus* establecida en 1994 en el Cañón de la Carbonera, Arteaga, Coahuila. Las especies y procedencias ensayadas fueron *Pinus ponderosa*, *Pinus lambertiana*, *Pinus ayacahuite* var. *Brachyptera*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus hartwegii*.

La sobrevivencia de las especies en la exposición norte referida, a los 20 meses de establecida la plantación (después de dos periodos de crecimiento), fue alta en *Pinus ayacahuite*, *P. ponderosa*, *P. pseudostrobus* y más bajas *P. hartwegii*, siendo la más baja sobrevivencia de todas las especies bajo el tratamiento de control, sin eliminar la competencia.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción de los sitios de plantación

Esta plantación fue realizada en 1998 con material producido en el invernadero del departamento forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La plantación fue realizada después del incendio de 1998 en tres sitios diferente de la sierra de Arteaga, Coahuila (sitio 1 Mesa de las tablas; sitio 2 El Hondable y sitio 3 El Zorrillo) en donde se plantó cinco especies de coníferas: *Pinus pinceana* Gordon, *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus greggii* Engelm., *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw y *Abies vejari* Martínez. Cada sitio se dividió en 120 bloques y en cada bloque se plantaron 4 plantas de la misma especie, quedando de la siguiente forma:



V= *Abies vejari* C= *Pinus cembroides* P= *Pinus pinceana*  
 G= *Pinus greggii* A= *Pinus ayacahuite* X= pinos orilleros.

### 3.2 Área de estudio

Localidad	Ubicación geográfica	Altitud msnm	Pendiente %	Exposición
Localidad 1	25° 15' 17" N			
Mesa de las tablas	100° 25' 20" O	2610	25-30%	NE
Localidad 2	25° 16' 47" N			
El Hondable	100° 26' 31" O	2473	25-30%	NO
Localidad 3	25° 17' 55" N			
El Zorrillo	100° 26' 22" O	2354	25-28%	SO

La ubicación geográfica y la altitud fueron tomadas con un receptor GPS (Trailblazer XL).

#### 3.2.1 Clima

El clima del área de estudio de acuerdo con la clasificación de Koppen, corresponde a un clima Cw (templado subhúmedo con una precipitación invernal de entre 5.0 y 10.2 % la temporada de lluvias inicia en mayo y termina en octubre siendo julio el mes con mayor precipitación 75.9 mm, siguiendo agosto y septiembre (S.A.G, 1982).

La estación meteorológica de San Antonio las alazanas reporta una precipitación media anual de 470 mm, con temperatura media anual de 12.7 °C y medias máximas de 20 °C y medias mínimas de 4.6 °C. Se observa que los meses más calientes son mayo y junio (15.8 y 15.6 °C), siguiendo julio y agosto en tanto que el mes más frío es enero, seguido por diciembre y febrero (S.A.G 1982). La probabilidad de heladas en el año es de 40 a 70 días y de granizada de 2 a 3 días.

### 3.2.2 Suelo

La geología superficial de la sierra la constituyen rocas de origen sedimentario, siendo las calizas las de mayor importancia y distribución; en menor proporción se encuentra las lutitas, areniscas brechas sedimentarias y conglomerados (DETENAL, 1977). Los suelos predominantes son Litosoles y Rendzinas, encontrándose en menor proporción los Regozoles y Feozem, siendo todos en general de textura media (CETENAL, 1977), con pH de neutro ligeramente ácido limitado por fases líticas.

### 3.2.3 Vegetación

La vegetación original correspondía a un bosque mixto de *Pinus cembroides*, *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus hartwegii*, *Abies vejarii* en menor proporción *Pinus ayacahuite* *Cupressus arizonica*. El estrato arbustivo lo integran: *Quercus pungens*, *Q. emoryi*, *Q. hypoxantha*, *Arbutus xalapensis*, *Cercocarpus mojadensis*, *Yucca carnerosana*. y el estrato herbáceo lo constituyen: *Bromus sp*, *Vulpia octaflora*, *Geranium mexicanum*.

Actualmente el área se encuentra ocupada por vegetación secundaria esclerófila de origen pírco, constituida por arbustos de 1.5 a 2.2 m de *Ceanothus*, *Quercus spp*, *Arbutus xalapensis*, *Garrya ovata*, *Arctostaphylos pungens*.

## 3.3 Descripción de las Especies

En este trabajo se evaluaron cinco especies de coníferas en 3 localidades. A continuación se da una breve caracterización de cada una de las especies estudiadas.

### 3.3.1 *Pinus cembroides* Zucc. (Pino piñonero)

Árboles pequeños de 5 a 10 m. de alto aunque ocasionalmente alcanza 15 m, su diámetro es de 60 cm; la corona o copa es irregular; frecuentemente más abierta y redondeada en árboles maduros. La corteza es lisa y delgada, café oscura, con surcos profundos longitudinales y horizontales, dividiéndola en forma

irregular. Las ramas son delgadas, grisáceas. Los conos son globosos, simétricos y cuando están maduros presentan un color rojizo lustroso a café amarillento. Las semillas (comestibles para el hombre, roedores y aves) son de color café oscuro, 13 mm de largo y 7 a 8 mm de ancho, sin alas y con una testa dura. La madera es de textura cerrada, ligeramente resinosa y localmente se utiliza en construcciones de minas, casas, cobertizo, puertas, postes y leña. Su hábitat, generalmente son las laderas montañosas rocosas y secas, su rango es tan amplio que no está asociado aparentemente a un tipo particular de suelo, aunque la humedad y la altitud son importantes factores ecológicos en su distribución. Su rango altitudinal es de 1,500 a 2,800 msnm, aunque se ha encontrado en elevaciones cercanas a los 3,000 msnm. (Perry, 1991).

Crece en climas semiáridos, es de los pinares más típicos se distribuye frecuentemente en colindancia con los pastizales, matorrales xerófilos o encinares arbustivos, con una precipitación anual que oscila entre los 350 y 700 mm (Rzedowski, 1978).

Esta especie es ampliamente distribuida en México. En la Sierra Madre Occidental, su rango va desde la frontera de los Estados Unidos (Arizona y Nuevo México) hasta el sur en los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco. Su rango se extiende hacia el Este a los Estados de Guanajuato, San Luis potosí, Querétaro e Hidalgo. En la Sierra Madre Oriental, su distribución se extiende desde la frontera de los Estados Unidos (Texas) hacia el sur en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, (Perry, 1991).

### **3.3.2 *Pinus pinceana* Gordon** (piñonero blanco)

Es un árbol pequeño de 4 a 10 m de alto, la copa es espesa, irregularmente, con ramas bajas, y flexibles, espaciadas irregularmente en el tronco; frecuentemente se extiende casi hasta el suelo, lo que le da al árbol joven una apariencia arbustiva. La corteza es delgada, dividida por estrechas fisuras horizontales y longitudinales en placas de escamas finas. Los conos son oblongos, simétricos, de color naranja brillosos. Las semillas son café amarillento, sin alas,

de corteza dura; estas son colectadas para alimento. La madera no es muy resinosa, localmente es usada para leña. Crece en altitudes que van de 1,500 a 2,300 msnm, en colinas rocosas, semiáridas y declives de montaña (Perry, 1991).

*Pinus pinceana* tiene una distribución limitada, siendo encontrado como individuos dispersos en colinas rocosas y montañas muy secas en la sierra Madre Oriental. Esto ocurre principalmente en el estado de Coahuila y como pequeñas poblaciones dispersas en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, y posiblemente Querétaro, e Hidalgo (Perry, 1991).

Aunque no es un árbol maderable, las gráciles ramas, el follaje encorvado y la interesante forma del tronco, hacen de un candidato sobresaliente para muchos usos hortícolas y ornamentales, particularmente en estas áreas donde la carencia de agua es un problema recurrente. Las semillas comestibles también se suman a las cualidades deseables (Perry, 1991).

### **3.3.3 *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw**

Este árbol frecuentemente alcanza alturas de 35 a 40 m, con diámetro hasta de 2 m. Las copas en arboles maduros son abiertas e irregulares, de ramas horizontales y colgantes. La corteza es rugosa, café grisáceo, escamosa y dividida en pequeñas placas rectangulares. Los conos son variables en tamaño (de 15 a 45 cm de longitud), subcilíndricos. Las semillas son cafés 10 a 15 mm de largo, sin alas, aunque ocasionalmente queda un ala vestigial de 1 a 2 mm de largo. La madera es suave, blanca-cremosa, ligera y no muy resinosa. Esta variedad generalmente ocurre como grupos pequeños de arboles y como individuos dispersos mezclados con otros tipos de pinos y abetos, en elevaciones de 2,000 a 3,000 msnm. Los arboles crecen mejor bajo condiciones de humedad, pendientes sombreadas de barrancas profundas, no estando adaptados a un ambiente caliente y seco (Perry, 1991).

La distribución de esta especie comprende las montañas de México Central y al Norte a lo largo de la Sierra Madre Occidental y La Sierra Madre Oriental; ha

sido colectado en los estados de Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Durango, Jalisco, Michoacán y Colima (Perry, 1991).

#### **3.3.4 *Pinus greggii* Engelm** (pino, pino prieto, ocote)

Es un árbol de tamaño medio de 10 a 15 m. de alto, y de copa irregularmente redondeada. En arboles de crecimiento libre las ramas son frecuentemente cercanas al suelo y la copa es espesa y tupida. La corteza en la parte baja del tronco es gruesa, café-grisáceo y dividida por fisuras verticales profundas, placas escamosas, en la parte superior es del mismo color pero lisa. Los conos son oblongos-cónicos, color amarillo-café brillante, oblicuos de 10 a 14 cm de largo. Las semillas son pequeñas, café oscuro, de 5 a 6 mm de largo, el ala es de cerca de 15 mm de largo. El rango altitudinal es de 1,300 a 3,000 msnm aunque rara vez alcanza altitudes superiores (Perry, 1991).

Esta especie tiene una distribución en las montañas de la Sierra Madre Oriental. Ha sido reportado en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Querétaro e Hidalgo, también se encuentra en pequeños grupos de arboles en Veracruz y Puebla, cerca del límite Este de Hidalgo (Perry, 1991).

#### **3.3.5 *Abies vejari* Martínez** (Oyamel, hallarin)

El árbol mide de 30 a 40 m de altura y 30 a 50 cm de diámetro; de tronco recto, con una copa cónica o piramidal; corteza delgada, lisa, de color grisáceo, con muchas manchas blancas horizontales; las ramas extendidas y común mente verticiladas. Conos erguidos, solitarios y subsésiles, ligeramente oblongos o subovoides, de color violáceo muy oscuro al principio y amarillento después. La semilla es angosta (10 mm de largo), con vejigas resinosas, a la delgada casi triangular, ancha y truncada, de color amarillento y violáceo, de 22 mm de largo, incluyendo la semilla, por 12 mm de ancho en la parte superior y con los bordes enteros. Su madera es ligera, de hilo uniforme, poco resistente, de color blanco con tinte levemente amarillento o rosado (Domínguez, 1991). Se encuentra en terrenos pobres y moderadamente húmedos, en altitudes de 2,800 a 3000 msnm (Martínez, 1953).

Esta especie tiene una distribución limitada a los estados de Coahuila Nuevo León, Tamaulipas y una nueva localidad en la región de Huayacocotla, en Veracruz (Domínguez, 1991).

### **3.4 Metodología**

#### **3.4.1 Variables a evaluar**

##### **a) Supervivencia.**

Se evaluó la supervivencia considerando las plántulas iniciales y el número actual de árboles vivos. El cual se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Supervivencia (\%)} = \frac{\text{numero de plantas vivas al momento de la evaluacion}}{\text{numero de plantas iniciales}} \times (100).$$

Transformación de la variable: la supervivencia en porcentaje se transformó a valores angulares utilizando la siguiente ecuación (Cochran y Cox, 1965).

$$\text{Arcoseno} = \sqrt{\frac{x}{100}}$$

Donde: X= supervivencia (%).

##### **b) Altura de las plantas**

Se empleo una pértiga graduada en centímetros. La medición se realizó desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

##### **c) Diámetro medio de copa**

Se midió utilizando un flexometro graduado en centímetros, promediándose el diámetro mayor y menor de la copa de los arbolitos plantados.

##### **d) Diámetro basal**

La medición se realizo empleándose un vernier digital graduado en milímetros. Se midió el arbolito considerando el cuello del tallo lo más cercano posible al ras del suelo.

### **e) Numero de verticilos**

Se realizó un conteo visual y se registro desde el primer verticilo que se encontraba de la base del árbol hasta el más reciente.

### **3.5 Modelo experimental y análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico paquete estadístico Statistical Analysis System (S.A.S) versión 9.1. La base de datos de la información dasométrica de las plantas será capturada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

El análisis se realizó considerando a las localidades de plantación como las parcelas grandes y las especies como las parcelas chicas.

El modelo estadístico que se utilizó para el análisis de varianza del ensayo corresponde a un diseño completamente al azar.

El cual se define como:

$$Y_{ik} = \mu + L_i + \epsilon_{L_i} + P_k + LP_{ik} + \epsilon_{ik}$$

$i = 1, 2, 3$  Localidades

$k = 1, 2, 3, 4, 5$  Especies

Donde:

$Y_{ik}$  = observación.

$\mu$  = Media general

$L_i$  = efecto de la  $i$ -ésima localidad

$\epsilon_{L_i}$  = error dentro de la localidad

$P_k$  = efecto de la  $K$ -ésima especie

$LP_{ik}$  = interacción de la  $i$ -ésima localidad x la  $k$ -ésima especie

$\epsilon_{ik}$  = efecto del error experimental.

Para conocer si existe o no diferencias en cada localidad se procedió a realizar la prueba de Tukey de comparación de medias para conocer que especie es diferente de las otras.

Además para cada especie se analizaron las diferentes localidades.

Las medias de las repeticiones de cada una de las variables fueron sometidas a un análisis estadístico con el modelo lineal general a excepción de la variable sobrevivencia.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Supervivencia

En el análisis de varianza realizado para la variable supervivencia no se encontraron diferencias significativas entre especies en cada una de las localidades.

Con respecto a las especies *Pinus pinceana*, *Pinus greggii* y *Pinus ayacahuite*, no presentaron diferencias entre localidades.

La especie *Abies vejari* mostró diferencias entre localidades siendo la localidad 1 y 3 iguales entre sí pero diferente y superior en supervivencia con respecto a la localidad 2.

La especie *Pinus cembroides* mostro diferencias entre localidades siendo la localidad 1 Mesa de las tablas y 3 El zorrillo iguales entre sí pero diferente y superior en supervivencia con respecto a la localidad 2.

Es decir para ambas especies la localidad 2 fue la menos favorable para la supervivencia.

Lo anterior muestra la capacidad de las especies para responder de manera distinta a las condiciones de los diferentes sitios y poder hacerse plantaciones en sitios semejantes a los evaluados. Otros ensayos donde se probaron 3 procedencias de *Pinus greggii* donde Ornelas (1997) encontró un promedio de 68.60 % de supervivencia en el C.A.E.S.A , mientras que Velasco (2001) en la Mixteca alta de Oaxaca reporto un 96.17 % de supervivencia de *Pinus greggii* de 13 procedencias diferentes. También Hernández (2005) reporto un 65.83 % de supervivencia en *Pinus greggii* a un año de su plantación. En el ejido 18 de marzo, Galeana Nuevo León. Es importante destacar que las condiciones de los sitios donde se ubican los anteriores ensayos, son muy diferentes a los ensayados anteriormente ya que en los sitios varía su altitud, exposición y el tipo de suelo además de su clima y tipo de vegetación existente.

## 4.2 Altura

El análisis de de varianza realizados para la variable altura arrojo diferencias estadísticas altamente significativas.

De acuerdo a los resultados del ANOVA y comparación de medias de tukey *Pinus greggii* fue la que mostró mayores valores en altura, diámetro, número de verticilos y cobertura de copa en las tres localidades.

En la localidad 1 Mesa de las tablas se obtuvo que *Pinus ayacahuite*, *Abies vejari*, *Pinus cembroides* y *Pinus ayacahuite* son estadísticamente iguales. (Ver fig. 1).

En la localidad 2 se obtuvo en altura que *P. cembroides*, *P. ayacahuite*, *P. pinceana* y *Abies vejari* son estadísticamente iguales. (Ver Fig. 2).

En localidad 3 El Zorrillo en altura se encontró que *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *Abies vejari* y *P. pinceana* son estadísticamente iguales. (Ver fig. 3).

El análisis por especies para comparar las especies para comparar las localidades muestra que *Pinus pinceana* en las localidades 2 y 1 Mesa de las tablas son iguales 97.98 cm, 95.79 cm y finalmente la localidad 3 El Zorrillo obtuvo la media más baja 74.07 cm.

En cuanto a la especie 3 *Abies vejari* para la variable altura presentó diferencias significativas entre localidades. La localidad 1 Mesa de las tablas fue superior con una media de 161.62 cm, seguido de las localidad 2 con una media de 82 cm y la localidad 3 el Zorrillo con media 77.66 cm. Estos valores fueron similares y los más bajos.

La especie 5 *Pinus ayacahuite* registro el valor más alto en la localidad 1 Mesa de las tablas con una media de 192.72 cm. Seguida de las localidades 3 con una media de 134.19 cm y la localidad 2 con una media de 130.34 cm y son estadísticamente iguales.

En las tres localidades las especie 4 y 5 *Pinus cembroides* y *Pinus ayacahuite* forman un grupo intermedio y las especies 1 y 3 *Pinus pinceana*, *Abies vejari* mostraron la menor altura.



Figura 1. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

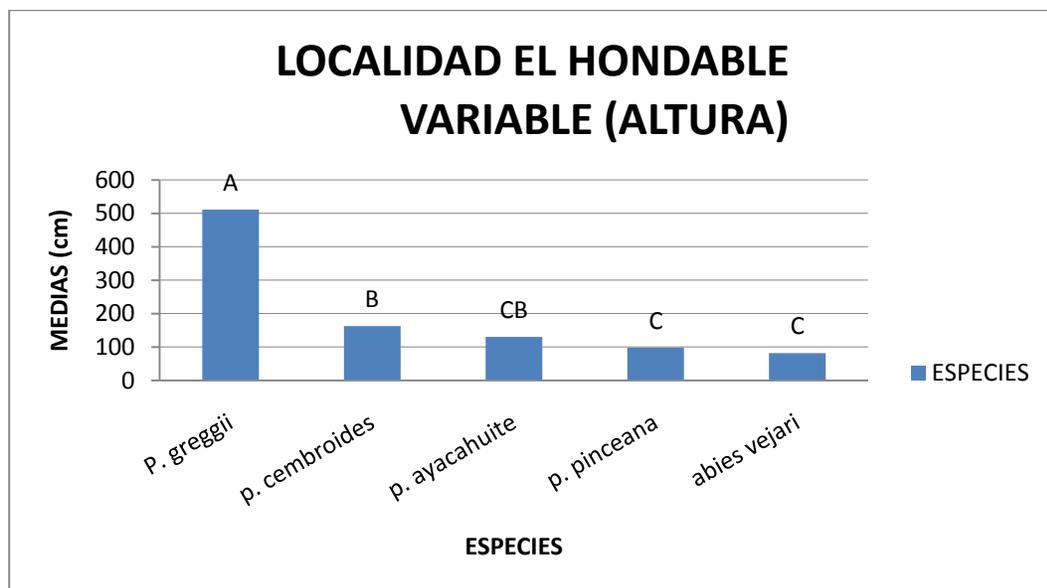


Figura 2. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

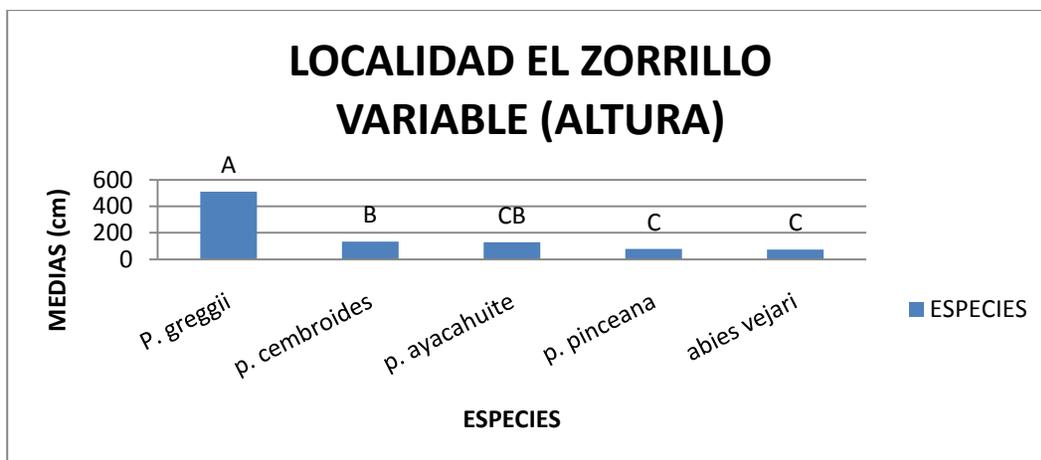


Figura 3. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

Comparando estos resultados con los obtenidos por Plancarte B. y Cigarrero C. (1993), en un ensayo de procedencias y progenie de *Pinus greggii* establecido en Lomas de San Juan, Chapingo México., donde a los tres años de plantada la procedencia de Los Lirios tuvo una altura final de 56.9 cm la cual es relativamente mayor en un 2.46 % a la altura final de la misma procedencia plantada en Los Lirios Coahuila el cual fue evaluada a 4 años con 7 meses, esto se determinó realizando la comparación del incremento mensual en altura.

Velasco (2001) reportó que a 2.5 años de establecida la plantación de *Pinus greggii* donde las medias generales del crecimiento en altura fueron estadísticamente diferentes entre localidades, ya que en la localidad Tlacotepec Plumas fue de 129.33 cm y en la localidad Magdalena Zahuatlán fue de 107.26 cm.

López (1993), a los 18 meses de la plantación encontró incrementos de altura de 11.8 cm en la sierra de Arteaga.; Samano (1995) encontró incrementos de altura de 11.19 cm a cuatro años de la plantación en los Lirios Arteaga. Ornelas (1997) encontró incrementos en altura de 72.60 a 82.60 cm a 5 años de su plantación en los Lirios Coah. y Serrato (2000) en dos localidades a cinco años de su plantación encontró incrementos de altura de 26.9 cm en el predio Tarihuanes del Cañón de Jame, Arteaga Coah. La razón por lo cual reportan bajos incrementos es debido a las bajas precipitaciones.

Ramírez (2008) encontró que la interacción localidad por procedencia en *Pinus pinceana* en la variable altura total, se expresó en que algunas procedencias obtuvieron comparativamente un desempeño similar, caso de la localidad de San José Carbonerillas y Jagüey de Ferniza, donde no se encontraron diferencias estadísticas entre procedencias. Sin embargo, se observa que la procedencia Palmas Altas, presentó relativamente una respuesta diferente en la localidad Los Lirios, Arteaga, ya que en esta localidad en particular, fue la procedencia que presentó la menor altura; otra que presentó una respuesta no esperada fue la procedencia Garambullo, Saltillo, Coah. ya que presentó la mayor altura total para esta localidad.

Valencia *et al.*, (2006) reportan incrementos en altura de 107 a 129 cm y diámetro basal de 30 a 39 mm a dos años y seis años de la plantación de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca alta de Oaxaca. Por otra parte, Viveros *et al.*, (2006) encontraron incrementos en altura de 42.8 a 44.7 cm y diámetro basal de 1.6 a 2.2 cm a 24 meses de la plantación de *Pinus pseudostrobus* en dos localidades en Michoacán. A su vez, Ruíz (2003) reporta incrementos en altura de 85.91 a 102.91 mm y diámetro basal de 43.53 a 77.15 mm en dos localidades de la Mixteca Alta Oax. con *Pinus oaxacana* Mirov.

### 4.3 Diámetro

En la localidad 1 Mesa de las tablas en la variable diámetro se obtuvo que *P. greggii* fue superior a las otras especies que son estadísticamente iguales. (Ver figura 4).

Localidad 2 en la variable diámetro se obtuvo que *P. greggii* fue superior a las otras especies que son estadísticamente iguales. (Ver figura 5).

En la localidad 3 El Zorrillo en la variable diámetro el segundo lugar lo ocupa la especie 3 *Abies vejari* 77.66 cm, especie 4 *Pinus cembroides* 128.05 cm,

especies 1 *Pinus pinceana* y la especie 3 *Abies vejari*. que son estadísticamente iguales. (Ver figura 6)

*Pinus greggii* fue la que presentó los mayores valores en diámetro y cobertura de copa y las demás especies son iguales entre sí en las tres localidades.

Para las cinco especies ninguna localidad fue diferente

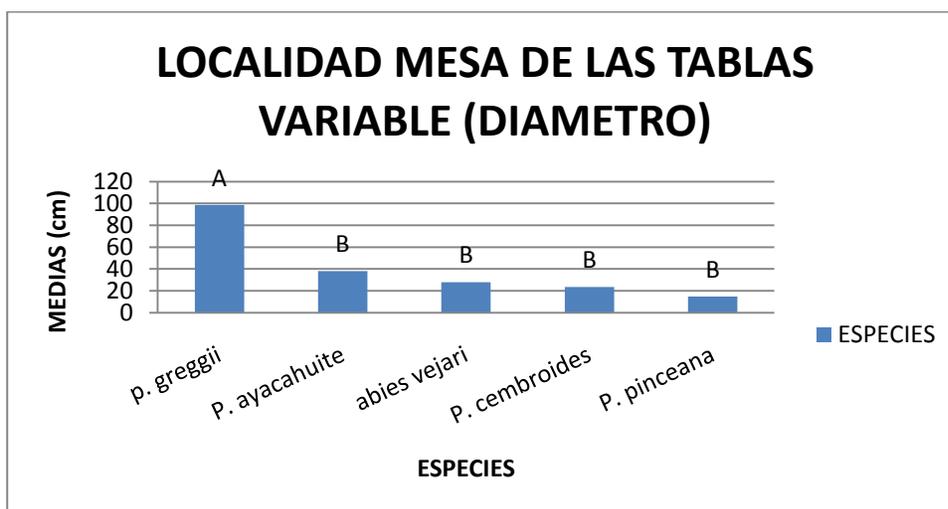


Figura 4. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha = 0.05$ ).

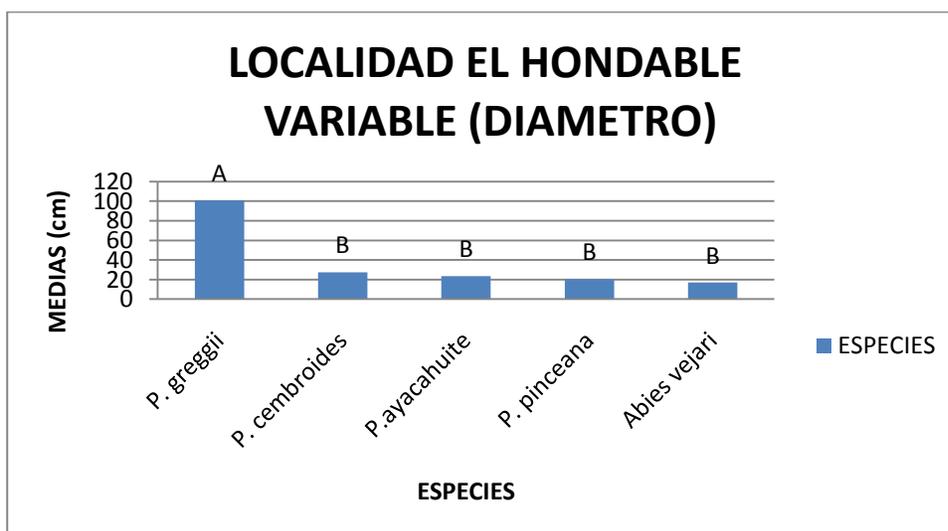


Figura 5. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha = 0.05$ ).

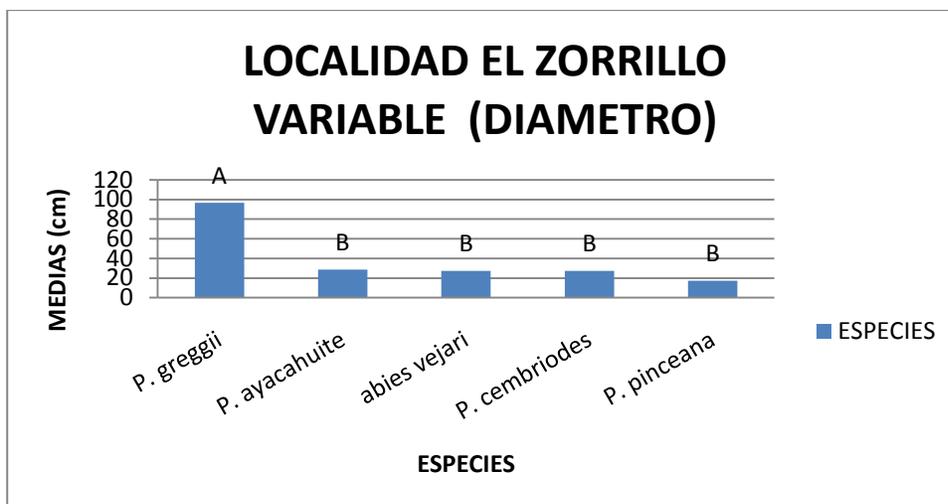


Figura 6. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

Los resultados encontrados de la variable diámetro son diferentes a los de Velasco (2001), ya que al evaluar un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* en dos localidades de la Mixteca alta de Oaxaca (Tlacotetepec Plumas y Magdalena Zahuatlán), encontró diferencias entre procedencias y entre localidades para la altura y el diámetro a 2.5 años de plantado, y reporta un promedio general de 34.10 mm para las localidades.

Contreras (2005) al evaluar un ensayo de *Pinus greggii* en Arteaga, Coah., a 12 años de plantado no encontró diferencia significativa en la variable diámetro, los promedios fueron 7.33 cm para la procedencia de Jamé, Coah., 6.45 cm para Los Lirios Coah. y 6.64 cm para Cuauhtémoc, Coah.

Ramírez (2008) para la variable diámetro basal en la especie *Pinus pinceana*, la interacción localidad por procedencia se expresó en que; la procedencia Garambullo, Saltillo, Coah. presentó un diámetro inferior en la localidad San José Carbonerillas 7.5 mm y Jagüey de Ferniza 4.7 mm, mientras, para la localidad Los Lirios, Arteaga presentó un diámetro superior basal aún cuando en esta localidad no manifestó diferencias estadísticas significativas entre procedencias.

#### 4.4 Numero de verticilos

En las tres localidades en la variable numero de verticilos se obtuvo que *Pinus greggii* fue la superior a las demás especies que son estadísticamente iguales.

En la localidad 1 Mesa de las tablas *Pinus greggii* y *Abies vejari* son iguales y superiores a las otras tres especies en las localidades 2 y 3 y El Zorrillo y solamente *Pinus greggii* es superior y diferente de las otra cuatro especies. (Ver figuras 7, 8 y 9).

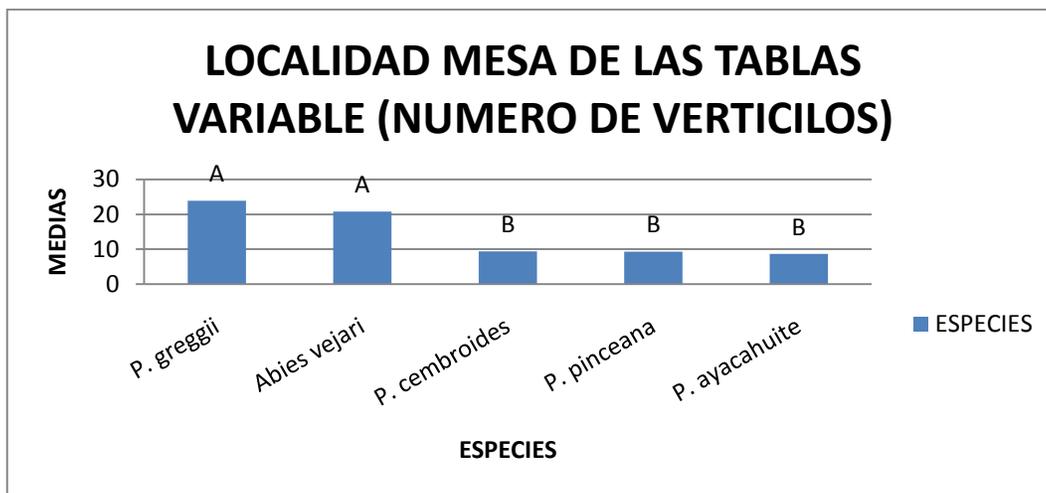


Figura 7. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

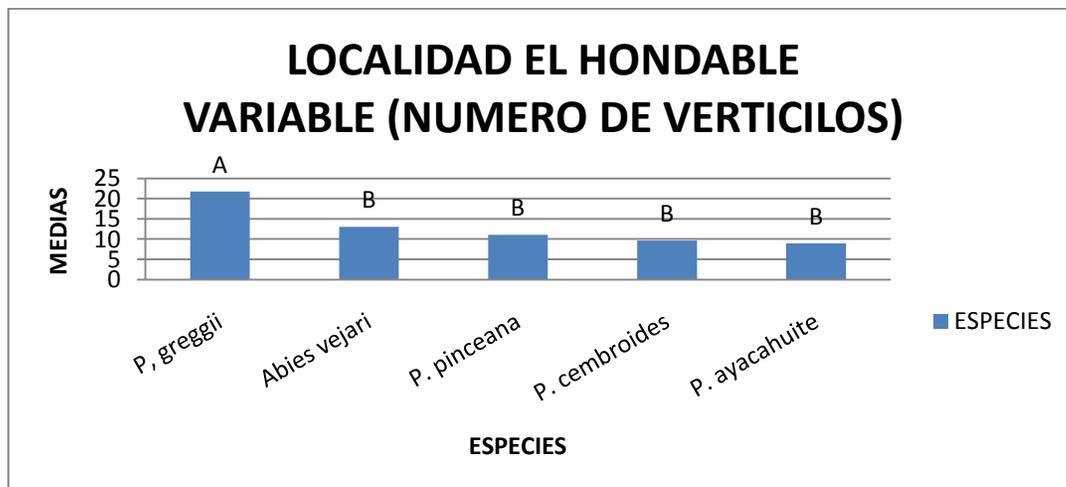


Figura 8. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

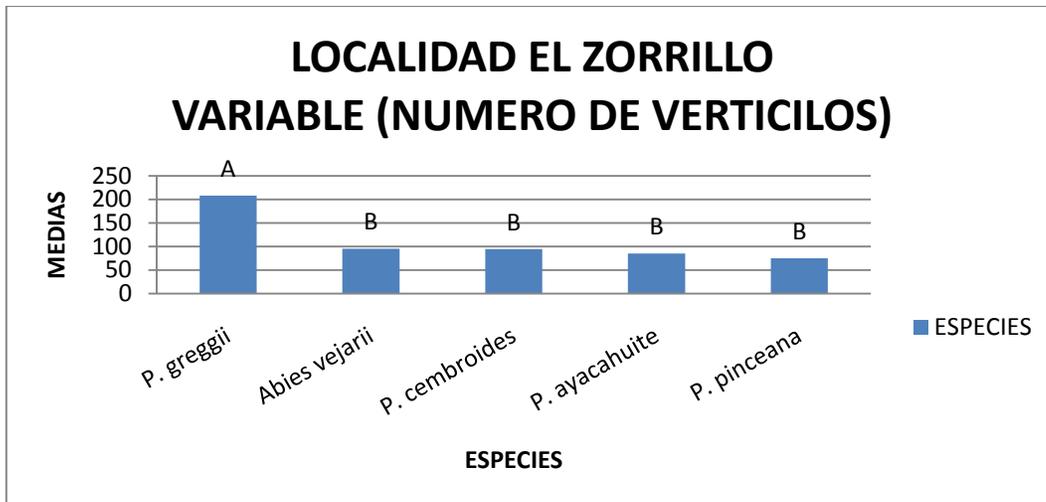


Figura 9. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

Para la especie 3 *Abies vejari* el número de verticilos presento los mayores valores en la localidad 1 Mesa de las tablas con una media de 20.78 verticilos seguida de la localidad 2 con media de 13.02 verticilos y la localidad 3 El zorrillo con media de 9.52 verticilos que son estadísticamente iguales. (Ver figura 10).

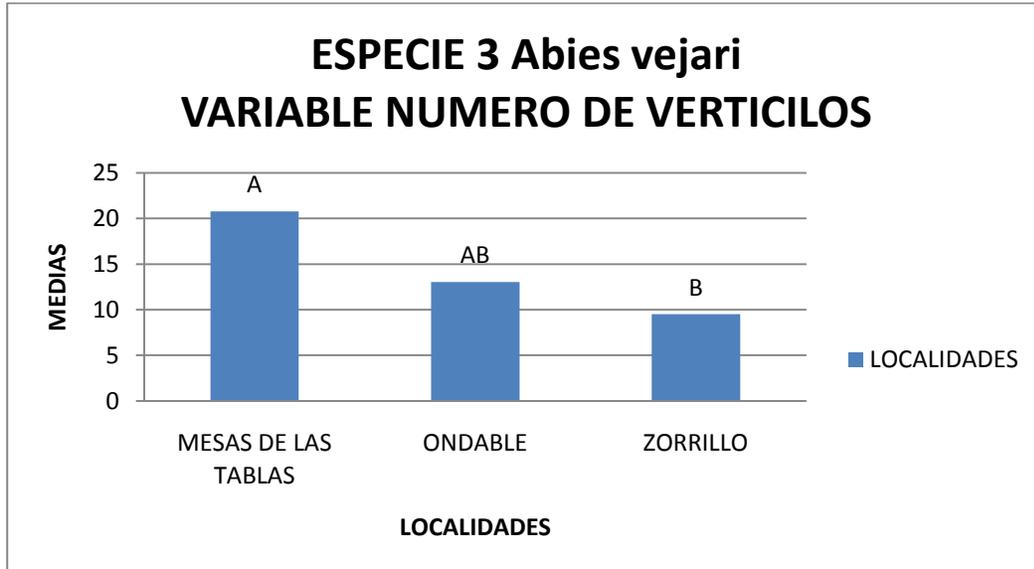


Figura 10. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

El promedio de número de verticilos siempre estará en función de los objetivos de la plantación, cuando se habla de calidad de la madera es obvio que la madera presente muy pocos nudos, pero si se requiere para protección del suelo es mejor si presenta muchas ramas.

Daniel (1982) reportó en su investigación un promedio de 8.95 verticilos y en lo replantado un año después de 7.61 verticilos también; Velasco (2001) presento en su trabajo que dicha variable es en promedio de 6.85 verticilos; entre estos valores existe una diferencia de dos ciclos de crecimientos, una discrepancia de similar a la diferencia existe entre la edad de cada plantación. Además Vela (2002) encontró que la procedencia de la Taponá, N.L. presenta mayores valores en altura, diámetro y en número de verticilos.

Ramírez (2008) no encontró interacción de localidad por procedencia de la variable número de verticilos, en *Pinus pincheana*, sin embargo, se observa, que en la localidad Jagüey de Ferniza la procedencia Lomas del Orégano, Mazapil, Zac. Si manifestó proporcionalmente mayor número de verticilos, y la procedencia Palmas, Altas, Saltillo Coah. registró el valor menor.

#### **4.5 Cobertura de copa**

La especie 2 *Pinus greggii* fue la que presento los valores más altos y superiores a las otras cuatro especies en las tres localidades. (Ver figura 14).

En las tres localidades en la variable cobertura de copa el segundo lugar lo ocuparon *P. ayacahuite*, *Pinus cembroides* *Abies vejari*, *P. pincheana* que fueron estadísticamente iguales. (Ver figuras 11, 12 y 13).

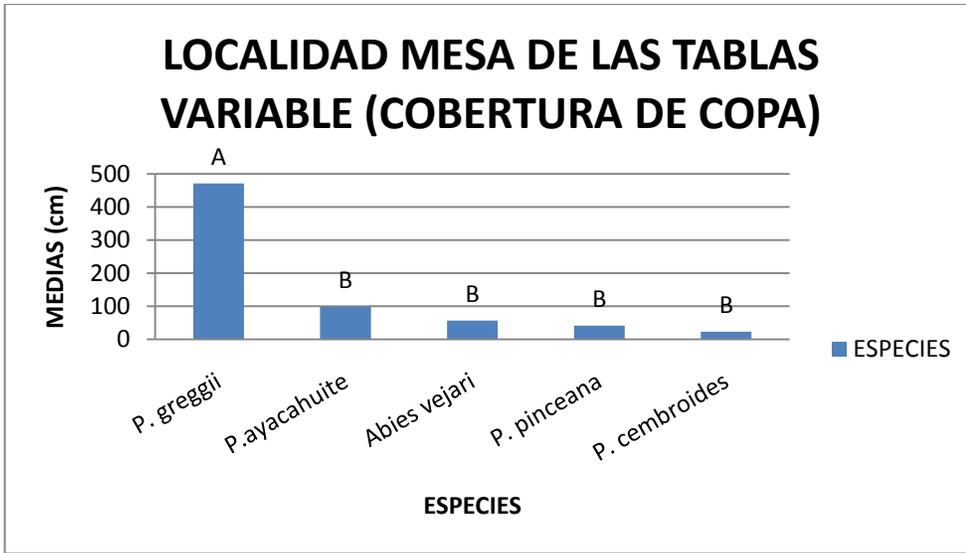


Figura 11. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

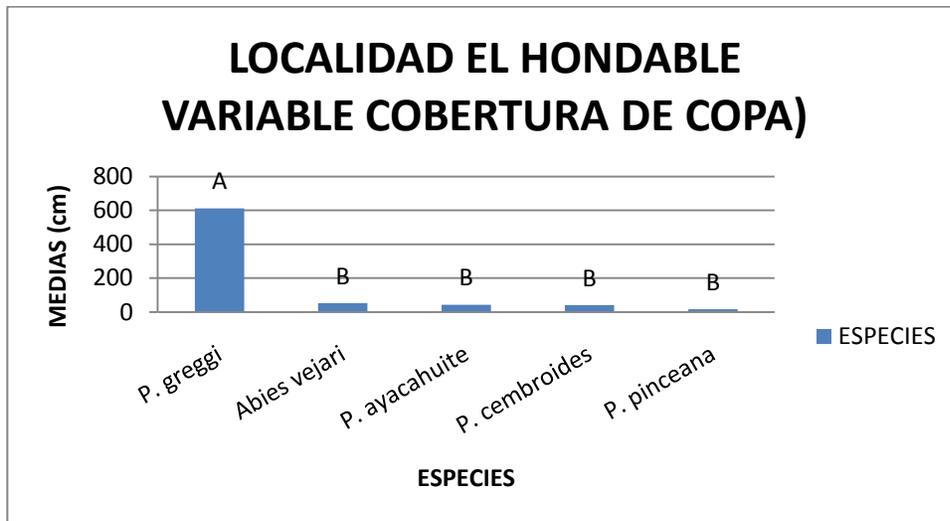


Figura 12. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).



Figura 13. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

La especie 2 *Pinus greggii* para la variable cobertura de copa presento la media más alta en la localidad 2 con media de 611.94 cm. Seguido de las localidad 3 El zorrillo con media de 500.11 cm. Y por último la localidad 1 Mesa de las tablas con media de 470.86 cm. Que son estadísticamente iguales. (Ver Figura 14).

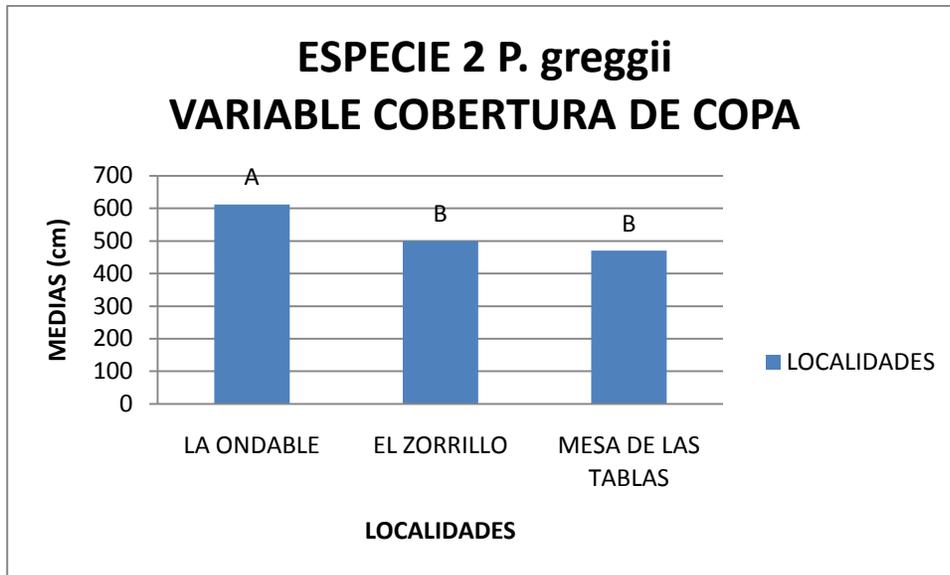


Figura 14. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

La especie 5 *Pinus ayacahuite* en la variable cobertura de copa obtuvo resultados mayores en la localidad 2 con media 433.5 cm seguida de la localidad 3 El Zorrillo con una media de 522.6 cm. La localidad 2 con los valores más bajos con medias estadísticamente iguales. (Ver figura 15).

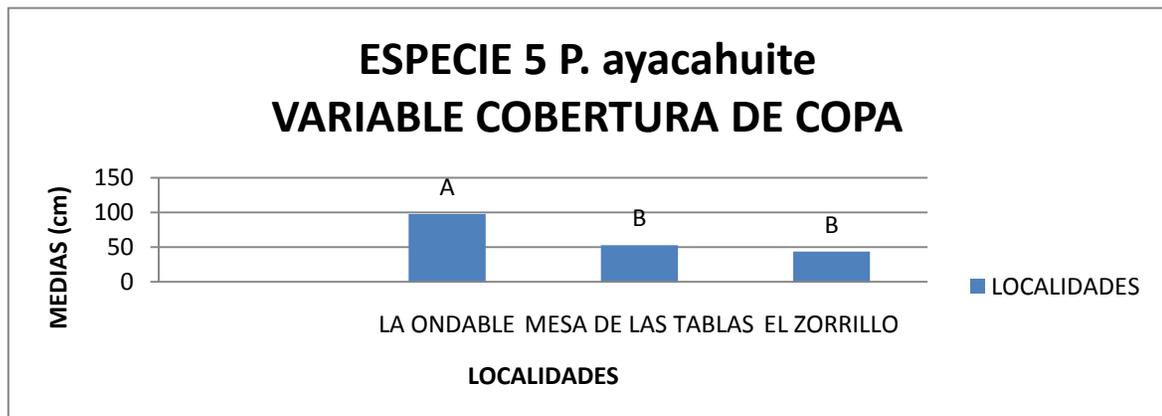


Figura 15. Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

En estudios recientes, Valencia *et al.*, (2006) al evaluar un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax. a 2.5 años de la plantación, reportan haber encontrado interacción de localidad por procedencia en altura total, diámetro basal y diámetro de copa, excepto para el número de ciclos de crecimiento en donde la mayoría de las procedencias siguieron un mismo patrón en ambas localidades, sin embargo, las procedencias de Santa Anita, Coah. , Puerto San Juan, Coah. y Placetas, N.L. no siguieron la misma tendencia.

Por otra parte Viveros *et al.*, (2006) al evaluar la variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidos en dos sitios en Michoacán a 15 meses de establecida la plantación, reportan haber encontrado interacción sitio por procedencia únicamente en el diámetro basal y no en altura total, ni diámetro de copa y ni número de verticilos. La procedencia de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* de la comunidad Durango, en Zimapán, cambió de posición jerárquica, donde presentó mayor diámetro en la localidad Los Amoles 2.8 cm, mientras que en la localidad Cerro Pairo fue menor 1.4 cm.

Al evaluar un ensayo de procedencia de *Pinus oaxacana* Mirov en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax. a 2.5 años de establecida la plantación, Ruíz (2003) no encontró efecto de interacción localidad por procedencia, en altura, diámetro basal, diámetro de copa, número de verticilos y sobrevivencia.

El diámetro de la copa promedio de las plantas establecida originalmente (cuatro o cinco meses de plantado.) es de 93.71 cm, con un coeficiente de correlación entre diámetro de copa y promedio de copa y altura de 0.90 y con el diámetro basal el nivel de correlación es de 0.92 el diámetro de copa es mayor al promedio que tiene la población establecida en la mixteca alta Oax. que es de 62.20 cm (Velasco, 2001).

Las diferencias encontradas entre las localidades pudieran deberse a las características del suelo y precipitación en donde se llevo a cabo el estudio experimental.

López *et al.*, (1999) mencionan que las condiciones de suelo, como la acidez, contenido de materia orgánica influyen en el óptimo desarrollo de las pináceas, es aquí en donde es notable el efecto de la localidad, sobre todo donde las condiciones son favorables para el crecimiento de la especie. Valencia *et al.*, (2006) reportan que los mayores crecimientos se relacionaron con menores valores de pH, mayor porcentaje de materia orgánica y mayor porcentaje de nitrógeno total, tal efecto influye de manera similar al encontrado en el presente estudio. Por otra parte, Viveros *et al.*, (2006) encontraron que en la localidad que presentó menor crecimiento en altura, las plantas fueron afectadas por las bajas temperaturas en etapas iniciales, siendo éste un factor por el cual las plantas reducen su crecimiento sobre todo en las etapas iniciales.

Por otra parte, se ha encontrado que el efecto de los ambientes de fertilidad fue más importante sobre el crecimiento en altura y diámetro, así mismo, el Nitrógeno favoreció al crecimiento aéreo bajo diferentes niveles de fertilización en la etapa de vivero. Capó *et al.*, (1993) encontraron diferencias para la variable diámetro a diferentes niveles de nitrógeno comparado con el testigo, resultando mejor para el diámetro en tres de los tratamientos en comparación con el testigo, siendo este un factor que afecta a las plantas en cada localidad donde se desarrolló el experimento por presentar condiciones heterogéneas una de otra, en las cuales fueron ensayados los experimentos y por lo tanto cada localidad presenta condiciones diferentes, dando como resultado una respuesta relativamente diferencial, y de esta forma pueden reducir o aumentar su crecimiento, de acuerdo a la aclimatación o respuesta de la planta en la localidad probada.

## V. CONCLUSIONES

- La sobrevivencia es igual estadísticamente para todas las especies en las tres localidades, resultado aceptable para una plantación.
- *Pinus greggii* fue la que especie resulto con los mayores valores en altura, diámetro basal, cobertura de copa y numero de verticilos
- Las demás especies no alcanzaron ni la mitad de los valores registrados por *Pinus greggii*.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Seguir realizando evaluaciones en los ensayos, para seguir observando el crecimiento de las cinco especies.
2. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación *Pinus greggii* presento los más altos resultados los cuales podrían servir para una perspectiva de reforestación en la sierra de Arteaga y áreas aledañas.
3. Aplicar un tratamiento de control de vegetación que se encuentra dentro de los ensayos para observar si existen cambios después del tratamiento.
4. Evaluar en los tres ensayos la influencia de la plantación en la infiltración, regeneración de especies arbustivas y acumulación de materia orgánica.
5. Evaluar las procedencias de cada una de las especies.

## VII. APENDICE

### TABLAS DE PRUEBA DE TUKEY

#### Localidad 1 Mesa de las tablas variable altura

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	476.81	3	2
B	192.72	3	5
C B	161.62	3	3
C B	133.38	3	4
C	95.79	3	1

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

#### Localidad 1 Mesa de las tablas Variable diámetro

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	98.63	3	2
B	37.92	3	5
B	27.97	3	3
B	23.57	3	4
B	14.89	3	1

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

#### Localidad 1 Mesa de las tablas Variable número de verticilos

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	23.904	3	2
A	20.783	3	3
B	9.425	3	4
B	9.281	3	1
B	8.677	3	5

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 1 Mesa de las tablas Variable cobertura de copa

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	47086	3	2
B	9781	3	5
B	5643	3	3
B	4141	3	1
B	2309	3	4

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 2 variable altura

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	510.80	3	2
B	163.07	3	4
C B	130.34	3	5
C	97.98	3	1
C	82.00	3	3

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 2 Variable diámetro

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	100.877	3	2
B	27.509	3	4
B	23.381	3	5
B	20.320	3	1
B	16.976	3	3

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 2 Variable número de verticilos

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	21.754	3	2
B	13.024	3	3
B	11.038	3	1
B	9.667	3	4
B	8.961	3	5

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 2 Variable cobertura de copa

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	61194	3	2
B	5229	3	3
B	4335	3	5
B	4058	3	4
B	1667	3	1

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 3 El Zorrillo variable altura

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	511.56	3	2
B	134.19	3	5
C B	128.05	3	4
C	77.66	3	3
C	74.07	3	1

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 3 El Zorrillo Variable diámetro

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	96.72	3	2
B	28.66	3	4
B	27.35	3	5
C	27.32	3	1
C	17.40	3	3

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 3 El Zorrillo Variable número de verticilos

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	20.8317	3	2
B	9.5214	3	3
B	9.4510	3	4
B	8.5512	3	5
B	7.5321	3	1

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

### Localidad 3 El Zorrillo Variable cobertura de copa

Agrupación Tukey	Media	N	Esp
A	50011	3	2
B	5266	3	5
B	3218	3	4
B	2616	3	3
B	1360	3	1

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

**Especie 1 *Pinus pinceana* variable altura**

<b>Agrupación Tukey</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Loc</b>
A	97.981	3	2
A	95.795	3	1
B	74.073	3	3

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

**Especie 2 *Pinus greggii* Variable cobertura**

<b>Agrupación Tukey</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Loc</b>
A	61194	3	2
B	50011	3	3
B	47086	3	1

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

**Especie 3 *Abies vejari* variable altura**

<b>Agrupación Tukey</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Loc</b>
A	161.62	3	1
B	82.00	3	2
B	77.66	3	3

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

**Especie 3 *Abies vejari* variable número de verticilos**

<b>Agrupación Tukey</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Loc</b>
A	20.783	3	1
B A	13.024	3	2
B	9.521	3	3

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

**Especie 5 *Pinus ayacahuite* variable altura**

<b>Agrupación Tukey</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Loc</b>
A	192.72	3	1
B	134.19	3	3
B	130.34	3	2

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

**Especie 5 *Pinus ayacahuite* variable cobertura de copa**

<b>Agrupación Tukey</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Loc</b>
A	9781	3	2
B	52.66	3	1
B	4335	3	3

Mismas letras, significa medias estadísticamente iguales ( $\alpha= 0.05$ ).

## BIBLIOGRAFÍA

- Agee, J.K. 1993. *Fire Ecology of Pacific Northwest Forests*. Island Press. Washington, D.C. 477 Pp.
- Ahnres, R. G.; A. Dobkowski y D.E. Hibbs. 1992. Red Alder: Guidelines for Successful Regeneration. Forest Research Laboratory. Oregon State University, Corvallis. Oregon, U.S.A. Special Publication 24. 11 pp.
- Allen, H. 1897. Forest fertilizers. *Journal of Forestry* 85(2):37-46
- Ballard, R. 1984. Fertilization of plantations. *New Zealand Journal of Forestry*
- Bello L., A. y J. Cibrián T. 2000. Evaluación técnica de la reforestación 1998. *In: I congreso nacional de reforestación. Resúmenes de ponencias. SEMARNAT-PRONARE-CP. Montecillo, Estado de México. p. s/n.*
- Boyd, Raymund, J., 1977. The biology of planting. In *tree Planting in the Inland Northwest*. Pub. Wash State University, edit. Por David M. Baungartner y Raymond Boyd.
- Brissette, C. J. y W.C. Carlson (1991). Seedling Quality and Field Performance. In: *Proceedings of the Shortleaf pine regeneration Workshop*. Little Rock, Arkansas. p. 29-31.
- Capó A., M. A. 200. Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito. Buenavista, Saltillo, Coahuila p 15.
- Capó A., M. A., R. López A. y E. H. Cornejo O. 1993. Crecimiento de *Pinus greggii* en suelos de ocho localidades. En: memoria I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de ponencias. SOMEREF. Saltillo, Coah., México. pp. 75.
- Capó- Arteaga, M. A. and M. Newton. 1991. Survival and growth of five species of *Pinus* seedlings after different approaches to competition control: "bridging" studies between Oregon and México. *New Forest*. 5:219-238.
- Chapman., G. W. y T. G. Allan. 1978. Técnicas de establecimiento de Plantaciones Forestales. FAO. Roma, Italia. 206 pp.
- Christensen, N. L., A. M. Bartuska, J. H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J. F. Franklin, L. A. MacMahon, R. F. Noss, D. J. Parson, C. H. Peterson, M. G. Turner y R. G. Woodmansee.
- Coile, T. 1952. Soil and the growth of forests. *Advances in Agronomy* 4:329-398
- CONAFOR-SEMARNAT. 2003. Manual para la verificación de la propuesta técnica forestal y ambiental de los beneficiarios del PRODEPLAN (aspectos técnicos). Gerencia de desarrollo de plantaciones forestales comerciales. México. p.26.

- Contreras M., R. 2005. Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. Establecido en el C.A.E.S.A. Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buena Vista Saltillo, Coahuila, México. 58p.
- Daniel , T.W., J.A. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México.492 p.
- DANIEL, T.W.; J.A. HELMS y F.S. BAKER. 1983. Principios de silvicultura (Traducción al español de Ramón Elizondo Mata) McGraw-Hill. México. 492 p.
- Donald, D., Lange, P., Schutz, C. and Morris, A. 1987. The application of fertilizers to pines in Southern Africa. South African Forestry Journal 141:53-62
- Dvorak W. S., J. E Kietzka y J. K. Donahue. 1995. Three- year survival and growth of provenances of *Pinus greggii* Engelm. In the tropics and subtropics. Forest Ecology and Management. 83:123-131.
- Eguiluz P. y A. Plancarte B. (Editores). Chapingo, México. Pp.89-100.1996.  
Report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. Ecological Applications 6: 665-691.50:29-39.
- Eguiluz P., T. 1990. Establecimiento y manejo de plantaciones. En memoria de Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. T. Eguiluz P. y A. Plancarte B. (Editores). Chapingo, México. p. 188-207.
- FAO. 2000. Métodos de plantación forestal en zonas áridas 265pp.
- Farfán V., E. de G. J. López U., J.J. Vargas H. y C. Ramírez H. 2002.  
Parámetros genéticos y eficiencia de la selección temprana en *Pinus ayacahuite* Ehrh. Var ayacahuite. Revista Fitotecnia Mexicana 25(3): 239-246.
- Flinta C., M. 1960. Practicas de Plantaciones Forestales en América Latina. Roma. Roma. 499 pp.
- Fulé P. Z. y W.W. Covington. 1999. Fire regime changes in La Michilia Biosphere Reserve, Durango, Mexico. Conservation Biology 13: 640-652.
- Galloway, G., y G. Borgo. 1984. Guía para el establecimiento de Plantaciones Forestales en la Sierra Peruana. FAO. Lima Perú.147 pp.
- González, G. 1985. Principios de la fertilización forestal. *In*: Primer taller sobre suelos y fertilización forestal. Chillán, Chile. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Mimeografiado 25 p.
- Goor, A. Y. 1956. Métodos de Plantación en Zonas Áridas. FAO. Cuaderno de Fomento Forestal No. 6. Roma, Italia. 191 pp

- Hausenbuiller, R. 1984. Fertilizers and fertilizer use. Cap. 15. p.390-415. *In*: Robert S. (Ed.). Soil Science: principles and practices. Wm. C. Brown. Washington. USA. 610 p.
- Hawley, C. R. y D. M. Smith. 1972. Silvicultura practica. Ediciones Omega. Barcelona, España. 544pp.
- Heinselman, M. L. 1978. Fire intensity and frequency as a factor in the distribution and structure of northern ecosystems. *In*: M.A.B. (Ed.) Fire regimen and ecosystem properties. Honolulu, Hawaii. 127p.
- Henan, J.J.:1978.Greenhouse Management New York: Springer- Verlag.
- Hernández B., E. 2005. Ensayos de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm en el Ejido 18 de Marzo., Galeana Nuevo León. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila.53 p.
- Innes, J. L., "Forest health surveys –A critique", Environmental Pollution, num. 54, 1988, pp. 1-15.
- Jalota, R. K.; Sangha, K.; Kohli, R. K. 2000. Under-storey vegetation of Forest Plantations in N-W India - An Ecological Economic Assessment. Journal of Tropical Medicinal Plants, (1) 2: 115-124.
- Jones, B. and Broerman, F. 1991. The role of fertilization in intensive forest management. Southern Journal of Applied Forestry 15:34-37
- Kauffman, J. B. 1986. The ecological response of the shrub component to prescribed burning in a mixed conifer ecosystems. Ph.D. Dissertation. University of California, Berkeley. EUA.
- Keeley, J. E. 1991. Seed germination and life history syndromes in the California chaparral. Botanical Review 57: 81-116.
- Kellison, R. C. 2002. Forestry trends in transition. *In*: Proceedings of Symposium on Technical, Social and Economical Issues of Eucalyptus, University of Vigo, Pontevedra, Spain, 6 pp.
- Kozlowski, T. T. y I. F. Ahlgren, (Eds.). 1974. Fire and Ecosystems. Academic Press, Nueva York, EUA.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Lindstrom, O. M.; D. J. Moorhead y G. W. Kent. 1997. Propagation and care of Leyland cypress as Christmas trees. Publicación electrónica. <http://www.bugwood.org>
- López A., J. L., J. J. Vargas H. y J. López U.1999. Variación interespecifica en el patrón de crecimiento del brote terminal en *Pinus greggii* Engelm. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del ambiente 5(2): 133-140.
- López A., J. L., J. J. Vargas H., C. Ramírez H. y J. López U. 1999. Variación intraespecifica en el patrón de crecimiento del brote terminal en *Pinus greggii* Engelm. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 5(2):133- 140.

- López U., J., C. Ramírez H., O. Flascencia E. y J. Jasso M. 2004. Variación de crecimiento de diferentes poblaciones de las dos variables de *Pinus greggii* Revista Agrociencia 4(38): 457-464).
- López U., J., Jasso M., J. J. Vargas H. Ayala S. 1993. Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*. Agrociencia. 3(1):81-95.
- Lyon, L. J. y P. F. Stickney. 1974. Early vegetal succession following large northern Rocky Mountain wild fires. pp. 355-376, *In*: Proceedings of Tall Timbers Fire Ecology Conference, 14.
- Manzano C., M. G. F. 1993. Ensayo regional de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. En la etapa de semillero y vivero. Tesis profesional UAAAN. Saltillo Coahuila. 88p.
- Mas P., J., J. J. García M. y M. A. Cervantes S. 1995. Ensayo de procedencias de arboles en el campo experimental Baarranca de Cupatitzio. Ciencia Forestal 20 (78): 111-141.
- McMurtrie, R., Benson, M., Linder, S., Running, S., Talsma, T., Crane, W. and Myers, B. 1990. Water/nutrient interactions affecting the productivity of stands of *Pinus radiata*. Forest Ecology and Management (30):415-423
- Merlín B., E. y Prieto R., J. A. 2002. Producción de árboles de navidad en regiones semiáridas del norte de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto técnico. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC. Durango, Dgo. 26 p.
- Mexal, J.G. y Landis, T.D. (1990). *Target seedling concepts: height and diameter*. En: Target seedling symposium: proceedings, combined meeting of the Western Forestry Nursery Associations. Rose, R; Campbell, S.J. y Landis, T.D (editores). USDA For. Ser. Oregon.
- Miller, H. 1981. Forest fertilization: Some guiding concepts. Forestry 54(2):157-167
- Mirov, N. T. 1967. The genus *Pinus*. Ronald Press, Nueva York, EUA. Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, Nueva York, EUA.
- Monzón P. A. 1963 Técnicas de repoblación en levante. II asamblea técnica forestal. Dirección General de Montes, caza y pesca Fluvial.. Pp. 325-256.
- Mora P., F. y R. Meneses R. 2004. Comportamiento de procedencias de *Acacia siligna* (Labill). H. L. Wendl. Región de Coquimbo, Chile. Ciencia forestal Santa María 1(14): 103-109.
- Moreno C., A. A. 1993. Desarrollo de cinco especies de pino a ocho años de plantados bajo cuatro tratamientos a la vegetación en Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 89pp.

- Moreno G., D. A. 2000. "Parcela cero" un método para evaluar las plantaciones forestales. *In: I congreso nacional de reforestación. Resúmenes de ponencias.* SEMARNAT-PRONARE-CP. Montecillo, Estado de México. p. s/n.
- Nájera D., a 1983. Ensayo de adaptación de seis especies de *pinus* en la sierra de San José de Boquillas, N.L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista saltillo, Coahuila, 66pp.
- Navarro M., J., A. Vela L., J. Muñiz E., F. Ibarra S. y D. Ayerde L. 2000. Establecimiento y manejo de plantaciones bajo sistemas de agroforestales en el estado de Guerrero. *In: I congreso nacional de reforestación. Resúmenes de ponencias.* SEMARNAT- PRONARE-CP. Montecillo, Estado de México. P. s/n.
- Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. En memoria Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales.
- Oliet J.; P. R.; López M. y Artero F. (1997). *Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en plantación de Pinus halepensis.* Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 4: 69-79
- Órnelas H., G. 1997. Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis profesional UAAAN. Saltillo, Coahuila. 59p.
- Ortega San V., J. 1978. Evaluación de plantaciones forestales. *In: Memoria de resúmenes de I reunión nacional de plantaciones forestales.* Dirección general de investigación y capacitación forestal. SARH. Publ. Esp. No. 13. México. pp. 321–330.
- Patiño V., F. y L. Vela G., 1980. Criterios para el Establecimiento de Plantaciones Forestales por área ecológica. En Memoria de la Segunda Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. INIF. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. p. 101-148.
- Patrone, Generoso. Piano di Assetamento delle foresta di Vallombrosa per il decenio 1960-1969. Firenze, ministero dell agricoltura dell Foresta 1960. Pp. 18-23.
- Perry, P. J. 1991. The Pines of México and Central America. Timber Press. portland, Oregon. 231p.
- Pierce, L. L. y S. W. Running, "Rapid estimation of coniferous Forestleaf area index using a portable integrated radiometer", Ecology, num. 69, 1988, pp. 1762-1769.
- Pimentel B., L. 1978. Preparación del terreno en Plantaciones Forestales. En: Memoria de la Primera Reunión Nacional Sobre Plantaciones Forestales. SARCH-DGIFC. Publicación especial No.13. México. p. 187-193.

- Plancarte B., A. y C. C. Cigarrero. 1993. Evaluación de la diversidad genética en poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. Tesis en Maestría en ciencias Colegio de Posgraduados, Montecillos, México. 90p.
- Quevedo, M. A de. La celebración las Fiestas del “Día del Árbol”. México Forestal. Sociedad mexicana Forestal. XXII No. 3-4. México, 1944. Pp.21-22.
- Ramírez G., J 2008. Ensayo de tres procedencias de *Pinus pinceana* Gordon en tres localidades del norte de México. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 59 p.
- Ramírez M., H. 1978. Evaluación de supervivencia. *In*: Memoria de resúmenes de I reunión nacional de plantaciones forestales. Dirección general de investigación y capacitación forestal. SARH. Publ. Esp. No. 13. México. pp. 329 – 331.
- Reforestación. Resúmenes de ponencias. SEMARNAT-PRONARE-CP. Montecillo, Estado de México. p. s/n.
- Rzedowski, J. vegetacion de México. Ed. Limusa. México, D.F. 431 pp.
- Rivera L., R. 1999. Establecimiento de plantaciones comerciales de cedro rojo en la Península de Yucatán. 500 tecnologías
- Rodríguez S., B., X. García C. y J. A. Contreras G. 1993. Evaluación en vivero de progenies de sac-chaca (*Dendropanax arboreus*), y negrito (*Siamrouba glauca*). Ciencia Forestal 18(74): 4-24.
- Rodríguez S., R. 1989. Ensayo de adaptación de cinco especies del genero *pinus* en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis professional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 75pp.
- Rowell, A. y P. F. Moore. 2000. *Global Review of Forest Fires*. WWF/IUCN, Gland, Switzerland.
- Royo, A.; Fernandez, M.; Gil, L.; Gonzales, E.; Puelles, A. Ruano, R y Pardos, J.A. (1997). *La calidad de la planta de vivero de Pinus halepensis destinada a la repoblación forestal*. Tres años de resultados en la Comunidad Valenciana. Montes
- Ruiz A., V. 2003. Ensayos de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov en dos localidades de la región Mixteca Alta Oaxaqueña. Tesis profesional UAAAN. Saltillo, Coahuila. 93p.
- Ruiz A.,V. 2003. Ensayos de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov en dos localidades de la región Mixteca Alta Oaxaqueña. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 93 p.
- Russell, R.S. 1968. Condiciones del suelo y Crecimiento de las plantas. Cuarta Edición. Editorial Aguilar. Madrid España. 766p.

- SARH. 1985. Inventario forestal del estado de Coahuila. Publicación especial No. 51. México, D.F. 79 pp.
- Schlatter, J. 1987. La fertilidad del suelo y el desarrollo de *Pinus radiata* D. Don. *Revista Bosque* 8(1):13-19 *Science* 8(1):71-104
- Serrato C., J. A. 2000. Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. En el predio de los Tarihuanes, Cañón de Jame, Arteaga Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buena Vista, Saltillo, Coahuila. México 67p.
- Spurr H., S y B. V. Barnes. 1980. *Forest ecology*. John Wiley & Sons. Nueva York, EUA.
- Soberon M., J. 1994. La biodiversidad de México. In: IV reunión nacional sobre plantaciones forestales. Resúmenes de ponencias. SARH. México, D.F. p. 46.
- Swanson F., J. Jones, D. Wallin y J. Cissel. 1999. Natural Variability-Implications for Ecosystem Management. En Jansen M.& P. Bourgeron (Eds). *Eastside forest ecosystem health assessment*. Vol. 2, ecosystem management: principles and applications. USDA Forest Service General Technical Report PNW-318. Portland, Oregon, USA.
- Tinus, R. W y McDonald, S.E. 1979. How to grow tree seedling in containers in greenhouse. Gen. Tech. Rep. RM-60. Ft Collins, CO: USDA forest Service, Rock Mountain Forest and Range Experiment Station. USA. 256p.
- Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. 1982. *Fertilidad de los suelos y Fertilizantes* Editorial Hispano-Americana, S.A: de C.V. Primera Edición en español. DF., México.
- Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. 1982. *Fertilidad de los suelos y Fertilizantes* Editorial Hispano-Americana, S.A: de C: V: Primera Edición en español. DF., México.
- Toro, J. 1995. Avances en Fertilización en *Pinus radiata* Don. y *Eucalyptus spp* en Chile.
- Torres R., J. M. 1994. Establecimiento y manejo de plantaciones. In: Resúmenes IV reunión nacional de plantaciones forestales. SARH-INIFAP. México. Pp. 7
- Torres R., J. M. y O. S. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Balderas 95, México, D.F. 451 p.
- Toumey, J. y Korstian, C. F. *Siembra y plantación en la práctica forestal*. Traduc. De la 3ª. Ed. en ingles. Buenos Aires. Suelo argentino. 1954 pp. 235-256.
- Touzet, G. 1985. Plantaciones forestales para fines industriales en IX Congreso Forestal Mundial. Resumen de Ponencias. SARH-FAO. México. E-1.3.1.

- Tyler, C. M. 1995. Factors contributing to postfire seedling establishment in chaparral: direct and indirect effects of fire. *Journal of Ecology* 83: 1009-1020.
- Valencia M., S., M.V. Velasco G., M. Gómez C., M. Ruiz M. y M.A. Capó A. 2006. Ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(1):27-32.
- VAN D. R. (1992). *Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen, and potassium treatments.* *Can. J. For. Res.* 22:740-749
- Vela M. R. 2002. Supervivencia, crecimiento y arquitectura de copa en un prueba de progenie de *Pinus greggii*. Engelm. En el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 55 p.
- Velasco G., M. V. 2001. Ensayo de trece procedencias de *Pinus greggii* en dos localidades de la Mixteca alta Oaxaca. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 75p.
- Velázquez, M.A. 1984. Estudio de algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Pinus hartwegii* Lindl., en Zoquiapan, México. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 123 p.
- Viveros V., V., C. Sáenz R., J. J. Vargas H., J. López U. 2006. Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios en Michoacán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(2): 575-587.
- Villarreal C., R. 1994. Obtención y manejo de germoplasma forestal para la producción de planta. In: IV reunión nacional sobre plantaciones forestales, Resúmenes de ponencia. SARH. México, D.F. p. 6.
- Waering, P. F. la fisiología del árbol en relación con la genética y sus aplicaciones. *Unasyuva*. 18(2-3): 61-69.
- Waring, R. H., "Imbalanced forest ecosystems: Assessments and consequences", *Ecology Forest and management*, num. 11, 1985, pp. 93-112.
- White, A.; Martin, A. 2002. Who owns the world's forests?. *Forest tenure and public forests in transition*. *Forest Trends*. 30 pp. .
- Will, G. 1985. Nutrient deficiencies and fertilizer use in New Zealand exotic forest. *FRI Bulletin* No. 97. 53 p
- Yáñez M., O. 1987. Plantaciones Forestales. En: Memoria del Primer Simposio Nacional Sobre investigación Forestal. UACH-INIF-SARCH. Chapingo, México. p. 333-334.

- Yañez, M. O. y Garza, M.S 1971. Fomento de los Recursos Forestales en los aspectos de integración de suelos, viveros y reforestación Artificial. Dirección Técnica Forestal. PROTINBOS.
- Young, R. A. y R. L. Giese 1990. Introduction to Forest Science. John Wiley & Sons. Nueva York, EUA.
- Zobel, B. J.J. Talbert. 1998. Técnicas de mejoramiento genético de arboles forestales. Limusa. México. 545p.