

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

**MIGUEL LÓPEZ LOCIA**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial  
para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
FORESTALES**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 2010

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE CINCO ESPECIES DE  
CONÍFERAS PLANTADAS EN LA SIERRA DE ARTEAGA,  
COAHUILA.

TESIS

ELABORADA POR

MIGUEL LÓPEZ LOCIA

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de  
Asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:

Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Asesor:

M.C. Salvador Valencia Manzo

Asesor:

Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo

Dr. Jerónimo Landeros Flores

Director de Postgrado

Buenvista, Saltillo, Coahuila, Octubre de 2010

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con mucho amor a María A. Hernández Ramírez, por tu amor, comprensión, cariño y que gracias al amor que nos tenemos motivo para que se concluyera este proyecto en nuestras vidas de terminar la tesis de maestría.

Muy especialmente al ser más bello que me dio dios a mi hija Monserrat Guadalupe por ser el motor que me mueve día con día hacia el éxito profesional y familiar.

Para mi madre que no fue posible brindarme su apoyo económico que siempre quiso darme, pero el moral y mas valioso en esta vida me lo dio y no tengo como pagártelo porque siempre me guiaste en el mejor camino de la vida, con tus consejos, regaños, cariño y amor a tus hijos, he logrado el objetivo, gracias mama.

A mis hermanos Heriberto, Águeda, Emira y Estela, muy en especial a mi hermano Alonso que siempre me brindo su apoyo moral y económico para tocar puertas a mi “Alma Terra Mater” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y por ser un ejemplo de lucha y constancia cada día.

A todos y cada uno de mis sobrinos con cariño, que este éxito que he logrado con la ayuda de mis maestro sirva como ejemplo y motivación para que sigan el camino de la educación profesional.

Para usted con mucho cariño suegra Jovita Ramírez M., y todos sus hijos por la confianza que siempre me han brindado.

A mi cuñado Marco Polo Castro Polanco, quien siempre nos ha acompañado en las buenas y en las malas a la familia, por ser comprensivo y motivarnos a salir adelante con sus comentarios siempre positivos.

## AGRADECIMIENTOS

A La universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por abrirme las puertas del conocimiento y haberme formado como profesionalista.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por haberme brindado el apoyo de la beca crédito que permitió la culminación del Postgrado.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga de quien recibí siempre su apoyo incondicional durante la estancia en el postgrado brindándome la asesoría del trabajo de investigación, recursos económicos y materiales para el establecimiento de los tres sitios de plantación y que siempre mostró el interés para concluir el trabajo de tesis.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo por su ayuda en hacer los análisis estadísticos de los datos de campo y en la revisión constante de la memoria de la tesis, que sus comentarios y opiniones mejoro el trabajo final. Por su amistad que gracias a ella recibí opiniones y consejo de mi formación profesional y personal.

Al Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo por su interés de que se culminara esta tesis.

Al Dr. Alejandro Zarate Lupercio por su apoyo moral y laboral que me brindo durante el tiempo que permanecí como alumno de la maestría en Ciencias Forestales.

A mi esposa e hija que siempre estuvieron motivándome desde la casa para que no bajara la moral y pudiera terminar el trabajo de tesis.

Al Sr. Urbano Flores y esposa, quienes me apoyaron con equipo y herramienta para que se establecieran los tres sitios de plantación en la Sierra de Arteaga, Coah.

A mis amigas y amigos Zita Salazar, Roció Sánchez Morales y esposo, Miguel Sosa, mi buen amigo Gil, que de alguna forma me brindaron su apoyo para la realización de la tesis.

A mis compañeros de la generación de maestría Erika Reyna Olvera y Homero Barriga Marín, quienes compartimos momentos tristeza y de alegría y que gracias a dios nos permitió terminar el postgrado.

A la Sra. Yolanda Sánchez Valencia secretaria de la Maestría en Ciencias Forestales quien con su apoyo incondicional se obtuvo el grado de maestro en Ciencia.

Al Biol. Omar E. Magallanes T. Subdelegado de Recurso Naturales de la PROFEPA quien me brindo las facilidades de ausentarme de mi adscripción de trabajo para culminar el trabajo de tesis.

Al comité de evaluación de Elegibilidad Académica M.C. José Aniseto Díaz Balderas, M.C. José Armando Nájera Castro y Dr. Jorge Méndez González, quienes me brindaron su apoyo.

# COMPENDIO

Sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de coníferas plantadas en la  
Sierra de Arteaga, Coahuila.

POR

MIGUEL LÓPEZ LOCIA

MAESTRÍA CIENCIAS FORESTALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBRE 2010.

Dr. Miguel Angel Capó Arteaga - Asesor -

Palabras claves: *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana*, *Pinus greggii*, plantación forestal, fertilización, sobrevivencia, altura, diámetro.

Se establecieron tres áreas de plantación en la sierra de Arteaga, Coahuila, con el objetivo de determinar el efecto sobre la sobrevivencia y el crecimiento de cinco coníferas que recibieron tratamientos de distintos niveles de fertilización en vivero. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar; las mediciones del diámetro y altura, se hicieron a los 6,12 y 18 meses, los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y

con la comparación de medias de Tukey. Los análisis de varianza para las tres variables (sobrevivencia, altura y diámetro) se consideró como único factor a los tratamientos de fertilización hechos en vivero en cada especie y en cada sitio.

El análisis de varianza y la prueba Tukey mostraron que hay diferencias entre tratamientos, la mayor sobrevivencia se presentó con los tratamientos osmocote, plantex y gronfol, el tratamiento testigos tuvo la menor sobrevivencia. *P. greggii* no mostró diferencias significativas. Cuando hubo diferencias estadísticas, los tratamientos que presentaron los más altos valores fueron con el osmocote en la variable altura, incremento absoluto e incremento relativo, este último incremento también presentó los mayores valores con el tratamiento testigo en Mesa de las Tablas.

Las variables diámetro e incremento relativo muestran el mayor valor con el fertilizante osmocote. *P. greggii* tiene mayor sobrevivencia y crecimiento en altura, diámetro y en los incrementos absolutos y relativos, en los tres sitios de plantación, por este hecho se está recomendando su uso en los programas de reforestación, restauración y en las plantaciones comerciales.

## ABSTRACT

Survival and growth of five conifers species planted in the Sierra of Arteaga,  
Coahuila.

By

MIGUEL LÓPEZ LOCIA

MASTER IN FOREST SCIENCES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, OCTUBRE DE 2010

Ph.D. Miguel Ángel Capó Arteaga - Adviser -

*Keys Word: Abies vejari, Pinus ayacahuite, Pinus cembroides, Pinus pinceana, Pinus greggii, forest plantation, survival, height, diameter.*

There were established three areas of plantation in the Sierra of Arteaga, Coahuila, in order to determine the survival and growth of five conifers that were treated with different levels of fertilization in the nursery. The experimental desing was randomized blocks; the diameter and height measurements were made at 6, 12 and 18 months, data were analyzed using analysis of variance and the Tukey mean comparation. The analysis of variance for the three

variables (survival, height and diameter) was considered as the only factor to the treatments of fertilization done in each species and each site.

The analysis of variance and the Tukey test showed that there was differences between treatments, the highest survival presented were with the treatments osmocote, plantex and gronfol, the contro treatment had the lowest survival. *Pinus greggii* not showed significant differences. When there were statistical differences, the treatment that had the highest values were with osmocote in the variable height, absolute and relative increases, these last one marpase also had the highest values to the control treatment in Mesa of the Tablas.

The variables diameter and relative increase showed the greatest value with the osmocote fertilizer. *P. greggii* has the highest survival and growth in height, diameter, the absolute and relative increases to the three planting sites, and this fact is recommending touse in reforestation and restauration programs and commercial plantations.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Caracterización de la Sierra de Arteaga, Coahuila.....	4
Plantaciones.....	5
Selección de la especie.....	5
Calidad de la planta.....	7
Importancia de la fertilización.....	11
Ecología y Distribución de las especies a probar.....	14
<i>Abies vejari</i> Martínez.....	14
<i>Pinus Ayacahuite</i> var. <i>Brachyptera</i> Shaw.....	15
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.....	15
<i>Pinus greggii</i> Engelm.....	16
<i>Pinus pinceana</i> Gordon.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Características Generales del área de estudio.....	19
Localización geográfica.....	19
Topografía.....	19
Geología y Suelo.....	21
Hidrología superficial.....	21
Clima.....	22
Vegetación.....	23
Superficie afectada por el incendio en año 1998.....	23
Descripción general de los tres sitios de plantación.....	24
Mesa de las Tablas.....	24
El Zorrillo.....	27
El Hondable.....	30
Establecimiento de las tres áreas de plantación.....	31
Material para plantación.....	33
Trazo y apertura de cepas.....	34
Aleatorización de las cinco especies de coníferas y sus cuatro Tratamientos.....	35
Diseño experimental en cada sitio de plantación.....	37
Transporte de planta.....	37
Plantación.....	38

Mantenimiento de la plantación .....	39
Mediciones de variables dendrométricas .....	39
Análisis estadísticos .....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
Sobrevivencia.....	42
Altura.....	48
Diámetro.....	56
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	65
LITERATURA CITADA.....	66
APÉNDICE.....	71

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Porcentaje de sobrevivencia de cinco coníferas fertilizadas en vivero y plantadas en tres sitios en la Sierra de Arteaga, Coah ...	43
Cuadro 2. Valores de altura, incremento absoluto e incremento relativo de cinco coníferas fertilizadas en vivero y plantadas en tres sitios en la Sierra de Arteaga, Coahuila .....	49
Cuadro 3. Diámetro, incremento absoluto e incremento relativo de cinco coníferas fertilizadas en vivero y plantadas en tres sitios en la Sierra de Arteaga, Coahuila .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización de las tres áreas de plantación: Mesa de las Tablas, Hondable y Zorrillo, en la Sierra de Arteaga, Coahuila .....	20
Figura 2. Distribución de los veinte tratamientos en cada uno de los tres bloques que conforman un sitio de plantación en la Sierra de Arteaga, Coahuila .....	36

## INTRODUCCIÓN

México cuenta con una superficie total forestal de poco más de 141 millones de ha, de las cuales 29.7 millones corresponden a bosques, 26.9 millones a selva, 58.1 millones vegetación de zonas áridas, 4.2 millones vegetación hidrófila y halófila y 22.6 millones a áreas perturbadas. De la superficie arbolada los aprovechamientos están dirigidos principalmente al género *Pinus* con 7.3 millones m<sup>3</sup> rollo, en segundo lugar está el encino con 693 mil y otras latifoliadas con 126 mil (SEMARNAT, 1999).

De manera que los bosques y selvas, son el soporte del inmenso patrimonio biológico de México y la fuente de flujo valiosísimo de bienes y servicios ambientales. Esta biodiversidad se ha deteriorado continuamente como consecuencia de la deforestación en el país donde se pierde un promedio de 668 mil hectáreas de bosques y selvas. En la Sierra de Arteaga, Coah., la pérdida de cubierta vegetal en los bosques se deben en un 50% a los incendios forestales, 28% a la ganadería y 17% a la agricultura (Masera *et al.*, 1995; CONABIO, 1998).

Los incendios forestales en la Sierra de Arteaga, Coahuila en el año de 1998 afectaron una superficie forestal de 14 mil hectáreas (SEMARNAP, 2000).

Esta región es de gran importancia económica y ecológica, de manera especial por los bienes y servicios que provee a la ciudad de Saltillo y Monterrey, por lo que es necesario restaurar las superficies forestales afectadas por estos fenómenos lo más pronto posible para evitar múltiples impactos como: cambios microclimáticos, reducción de la recarga de acuíferos, erosión del suelo, azolve de arroyos y ríos y pérdida de la biodiversidad.

Con la necesidad de recuperar las áreas forestales afectadas por los incendios en la Sierra de Arteaga, Coahuila, se propuso realizar la presente investigación con el fin de determinar las especies más adecuadas que puede asegurar una mayor sobrevivencia y crecimiento y tener éxito en los programas de reforestación en condiciones adversas del terreno.

El presente trabajo se realizó para determinar los efectos de distintos tipos de fertilización que recibieron en vivero cinco coníferas y que fueron plantadas en tres sitios en la Sierra de Arteaga, Coahuila, con el propósito de recomendar el uso de la mejor especie en futuros programas de reforestación, restauración y de plantaciones comerciales forestales que aseguren una mayor sobrevivencia y crecimiento en la región, con el fin de la recuperación del área forestal en el menor tiempo posible. Así mismo ver los beneficios que tiene el uso de la fertilización en la producción de planta en vivero y posteriormente utilizada en los sitios finales de plantación.

### Objetivo

Determinar la sobrevivencia y el crecimiento de cinco especies de coníferas que recibieron en vivero distintos niveles de fertilización y que fueron plantadas en tres sitios en la Sierra de Arteaga, Coah.

### Hipótesis

Ho: No existen diferencias en sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro al final de 18 meses de plantación, en los tres sitios de la Sierra de Arteaga, Coah., entre cuatro tratamientos de fertilización aplicados en vivero para cinco especies de coníferas.

La hipótesis alterna es:

Ha: Al menos un tratamiento de fertilización aplicado en vivero tiene efecto en sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro al final de 18 meses de plantación, en cinco especies de coníferas plantadas en tres sitios de la Sierra de Arteaga, Coah.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Caracterización de la Sierra de Arteaga, Coahuila

La Sierra de Arteaga, se ubica en el Sureste de estado de Coahuila, es considerada como la Suiza de México por sus bellos paisajes boscosos y cumbres nevadas en el invierno. La pendiente y la orientación caracterizan una variedad de tipos de vegetación, de los que sobresalen los bosques de coníferas con predominancia de *Picea*, *Pseudotsuga* y *Abies*. Así como áreas de chaparral, matorral submontano, matorral desértico y rosetófilo, en las que existen especies en endemismos, destacando el *Pinus culminicola* y *Picea mexicana* (CONABIO, 2000).

Los suelos son someros, limitados en profundidad por una roca dura continua o por una capa continua cementada dentro de una profundidad de 10 cm a partir de la superficie (CONABIO, 2000).

Los principales problemas de la Sierra de Arteaga son los incendios forestales, la explotación forestal, el pastoreo y de cortas selectivas de las especies de interés comercial, así como el agotamiento de los recursos

forestales, descenso del nivel freático y escorrentía, deterioro de la vegetación y fauna por uso intensivo (CONABIO, 2000).

## Plantaciones

Una vez que los ecosistemas forestales han sido afectados por un disturbio, al iniciar la sucesión secundaria y donde el crecimiento de los individuos deseados al inicio es lento, por la competencia que existe por dominar el sitio de las especies invasoras, se requiere una acción pronta y constante para controlar todas aquellas especies con un potencial de dominancia mayor que la especie deseada (Capó, 2002).

Es importante recuperar el área afectada por los disturbios naturales y antropogénicos de manera inmediata y no esperar que se haga de forma natural, porque su recuperación tardará mayor tiempo. Por este hecho el establecimiento de plantaciones forestales es la mejor alternativa, para asegurar el éxito de éstas se debe considerar los siguientes aspectos: selección de la especie, calidad de la planta e importancia de la fertilización (Czapowskyi, 1973; Zobel y Talbert, 1988; Capó, 2002).

### Selección de la especie

Generalmente una de las preguntas que el forestal se hace antes de tomar la decisión de realizar una plantación es la de utilizar especies nativas o

exóticas. Al respecto es necesario la utilización de especies nativas mientras no existan resultados o estudios en edades avanzadas de las especies introducidas; las especies nativas son mejores en sobrevivencia y crecimiento en su área de distribución natural (Zobel y Talbert, 1988).

Capó (2002) menciona que en la selección de la especie se debe considerar principalmente la tasa de crecimiento, con el propósito que el incremento sea mayor que las especies competidoras. Pero la tasa de crecimiento está influenciada fuertemente por un conjunto de características fisiológicas y morfológicas, tales como: la magnitud de la respiración de brotes y raíces, la eficiencia fotosintética, la relación entre el tejido fotosintético y tejido no fotosintético, la eficiencia en el uso del agua, la proporción tallo y raíz, la forma y la extensión de la raíz y de la parte aérea, el patrón de ramificación, entre otras.

La selección de la especie se realiza en función del objetivo previamente establecido y del estado del terreno a repoblar, dicho proceso se lleva en tres etapas: la primera etapa es necesario considerar los factores ecológicos, fitogeográficos, climáticos, fisiográficos y edáficos; la segunda etapa se tendrá en consideración los factores biológicos que engloban: factores fitosociológicos, competencia de la vegetación actual, la posibilidad de micorrización, respuesta contra plagas y enfermedades, depredadores e influencia antropológica indirecta; en la tercera etapa se aplican criterios económicos, que influyen directamente e indirectamente como son: los costos de establecimiento,

asistencia técnica y administrativas, pérdidas por agentes destructivos, el crecimiento y la utilidad, valor de los productos resultantes de la cosecha, distancia del mercado para determinados productos, estructura de la industria de la transformación de materias primas, disponibilidad de mano de obra. A estas tres etapas de selección de la especie se le conoce como diagnóstico (conozca bien el sitio), el cual debe contener toda la información pertinente a los objetivos establecidos, básicamente una descripción de los factores ecológicos, económicos, sociales, legales y culturales del sitio a plantar y que afecta el resultado de la plantación (Capó, 2002).

La gran ventaja de la selección de las especies nativas es que éstas pueden seguir conservando o incrementando la conservación de los bosques naturales y tener menores costos en las plantaciones en comparación con las especies introducidas (Ladrach y Zobel, 1986).

### Calidad de la planta

La calidad de la planta se define como el conjunto de características morfológicas y fisiológicas de las plantas producidas en vivero. El resultado de esto es que tienen un mejor desempeño en el sitio específico de plantación, obteniendo la máxima sobrevivencia y mejor crecimiento (Capó, 2002).

El objetivo primordial de usar una planta de mayor calidad es mejorar la sobrevivencia y crecimiento en el sitio final de plantación. La producción de

planta en el vivero debe tener por objetivo, abastecer plántulas de buena calidad en el tiempo apropiado, en cantidades requeridas y al menor costo posible (Capó, 2002). Las plantas de alta calidad son aquellas que se sabe producen niveles definidos y seguros de sobrevivencia y crecimiento en un sitio forestal dado (Mexal y Landis, 1990).

Para determinar la calidad de la planta puede considerarse un grupo de características morfológicas como son: la relación tallo-raíz, tamaño de la planta, grosor del diámetro del cuello de la planta, formación del sistema radicular, volumen de la raíz, volumen de la parte aérea y vigor de la planta (Cleary *et al.*, 1978; Mexal y Landis, 1990; Capó, 2002). En general, se acepta que las plantas que tienen una buena proporción entre la biomasa de la raíz y la del tallo son un buen material para la plantación exitosa. A menos que se cuente con unas condiciones específicas bien detalladas, es difícil definir una relación óptima entre estas dos características; aunque la relación de peso entre raíz y entre el tallo da una medida de equilibrio más aproximada. Otro criterio de calidad de planta lo constituye el diámetro del tallo y la altura total de la planta; una planta de tallo grueso está mejor protegida contra el ataque de roedores y lagomorfos, ya que la mayor altura podrá ayudar a la planta a dominar en el sitio en el menor tiempo y dominar en altura, para evitar daños de ciertos herbívoros que se alimentan principalmente de la yema apical (FAO, 1978; Grossnickle y Folk, 1993). Estudios realizados por Cannon (1980) y Cannon (1982) sobre el tamaño inicial de la plántula de *Eucalyptus camaldulensis* y *Cupressus lusitanica*, concluyen que una planta de mayor

tamaño incrementa el porcentaje de sobrevivencia de más del 90%, mientras que en las plantas chicas, el porcentaje de mortandad es del 50%; también concluyen que el tamaño de la planta afecta el crecimiento en la altura y en el diámetro.

Para determinar la calidad de la planta es importante considerar la fisiología de la misma, como el letargo o dormancia de la planta antes de salir del vivero al sitio de la plantación, dando como resultado en el sitio el crecimiento inicial de la raíz sea más rápido y también es necesario ponerlas bajo estrés para acondicionarlas o castigarlas lo que incrementara la resistencia contra la sequía que pueda presentarse en el área de plantación (Capó, 2002).

Las evaluaciones de la calidad de la planta deben ser lo más específicas posibles, de manera que no sólo se pronostique el crecimiento, la sobrevivencia, sino el desempeño de las plantas en sitios finales de plantación. La calidad de la planta puede ser evaluada directamente por medición de atributos o características físicas o por medición de un desempeño en campo, dichas evaluaciones pueden realizarse en cada etapa de su cultivo en vivero o durante la plantación. Es necesario considerar tanto las características morfológicas y fisiológicas, aunque deben ser más consideradas las segundas. Todas las evaluaciones que se realizan en México se hacen sobre las características morfológicas en vivero. Para una excelente determinación de la calidad de la planta es necesario considerar dos clases de atributos: a) atributos materiales como: nutrición mineral, morfología, reserva de carbohidratos,

dormancia de la yema apical, y de enzimas reguladoras del crecimiento; b) desempeño atribuido como: vigor de la planta, desarrollo de la raíz y resistencia a heladas (Flinta, 1960; Duryea y Brown, 1984).

Existen algunas prácticas culturales que mejoran la calidad de la planta en el momento de la plantación, como es la poda de la raíz y la poda aérea del tallo; esta última tiende a incrementar la altura y el diámetro en un 25% de su crecimiento en aquellas plantas que recibieron esta práctica de manejo, sin embargo, la poda radicular no influye en el crecimiento de la altura y diámetro, pero si permite la formación del sistema radicular fibroso, que da como resultado una mayor sobrevivencia (Dvorak, 1992; Cetina *et al.*, 1999). En un estudio realizado por Carrillo *et al.* (1998) mencionan que la calidad de la planta no está determinada únicamente por factores morfológicos y fisiológicos sino que también se involucra el manejo que reciba en el vivero, transporte a las áreas de plantación y también la forma de producción, ya que una planta producida en cepellón al momento de la plantación toleran mejor las condiciones climáticas variables, y esto resulta favorable para que pueda existir un mayor porcentaje de sobrevivencia (77%), mientras que las plantas que se producen a raíz desnuda disminuye la sobrevivencia (70%), como resultado del mayor estrés ocasionado por factores climáticos desfavorables.

### Importancia de la fertilización

Actualmente el uso de la fertilización tanto en la producción de planta en vivero y en las plantaciones forestales, está considerada una actividad prioritaria para asegurar la sobrevivencia y crecimiento de la planta (Czapowskyj, 1973; Yawney y Walters, 1973; Capó, 2002). Cuando se habla de fertilización en silvicultura, inmediatamente surge la pregunta sobre cuáles son sus aplicaciones posibles en las técnicas forestales; si la fertilización se considera una técnica silvícola común al ser empleada es posible obtener algunas ventajas, el significado de mayor utilidad es que provee información precisa sobre: dónde fertilizar, dosis conveniente de aplicación y la respuesta esperada (Arteaga, 1990).

Las plantaciones forestales para ser exitosas requieren que el suelo contenga suficiente cantidad de los trece elementos esenciales para un crecimiento sano y vigoroso (Duryea y Brown, 1984; Jenkinso *et al.*, 1993). Los elementos nutritivos se clasifican en macro y micronutrientes, dependiendo de los requerimientos que las plantas utilicen mayor o menor cantidad de nutrientes, casi el 95% de la biomasa vegetal esta formada por carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), elementos que abundan en la naturaleza en forma de bióxido de carbono y agua, cuya disponibilidad no está generalmente limitada (Gunia, 1976; Raghavendra, 1991).

Los micro y macronutrientes que tiene influencia directa sobre el crecimiento de las especies vegetales y en específico en las plantas forestales son: Nitrógeno (N) que parte esencial de la clorofila y proteínas, y fomenta el crecimiento vegetativo; Fósforo (P), que promueve el crecimiento de la raíz y la fortaleza del tallo; Azufre (S) es esencial para la síntesis de aminoácidos que contienen azufre (S) y la fijación de nitrógeno (N); Potasio (K) promueve la formación de almidón y 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 la células y el desarrollo de los tejidos meristemáticos; Magnesio (Mg) constituyente principal de la clorofila, importante en el metabolismo el fósforo (P) y en la actividad enzimático; Hierro (Fe) importante en la producción de clorofila y la actividad enzimático; Manganeso (Mn) activa a las enzimas que se encargan de regular el metabolismo de 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, y Molibdeno (Mo) necesario para la fijación de nitrógeno (N) en las legumbres y reducción del nitrato en otras especies. Cada uno de estos elementos presentará características únicas de fuente origen, transformaciones y disponibilidad para las plantas en diferentes condiciones ambientales (Smith, 1970; Bonneau, 1978).

La importancia de la fertilización es que mejora la supervivencia y el crecimiento, mediante algunos procesos metabólicos y fisiológicos como la

transpiración, respiración y proceso fotosintético de la planta, resistencia al ataque de plagas y enfermedades y a la propia sequía (Cozzo, 1995). En algunos estudios realizados sobre la fertilización se determinó que ésta tiene un efecto sobre la calidad de algunas características propias de la madera como la producción de la madera tardía, las características de las fibras, la densidad de la madera juvenil y el incremento en volumen de madera el cual llega hasta  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , en contraste con el bosque natural que apenas alcanza un incremento  $1.9 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Gunia, 1976; Bigg y Schalau, 1990; Raghavendra, 1991). Sin embargo, el efecto de la fertilización sobre las estructuras de la madera han provocado polémica. La densidad de la madera tiende a disminuir, existe formación de más bolsas de resina en las coníferas, y por lo tanto su consecuencia en una mala calidad del producto final, y por lo tanto su precio disminuye (Gunia, 1970; Arteaga, 1990).

Un crecimiento lento de la planta o la falta de vigor e incluso la falta de crecimiento pueden indicar deficiencias de uno o más de los micro y macronutrientes, aunque un crecimiento insuficiente puede deberse a otras causas entre ellas: exceso o deficiencia de humedad en el suelo, aireación inadecuada, estado patológico y condiciones del suelo que inactiva la flora o la fauna del mismo (FAO, 1978).

Cuando existen algunos síntomas de deficiencia de algún nutriente en las plantas o en el suelo es necesario contrarrestar esta deficiencia con el uso de algún fertilizante que contenga los elementos que requiera la planta para

asegurar la sobrevivencia y el crecimiento. Los elementos más utilizados para resolver los problemas de deficiencias de nutrientes son: N, P, K, Ca, Mg y Cu (Yawney y Walters, 1973; Ladrach, 1978; Cannon, 1980; Bigg y Schalau, 1990).

Ecología y distribución de las especies a probar

Abies vejari Martínez

Su hábitat es preferible sobre todo en terrenos pobres y moderadamente húmedos, que requieren de sombra para un buen crecimiento, en alturas de 2,800 a 3,000 msnm, por lo general se asocia con *Pseudotsuga flahaultii*, *P. ayacahuite*, *P. montezumae*, *Cupressus arizonica*, y en los lugares más elevados con *P. hartwegii* (Cornejo, 1987; Reyna, 1998).

*A. vejari* tiene una distribución limitada en los estados de Coahuila y Nuevo León (Martínez, 1948), razón por la cual se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Norma Oficial Mexicana), que enumera a especies de flora y fauna silvestre endémicas, en peligro de extinción y protección especial, tal es el caso de esta especie, como consecuencia de su distribución natural restringida en pequeños rodales (SEMARNAT, 2002).

*Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw

Esta variedad generalmente se presenta en grupos pequeños de árboles y como individuos dispersos mezclados con otras especies principalmente *Pseudotsuga flahaulti*, *Abies vejari*, *Pinus hartwegii*, el cual se pueden encontrar en densidades que van desde 117 hasta 255 individuos/ha (Cornejo, 1987). Los árboles crecen mejor en altitudes desde 2,000 a 3,000 msnm donde exista una mejor humedad, inclinaciones sombreadas de barrancas profundas no estando adaptados a ambientes calientes y secos con una mayor insolación (Perry, 1991; Moreno, 1993). Es una especie de lento crecimiento en los dos primeros años de establecida porque la producción de sus raíces es lentamente y ésta tiende a crecer después de haber crecido su sistema radicular (Dvorak y Donahue, 1992).

*P. ayacahuite* ha sido reportado en los estados de Chihuahua y Durango en pequeños rodales mezclados con otras especies de coníferas y especies hojosas, su distribución natural en las montañas de México Central y Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental (Perry, 1991).

*Pinus cembroides* Zucc

Es una especie que se adapta con facilidad en lugares secos, su hábitat se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas o calizos, al pie de las montañas; en clima templado seco (Bsk) hasta templado

subhúmedo (Cwb); con precipitaciones de 365 a 450 mm, y con siete u ocho meses de sequía; temperaturas que oscilan entre 7 hasta 40 °C, con una temperatura promedio de 18 °C, soporta temperaturas extremas de hasta menos 7 °C; su rango altitudinal es de 1,500- 2,800 msnm, aunque se ha encontrado en elevaciones de cerca de los 3,000 msnm (Perry, 1991). Esta especie tiene un crecimiento lento, y por lo general crece más en diámetro que en altura, conforma una vegetación de transición entre las formaciones xerofíticas de la altiplanicie mexicana y las vertientes internas de la Sierra Madre Oriental y Occidental (Trujillo, 1995).

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

*Pinus greggii* Engelm.

Es una especie nativa de México, se considera muy evolucionada porque sus semillas son expuestas en diferentes épocas siendo circunstancia favorable para su regeneración. También es una especie que tiene una baja variación

genética entre árboles dentro de población, pero alta entre poblaciones (López, 1997).

*Pinus greggii* se encuentra en rodales puros, pero también se encuentra asociada con *P. cembroides*, *P. teocote*, *P. montezumae*, *P. arizonica*, *P. pseudostrobus* y *P. patula* y en algunas ocasiones en alturas de 3,000 msnm con *P. ayacahuite* var. *brachytera*, *P. rudis* y *Abies* sp, y a los 1,500 msnm, con *Liquidambar styraciflua*, *Quercus* sp, *Cupressus* y *Juniperus* sp (Perry, 1991).

Esta especie se desarrolla en suelos ligeramente alcalinos, someros, con pH de 7.0 a 8.0 en poblaciones del Norte y en suelos arcillosos, ácidos y profundos, con pH que van de 4.0 a 5.0 en localidades del centro del país (Dvorak y Donahue, 1992). Es una especie rústica con un gran potencial de crecimiento, principalmente en áreas donde han ocurrido eventos dejándolas en procesos de erosión o degradadas, y además es una especie que tolera la sequía (Malan, 1994; Cetina *et al.*, 1999).

La distribución natural de *Pinus greggii* se restringe en pequeños manchones ubicados en la Sierra Madre Oriental. Ha sido reportado en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Querétaro, así como en pequeños grupos de árboles en Veracruz, Puebla e Hidalgo (Perry, 1991).

*Pinus pinceana* Gordon

Su adaptación tiene un rango limitado, siendo encontrado como individuos dispersos en colinas rocosas y montañosas muy secas en la Sierra Madre Oriental. Su distribución principalmente se presenta en Coahuila, y como pequeñas poblaciones dispersas en los estados de Zacatecas, San Luís Potosí, Querétaro e Hidalgo (Martínez, 1948; Perry, 1991).

*P. pinceana* tiene una distribución limitada en individuos dispersos en Coahuila, Zacatecas, San Luís Potosí, Querétaro e Hidalgo (Martínez, 1948), es por esta razón que se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2002), que enlista a especies de flora y fauna silvestre endémicas, en peligro de extinción y protección especial, tal es el caso de esta especie, como consecuencia de su distribución natural restringida en individuos dispersos o pequeños grupos de árboles entre tres o cinco (SEMARNAT, 2002).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características generales del área de estudio

#### Localización geográfica

Los tres sitios de plantación de interés para el presente trabajo se ubican en la Sierra Madre Oriental, en la porción Sureste del Estado de Coahuila, en el Municipio de Arteaga, Coah., específicamente en la Sierra Las Alazanas, limitada por los paralelos  $25^{\circ} 15' 02''$  y  $25^{\circ} 17' 71''$  de latitud Norte, y por los meridianos  $100^{\circ} 24' 94''$  y  $100^{\circ} 26' 63''$  de longitud Oeste, en el Ejido Mesa de las Tablas (Figura 1).

#### Topografía

El área presenta una altitud variable que oscila entre los 2,320 hasta 2,800 msnm, la orientación de las sierras son Norte, Noreste y Noroeste, que presentan un relieve accidentado y pendientes que llegan en algunos casos a superar el 100%, la pendiente promedio en el área de estudio es de 40% (Cetenal, 1977).

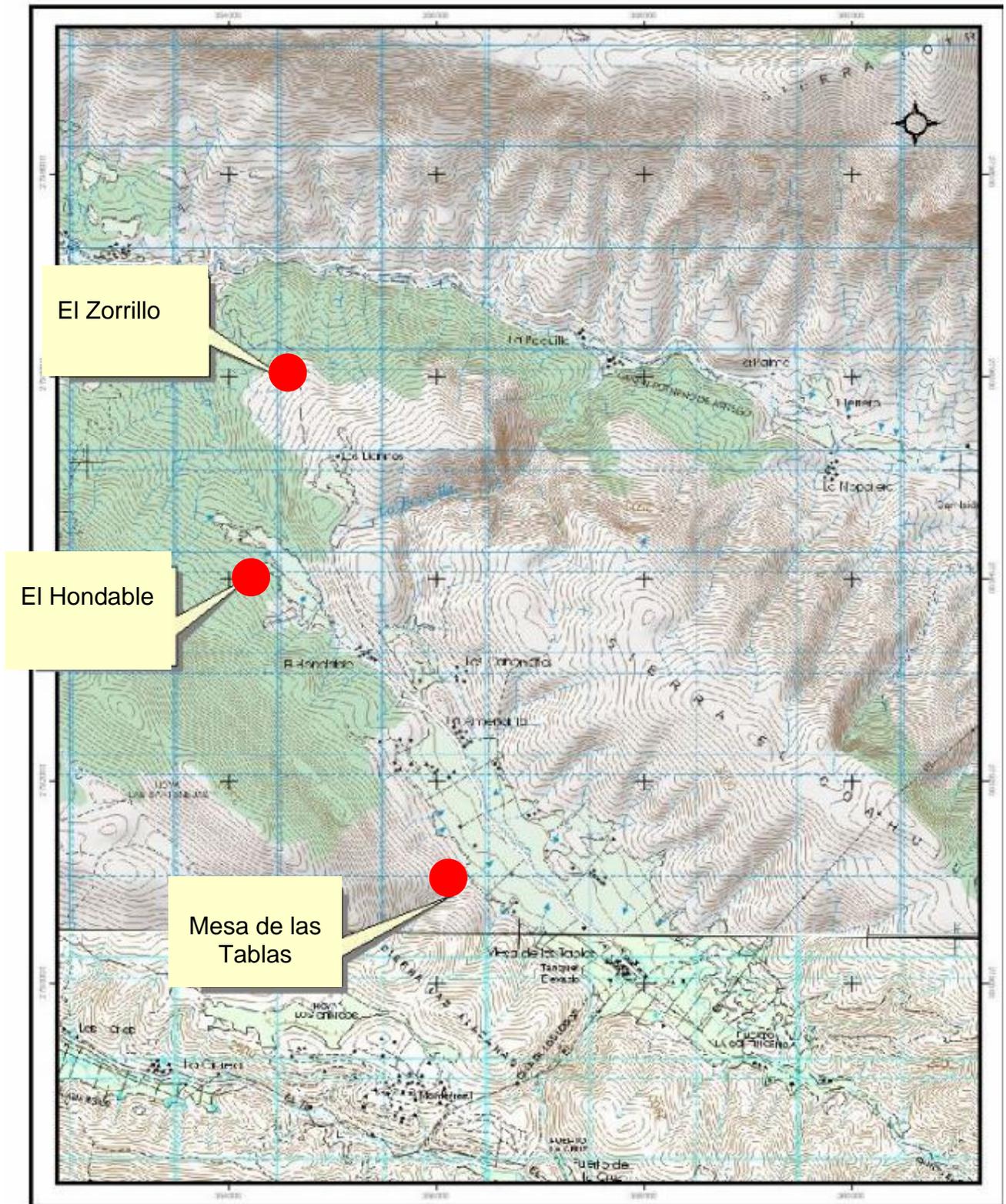


Figura 1. Localización de las tres áreas de plantación: Mesa de las Tablas, Hondable y Zorrillo, en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

### Geología y suelo

La geología superficial de la Sierra Madre Oriental la constituyen rocas de origen sedimentario, siendo las calizas las de mayor importancia y distribución y en menor proporción se encuentran las lutitas (Cetenal, 1977).

En la mayor parte del área los suelos son de poca profundidad teniendo como mínimo dos centímetros en suelos degradados y hasta cincuenta centímetros en suelos donde no fue severa la erosión de la capa orgánica, se presenta drenaje interno satisfactorio.

Existen áreas con alta pedregosidad principalmente las de mayor degradación, donde carece de suelo, quedando expuesto por completo el material original. El suelo predominante es el litosol, donde el material original está conformado por rocas continuas, duras, con un horizonte subterráneo endurecido y cementados por carbonatos y en menor proporción los feozem calcárico y en la parte baja en superficies muy pequeñas las rendzinas, siendo todos en general de textura media, de fase física gravosa, con pH neutro a ligeramente ácido (Cetenal, 1977).

### Hidrología superficial

En el área no existen escurrimientos permanentes, estando presente escurrimientos intermitentes, que sólo presentan flujo hídrico en la época de

lluvia, la que desemboca en el río del Cañón de Jamé y valle de Mesa de las Tablas, que forman pequeñas lagunas temporales, que en la época de estiaje se secan en su totalidad (Cetenal, 1977).

### Clima

Analizando la información de la estación meteorológica más cercana al área de estudio, que se encuentra establecida en San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah., (25° 15' 00" Norte y 100° 35' 00" Oeste); (2138 msnm) la fórmula climática es Cb(x')wo(e)g, lo cual significa que se trata de un clima templado, subhúmedo con lluvias en verano y escasas durante el año, verano fresco, largo y extremoso (García, 1981).

Se reporta una temperatura media anual del mes más frío es de 9 °C (enero) y de 16 °C del mes más caliente (mayo-junio); la temperatura media anual es de 13.3 °C y existen temperaturas extremas de -5 °C en el mes de enero y 25 °C en el mes de junio (García, 1987).

La precipitación media anual es de 498 mm; el período de lluvias comprende del mes de mayo a octubre, siendo julio el mes con mayor precipitación (79.9 mm), siguiendo en forma descendente agosto y septiembre, presentándose en marzo la menor precipitación (10.4 mm) (García, 1981).

## Vegetación

Analizando la distribución altitudinal de las especies se observa que en las partes altas se distribuye de forma natural un bosque compuesto por *Pseudotsuga flahaulti* y *P. rudis* y en menor proporción se asocia en las menores altitudes a vegetación secundaria arbustiva, compuesta por las especies de *Quercus* spp, *Arbutus xalapensis*, *Ceanotus* sp y *Rhus virens*, así como, un matorral crasirosulifolio espinoso constituido por especies como *Dasyllirion* sp y *Yucca carnerosana*. Cabe destacar que en las partes más bajas de la sierra existen áreas forestales donde la dominancia es del matorral y con distribución esporádica de *P. cembroides*, *P. greggii*, *P. teocote*, así como, *Juniperus flaccida* y *J. depeana* (Cetenal 1977).

## Superficie afectada por el incendio en año 1998

El área donde se hizo el presente trabajo de investigación en la Sierra las Alazanas, sobre la ladera Suroeste, Este y Norte de la población de Mesa de las Tablas fue afectada por el incendio ocurrido en la primavera del año de 1998, comprende una superficie de 3,285 hectáreas, la forma del incendio fue de copa en un 90% (2,956.5 ha) y un 10% (328.5 ha) fue superficial. La superficie afectada por el incendio en forma de copa o aéreo, causó daño total a las especies vegetales arbóreas adultas (*Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus rudis*, *P. cembroides*, *P. greggii*, *P. teocote*, *Quercus* sp), así como, a la vegetación arbustiva y herbácea (SEMARNAP, 1998). Con respecto a los daños causados

a la vegetación natural en el área donde el incendio fue de forma superficial las especies arbóreas presentaron daños en un 70 % de sus ramas y follaje; que posteriormente de haberse establecido el periodo de lluvias se logró su recuperación de crecimiento. Con respecto a la vegetación herbácea y arbustiva, ésta presentó daño total, que actualmente se ha recuperado en su totalidad donde se ha iniciado el proceso de sucesión vegetal (SEMARNAP, 1998).

#### Descripción general de los tres sitios de plantación

##### Mesa de las Tablas

Se localiza en la parte Suroeste del poblado Mesa de las Tablas, en la pequeña propiedad conocida como Los Almendrillos, (25° 15' 14.71" Norte y 100° 25' 20.42" Oeste).

La presencia de los residuos orgánicos y/o materia orgánica del suelo de la área de plantación, era nula o escasa porque había sido arrastrada por la acción de la lluvia a las partes bajas del terreno debido que la vegetación natural que existía se encontraba quemada en su totalidad, el arbolado adulto de *Pseudotsuga flahaulti*, fue derribado en su totalidad y colocado de manera perpendicular a la pendiente. La vegetación arbustiva como el encino y madroño se encontraba en pie, por lo que en el área existía bastante material

vegetativo como son ramas, puntas y vegetación en pie esta última se estaba incorporando al suelo lentamente

Una parte del suelo del área de plantación específicamente en la parte Oeste presentó procesos erosivos en forma de pequeños canalillos, que la lluvia formó como causa del arrastre del suelo hacia la parte baja del terreno y en algunos casos el suelo fue depositado en las barreras naturales construidas perpendicular a la pendiente con troncos o fustes de árboles que fueron quemados y posteriormente derribados y utilizados como barreras naturales para evitar la erosión del suelo. En esta parte el área de plantación el suelo tenía una profundidad menor de 10 cm en la parte Este se presentaron procesos erosivos de forma laminar, debido a la poca pendiente del terreno y al aumento de la vegetación arbustiva que existía muerta en pie.

La profundidad del suelo era de 30 cm, como resultado de los procesos erosivos hídricos del suelo a causa de las primeras lluvias fuertes que se presentaron en el mes de julio y que provocaron que toda la capa del suelo mineral, materia orgánica y cenizas, fueran arrastradas hacia la parte baja del terreno, observándose durante el proceso de la ubicación de las tres áreas de plantación la presencia de montículos de suelo y cenizas depositados en los arroyos y caminos.

Las primeras lluvias se presentaron treinta días posteriores de haber ocurrido el incendio en la sierra de las Alazanas, provocando la pérdida del

suelo orgánico y mineral, a consecuencia de la erosión hídrica de forma laminar, canalillos y cárcavas, como consecuencia de haber quedado el suelo desprovisto de vegetación natural y la fuerte pendiente que se presenta de forma irregular en el terreno.

La topografía no es muy accidentada ya que el área tiene gran accesibilidad, ubicada en las partes bajas, donde la pendiente oscilan entre los 10% hasta el 60%, determinándose una pendiente promedio de 35%. Sin embargo, sobre la misma área de plantación se presentan variaciones en la pendiente, por lo que al momento de la plantación impidió hacer un trazo adecuado de las cepas que se utilizaron en la plantación.

La exposición es la Norte y Noroeste, por lo que existen vientos fríos sobre este lado de la ladera durante la temporada de invierno, favoreciendo que exista mayor humedad en comparación con la ladera de exposición Sur. La altitud de 2560 msnm.

Las actividades relacionadas con la restauración y conservación de suelo en el área incendiada, consistieron en la colocación de barreras naturales de manera perpendicular a la pendiente, donde se utilizaron los fustes, puntas y ramas de los árboles cortados y/o derribados luego del incendio. Estas barreras naturales se encuentran separadas entre si sobre una distancia de aproximadamente tres metros entre barrera, que protegen una superficie

aproximadamente a una hectárea. En algunas barreras naturales ya existía la retención del suelo acumulado con un espesor aproximado de 5 cm.

La vegetación existente después del incendio estaba compuesta por rebrotes de encino y madroño con una altura que oscilaba entre los 10 y 35 cm. Así mismo, se encontraban establecidas algunas hierbas de manera aislada consistente principalmente en gramíneas. La vegetación natural original estaba compuesta en un 90% con arbolado de *Pseudotsuga flahaulti*, y el resto de la superficie vegetal estaba cubierta por encino (*Quercus* sp) y madroño (*Arbutus xalapensis*), así como, algunas yucas (*Yucca carnerosana*) y sotol (*Dasyilirion* sp) presentes de manera esporádica, el estrato más bajo estaba compuesto por hierbas y arbustos.

### El Zorrillo

Sitio de plantación que se ubica en la parte Noroeste del poblado Mesa de las Tablas, en la pequeña propiedad conocida como el Zorrillo, (25° 17' 52.43" Norte y 100° 26' 21.11" Oeste).

Cuando se dio inicio a las actividades del establecimiento de la plantación la vegetación natural afectada y dañada por el fuego, se encontraba en pie en su totalidad, en esta área no se realizaron trabajos de aprovechamiento forestal maderable y de restauración de suelo. La vegetación natural que existía en el área se encontraba en pie, en su mayoría de tipo arbustiva, compuesta por

encino y madroño de poca altura, asociada con un matorral crassirosulifolio espinoso, por lo que la densidad de la vegetación natural era más densa y por lo tanto en el suelo existían más residuos orgánicos que en las áreas Mesa de las Tablas y Hondable. Los residuos consistían en cenizas, parte de ramas y tallos de los arbustos que se quemaron, también se encontraban conos de *Pinus greggii* y *P. cembroides* quemados totalmente y algunos de manera parcial. La presencia de mayor cantidad de residuos orgánicos en el suelo es por la forma de la copa cilíndrica de los árboles adultos de *Pinus greggii* y *P. cembroides*, así como la densa vegetación arbustiva, que da como resultado que las ramas a pesar de que no tengan hojas y/o follaje amortigüen la velocidad de la gota de lluvia impidiendo el contacto directo con el suelo y evitando que existan procesos erosivos de tipo hídrico.

La profundidad del suelo es variable, en algunas porciones del área de plantación la profundidad oscila entre los 15 hasta 70 cm. Son suelos con gran contenido de materia orgánica (cenizas), de color café oscuros, arcillosos, con poca pedregosidad y material rocoso, son suelos alcalinos, con drenaje satisfactorio y de estructura granular.

Cabe señalar que en las tres áreas de plantación las lluvias estuvieron presentes 30 días posteriores de haberse quemado la área forestal, que trajo como consecuencia la pérdida de la capa orgánica aunque en esta área fue en menor grado, que como anteriormente se ha comentado que por el tipo de vegetación que se presenta en esta zona existe más cobertura vegetal con las

ramas y fustes quemados. Sin embargo, en la parte Oeste de esta área de plantación se presentó la formación de un canalillo, por lo que fue necesario realizar labores de restauración y protección del suelo, consistentes en pequeños diques o barreras naturales de protección colocados perpendicular a la pendiente, construidas con piedras y ramas, a lo largo del canalillo.

La accesibilidad del área se dificulta al acceso vehicular, ya que el camino de terracería se encuentra en malas condiciones, mismo que está construido en pendientes pronunciadas, que favorece a la lluvia provocando deslaves de suelo y la formación de grandes cárcavas.

El sitio se localiza en la parte baja de la ladera donde la pendiente mínima es de 25% y una máxima de 38%, y una pendiente promedio de 32%. Presenta la formación de lomeríos en la parte baja y en la parte alta presenta pendientes de hasta un 80%. La exposición predominante es la Noroeste. En este tipo de laderas se presentan vientos más fríos en la temporada de invierno, donde existe mayor humedad en comparación a la ladera con exposición Sur. La altitud se presenta en esta área es de 2320 msnm.

La vegetación natural posterior al incendio consistía en rebrotes de encino y madroño con una altura que oscilaba entre los 20 y 50 cm. Así mismo, ya se había establecido el estrato herbáceo formado por pastos anuales; la vegetación natural original estaba compuesta en un 90% por encino (*Quercus* sp) y madroño (*Arbutus xalapensis*) de poca altura, sin embargo, se

encontraron algunos árboles de forma aislada de *Pinus greggii* y *P. cembroides*, también vegetación no maderable como yucas (*Yucca carnerosana*) y sotol (*Dasyllirion* sp), y el estrato más bajo estaba compuesto por hierbas y arbustos.

### El Hondable

Este sitio de plantación se ubica en la parte Oeste del poblado Mesa de las Tablas, en la pequeña propiedad denominada como el Hondable (25° 16' 46.46" Norte y 100° 26' 32.91" Oeste).

La vegetación natural existente en el área al momento del establecimiento de la plantación se encontraba quemada al 100% en su follaje, ramas y fuste. el arbolado de *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus greggii*, *Quercus* sp, *Arbutus xalapensis*, *Yucca carnerosana* entre otras, se encontraban en pie por lo que no se observaron evidencias de aprovechamiento forestal o manejo. Tampoco no se observaron actividades de restauración y conservación de suelo. La vegetación arbustiva y herbácea se convirtió en cenizas y carbón, que por causa de la presencia de las lluvias fue arrastrada hacia la parte baja de la ladera, quedando el suelo del área de plantación desprovista de cualquier residuo orgánico y/o capa fértil.

Aunque en esta área no se realizaron trabajos de restauración y conservación de suelo, la profundidad del suelo fue mayor en comparación al sitio de plantación de Almendrillo, ya que la menor pendiente del terreno

disminuyó los procesos erosivos de forma laminar y pequeños canales que se presentó en superficies pequeñas del área. Se estimó una profundidad de hasta 50 cm en suelos profundos y en condiciones desfavorables donde se presentaron procesos erosivos en forma de canalillos, donde quedó expuesto por completo el material original, la profundidad promedio fue de 5 cm. El suelo es de color café claro, con poca pedregosidad, textura granular, con presencia de arcilla, considerado como alcalinos por la presencia de grandes cantidades de caliche y escasos en materia orgánica.

La problemática de acceso vehicular presente en el área de plantación es que se localiza en la parte media de la ladera de la sierra denominada Cerro Alto, el cual en la parte alta del mismo presenta áreas inaccesibles, con pendiente mayores al 100% y presencia de la formación de riscos; la pendiente específica del área de plantación presenta una pendiente mínima de 25% y una máxima de 40%, por lo que la pendiente promedio es de 32.5%.

#### Establecimiento de las tres áreas de plantación

Después de dos meses de haberse quemado la Sierra las Alazanas, se realizaron dos recorridos de campo por el área afectada los días 15 y 20 de julio de 1998. El primero consistió en realizar un recorrido de reconocimiento en la mayor parte de la superficie afectada por el incendio forestal sobre la ladera Suroeste del poblado de Mesa de las Tablas, con el objeto de identificar y seleccionar las tres áreas para el establecimiento de la plantación del presente

trabajo. En este recorrido se observaron las áreas que presentaran las siguientes características: pendientes no mayor al 40%, gradiente altitudinal que va desde 2,320 hasta 2,560 msnm, que no presentaran procesos erosivos avanzados como la formación de cárcavas, con escasa pedregosidad, que el suelo presentara una profundidad promedio de 30 cm, que las áreas estuvieran en un régimen de propiedad privada, ya que comúnmente estas superficies se encuentran cercadas, lo cual servirá como protección de la plantación contra daños provocados por los animales domésticos. Además parece que las personas de las propiedades privadas tienen mayor interés de restauración y recuperación de la cubierta vegetal y el suelo. Una vez analizada toda todas y cada una de las características antes mencionadas se procedió a seleccionar tres sitios de plantación.

Primero se seleccionó en Mesa de las Tablas (Almendrillo), la segunda en el Hondable y la tercera en el Zorrillo los tres en propiedades privadas. El segundo recorrido de campo se realizó en los tres sitios seleccionados durante el primer recorrido de campo con la finalidad de trazar los bloques para realizar el establecimiento de la plantación.

El trazo se realizó con la ayuda de una brújula Brunton, trazando el bloque en cada sitio de forma perpendicular a la pendiente de la ladera con rumbos francos que formaron ángulos de  $90^{\circ}$  con las líneas trazadas en dirección y a favor de la pendiente; así mismo, y con la ayuda de una cinta métrica se midió lo largo y ancho del bloque en forma rectangular, con un ancho

de 14 m y una longitud de 82 m. Una vez realizado el trazo de cada uno de los bloques de los tres sitios de plantación en las diferentes áreas de estudio, en ese mismo recorrido se procedió a realizar la toma de los siguientes datos: Ubicación geográfica la cual se determinó con la ayuda de un geoposicionador satelital (GPS), altitud se registro con la ayuda de un altímetro, la pendiente se determino con la ayuda de una pistola Haga, la exposición con la utilización de una brújula Brunton y finalmente fue necesario tomar datos de las especies vegetales existente antes del incendio, vegetación residual después del incendio, profundidad del suelo, residuos en el suelo, procesos erosivos del suelo, regeneración natural existente, la forma de regenerarse la vegetación es decir por semilla (sexual) y/o rebrotes (asexual). Todos estos datos se consideraron en cada uno de los tres sitios donde se realizó el trazo de los bloques de plantación.

#### Material para plantación

Dado las existencias de planta en el invernadero del Departamento Forestal de la Universidad, y de acuerdo a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación de evaluar la sobrevivencia y crecimiento de cinco especies del género *Pinus*. Se decidió darle continuidad a un trabajo de investigación que se realizó para obtener el grado de maestría en ciencias forestales por Lindolfo Durán Estrada, trabajo que consistió en la aplicación de tres regímenes de fertilización utilizando tres tipos de fertilizantes que son:

plantex (11-41-8, 20-8-20 y 8-20-30)(PTX), gronfol (QF) y osmocote (17-7-12)(OTE), aplicados a especies forestales del género *Pinus*.

Por lo anterior se determinó utilizar en el presente trabajo de investigación cinco especies forestales que son: *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii*.

Las plantas que fueron utilizadas como testigo, se seleccionaron de las que existían en producción en el vivero, sin considerar la calidad, tamaño, edad, ni daños por plagas y enfermedades, las plantas fueron producidas en contenedores tipo cooper Block.

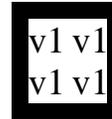
#### Trazo y apertura de cepas

Una vez trazado el bloque rectangular de 82 metros de largo por 14 m de ancho, se procedió a dividirlo en tres bloques (repeticiones), cada uno de 2 m de ancho, en los cuales se trazaron y se marcaron las cepas a una distancia entre cepa y cepa de 2 m. Las aperturas de las cepas se hicieron a una profundidad de cuarenta centímetros y un ancho de cuarenta centímetros, la cual se realizó con la ayuda de herramientas manuales tales como: picos, barras de fierro, palas, excava hoyos, entre otros; así mismo, se realizó la apertura de cepas en el contorno del bloque de interés del presente estudio, con el objeto de ser utilizada como barrera de protección contra daños por plagas, enfermedades u otros daños.

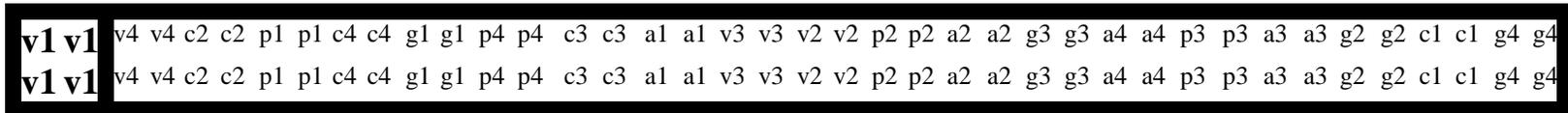
## Aleatorización de las cinco especies de coníferas y sus cuatro tratamientos

La aleatorización de las cinco especies de coníferas (*Abies vejari*, *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii*), fertilizadas con tres tipos diferentes de fertilizantes en el vivero plantex (11-41-8, 20-8-20 y 8-20-30)(PTX), gronfol (QF) y osmocote (17-7-12)(OTE) y su respectivo testigo que multiplicadas entre las cinco especies y los cuatro tratamientos dan como resultado una combinación de 20 tratamientos por cada bloque o repetición, considerando el testigo como otro tratamiento más.

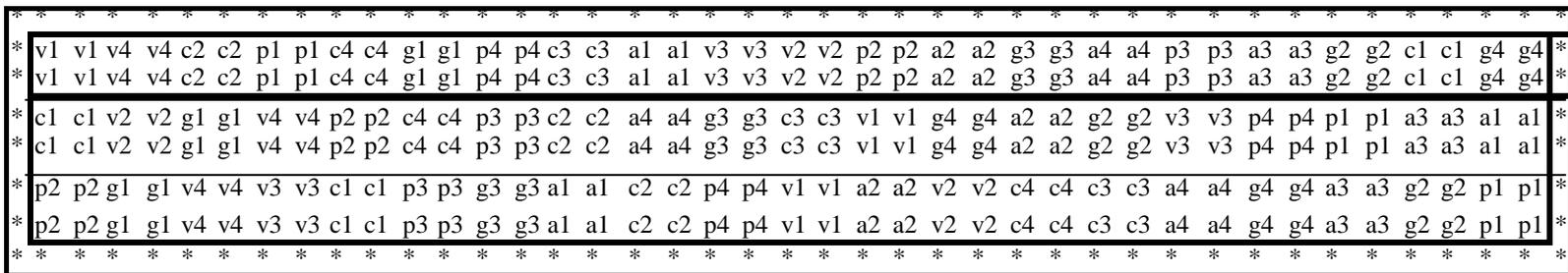
A cada tratamientos se le asignó una codificación donde para el caso de las especies forestales se le asignó la primera letra de la especie y en el caso de los fertilizantes los números progresivos del uno al cuatro, estos códigos de identificación se sortearon al azar para los 20 tratamientos correspondiente a cada bloque o repetición, la distribución de los 20 tratamientos en los bloques restantes se llevó de forma similar aleatoria (Figura 2). Una vez obtenido la aleatorización general de los tres bloques o repeticiones de la primera área de plantación, la misma distribución que se hizo fue utilizada en las otras dos áreas de plantación.



Unidad experimental



Bloque o repetición



Sitio de plantación

Donde:

- v*= *Abies vejari*                    1= osmocote
- p*= *Pinus pinceana*                2= gronfo
- a*= *Pinus ayacahuite*              3= plantex
- c*= *Pinus cembroides*            4= testigo
- g*= *Pinus greggii*

Figura 2. Distribución de los tratamientos en cada uno de los sitios de plantación en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

## Diseño experimental en cada sitio de plantación

Con anterioridad de llevar a cabo el trazo de las cepas y la aleatorización de los tratamientos, así como también, la medición de las variables altura total, diámetro de cuello de la planta, se tomó la decisión de emplear el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones (bloques), en las tres áreas de plantación (Mesa de las Tablas, Hondable y Zorrillo), para evitar el probable efecto de la pendiente.

Cada unidad experimental fueron cuatro plantas. Por lo que considerando estos factores de 20 tratamientos, cada uno integrado por cuatro plantas, y tres bloques por sitio fue necesario la utilización de 720 plantas para llevar a cabo el estudio, más las plantas de borde que no se incluyeron en los análisis.

## Transporte de planta

Una vez que se realizó la apertura de las cepas de los tres sitios de plantación y haber obtenido la distribución en forma al azar de los tratamientos en los tres bloques que conforma cada una de las áreas de plantación, se hizo el transporte de la planta forestal ocho días antes de hacer la plantación desde la Universidad, utilizando como transporte camionetas sencillas; las plantas fueron colocadas en cajas de madera de manera vertical y no sobre puestas entre caja, para evitar daños a la yema apical o tallo. Esta actividad se realizó

por la mañana cuando todavía el sol no salía con mayor intensidad, con el propósito de disminuir el estrés de deshidratación por insolación.

Las plantas fueron descargadas y colocadas cerca a las áreas de plantación, debajo de una sombra natural de árboles de la región, mismas que recibieron un riego por la tarde el mismo día de haberlas llevado al sitio de plantación y también recibieron un riego 24 horas antes de realizar la plantación.

### Plantación

El día 29 de julio de 1998, se realizó la primera plantación en las áreas Almendrillo y Hondable, la segunda plantación fue el día 5 de septiembre del mismo año en el área el Zorrillo, la plantación se llevó a cabo de acuerdo al cuadro de distribución aleatoria de los veinte tratamientos en cada repetición o bloque, siendo tres por cada área; la cual consistió que una vez que se retiró el envase o bolsa de polietileno al cepellón de la plántula, ésta fue colocada de manera muy vertical para evitar que la raíz no quedara doblada, procediendo a cubrir la raíz y/o cepellón hasta el cuello de la planta con la misma tierra extraída en la apertura de la cepa, finalmente que una vez que se tiene cubierto totalmente el cepellón de la planta se procede a eliminar las bolsas de aire en la cepa mediante la compresión del suelo alrededor de la planta con esto se disminuye la presencia o la muerte de la planta por una enfermedad u hongo principalmente.

### Mantenimiento de la plantación

Las actividades de mantenimiento de la plantación consistieron únicamente en eliminar los rebrotes de la vegetación arbustiva de encino y madroño, así como, la vegetación herbácea, en forma de hilera o línea de un ancho de 50 cm sobre la línea de las plantas de pino, con el objeto de reducir la competencia por la luz, ya que la mayoría de las especies en estudio son intolerantes a la sombra, esta actividad se realizó con herramienta manual consistente en machete y tijeras podadoras.

### Mediciones de variables dendrométricas

Una vez definidos los objetivos del presente trabajo de evaluar la sobrevivencia, crecimiento en altura y diámetro se determinó que era necesario realizar la medición de las siguientes variables: altura total de la planta, diámetro a la altura de la base o cuello de la planta y la sobrevivencia.

Cabe señalar que las mediciones se realizaron cada seis meses durante dieciocho meses, por lo que fue necesario realizar cuatro mediciones en las siguientes fechas: 5 de octubre de 1998, 19 de abril de 1999, 10 de octubre de 1999 y 5 de abril de 2000.

Los instrumentos utilizados en la mediciones de las variables dendrométricas son: una pértiga de madera graduada en centímetros con una

longitud de un metro, la cual fue utilizada para medir la altura total de la planta, que consistió en medir desde la base del suelo o cuello hasta meristemo apical de la planta; vernier de metálico el cual fue utilizado para medir el diámetro basal en centímetros, en el caso de la sobrevivencia se determinó con los datos tomados de las variable altura y diámetro, ya que solamente se evaluaron plantas vivas por cada tratamiento y se obtuvo el porcentaje de plantas vivas en cada parcela.

### Análisis estadísticos

Para el propósito de los análisis estadísticos se determinó considerar como tratamiento a los fertilizantes más el testigo en cada especie, aplicado en el vivero de manera que se consideran 4 tratamientos para cada especie en cada uno de los tres sitios de plantación. El modelo usado para análisis fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, \dots, 4$  (Tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, 3$  (Bloques o repeticiones)

Donde:

$\mu$  = Efecto de la media  
 $T_i$  = Efecto de la  $i$ -ésimo tratamiento  
 $B_j$  = Efecto de la  $j$ -ésimo bloque  
 $\epsilon_{ijk}$  = Error aleatorio

Los resultados de las variables evaluadas expresados en porcentaje, tales como la sobrevivencia y los incrementos relativos en altura y diámetro fueron transformados mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Arcoseno } (X/100)^{0.5}$$

Donde: X es el porcentaje de datos a transformar.

Los datos resultantes y los análisis estadísticos se realizaron en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). El análisis de varianza y la prueba Tukey de comparación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Sobrevivencia

La sobrevivencia de *A. vejari* no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0.17$ ,  $P=0.58$  y  $P=0.14$ ), en los tres sitios de plantación. Sin embargo, se observa que la respuesta con los tratamientos osmocote, gronfol y plantex es más alta en comparación con el tratamiento testigo (Cuadro 1). Estas diferencias no se reflejan en la prueba Tukey de separación de medias y se puede atribuir al alto coeficiente de variación 43.53% del análisis de varianza. Es decir, la alta variación dentro de cada tratamiento (Cuadro 1).

La sobrevivencia de *P. ayacahuite* presentó diferencias significativas ( $P=0.04$  y  $P=0.01$ ) en Mesa de las Tablas y Hondable. La sobrevivencia se incrementó notablemente con los tratamientos osmocote y gronfol en el Hondable y Mesa de las Tablas, aunque en este último sitio el plantex también tuvo un efecto positivo. En el Zorrillo no hubo diferencias significativas ( $P=0.24$ ) para esta especie. La alta sobrevivencia que *P. ayacahuite* presentó se debe probablemente a los requerimientos ambientales de esta especie para adaptarse a una área, considerando que es una especie semi-tolerante (Cornejo, 1987; Nájera, 2000). Así mismo, es una especie que requiere para su

crecimiento competencia o asociación con otras especies, suelos húmedos, donde el hábitat natural de esta especie son barrancas profundas, no estando adaptados a ambientes calientes y secos con una mayor insolación (Perry, 1991; Moreno, 1993).

Cuadro 1. Porcentaje de sobrevivencia de cinco coníferas fertilizadas en vivero y plantadas en tres sitios en la Sierra de Arteaga, Coah.

Especie	Tratamiento	Sitios de plantación				
		Mesa de las Tablas	Zorrillo	Hondable		
<i>Abies vejari</i>	Osmocote	88	97	82		
	Gronfol	93	88	59		
	Plantex	97	88	82		
	Testigo	20	67	5		
<i>Pinus ayacahuite</i>	Osmocote	100	a	100	82	a
	Gronfol	100	a	97	82	a
	Plantex	100	a	97	67	ab
	Testigo	44	b	75	13	b
<i>Pinus cembroides</i>	Osmocote	100	a	100	93	a
	Gronfol	100	a	100	97	a
	Plantex	100	a	97	97	a
	Testigo	20	b	82	13	b
<i>Pinus greggii</i>	Osmocote	97		100	97	
	Gronfol	100		100	97	
	Plantex	100		100	93	
	Testigo	75		88	61	
<i>Pinus pinceana</i>	Osmocote	100	a	93	100	a
	Gronfol	88	a	82	67	bc
	Plantex	100	a	97	75	b
	Testigo	20	b	35	41	c

Medias con la misma letra por columna en cada especie no son diferentes estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

En Mesa de las Tablas se presentó la más alta sobrevivencia para esta especie, que pueda atribuirse o estar relacionada con las actividades de conservación de suelo que se hicieron después del incendio, consistente en la colocación de fustes, puntas y ramas de forma perpendicular a la pendiente, haciendo la función de una barrera que sirvió como sombra a las plantas y en este sitio es donde más rebrotes de encinos y madroños hubo, lo que propició sombra para las plantas, en terrenos con mayor sombra mayor fue la sobrevivencia.

*P. cembroides* mostró respuesta significativa favorable ( $P=0.001$  y  $P=0.02$ ) a la fertilización en Mesa de las Tablas y Hondable, pero no en el Zorrillo donde la sobrevivencia fue alta en el testigo. Esta especie se adapta a lugares secos, la especie se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, terrenos rocosos o calizos, al pie de las montañas, por lo que su crecimiento es lento. Las plantas que recibieron fertilización presentaron los mayores valores, ya que el uso de fertilización en la producción de la planta mediante la ayuda de algunos procesos metabólicos y fisiológicos como la transpiración, respiración y fotosíntesis, dan resistencia a factores desfavorables como son: ataque de plagas y enfermedades y a las prolongadas sequías con lo que se adapta mejor en el sitio final de plantación (Kramer, 1959).

*P. greggii* no mostró respuesta significativa ( $P=0.47$ ,  $P=0.20$  y  $P=0.76$ ) a los tratamientos de fertilización en los tres sitios. La sobrevivencia fue muy alta incluso en los testigos.

*P. pinceana* mostró respuesta favorable ( $P=0.01$  y  $P=0.001$ ) a los tratamientos de fertilización en los sitios Mesa de las Tablas y en el Hondable. Con los tratamientos de fertilización, el sitio el Zorrillo no mostró diferencias significativas ( $P=0.48$ ) para la sobrevivencia, probablemente también por el alto coeficiente de variación.

Los tratamientos testigo fueron los que mostraron la sobrevivencia más baja en general, probablemente como consecuencia del menor tamaño inicial de las plantas, como lo señala Durán (2003), en su estudio para evaluar el crecimiento de cinco especies de coníferas, quien concluyó que las plantas que recibieron fertilización tuvieron mayor crecimiento en altura, diámetro del tallo, desarrollo del sistema radicular y la parte área. Así, una planta con estas características tiene mayor calidad, y al ser plantadas en el sitio final de la plantación se adaptan con mayor facilidad. Entonces se demuestra la utilidad de la aplicación de fertilizar en vivero.

El uso del fertilizante debe ser considerado como una práctica fundamental en la producción de la planta, esto mejora la adaptación de una especie a su área natural o diferente a ella, como señala Duryea (1985) y Jekinson (1993), argumentando que el uso de la fertilización en la producción de planta en vivero tiende a incrementar la sobrevivencia en los sitios finales de plantación. El uso de la fertilización mejora las características morfológicas y fisiológicas como son: altura óptima, diámetro grueso, una proporción bien equilibrado entre el sistema radicular y el tallo de la planta (FAO, 1978; Cannon,

1982; Grossnickle y Folk, 1993). Las plantas con estas características crecerán mejor en el sitio final de plantación, en contraste a una planta que no tiene una buena nutrición, que se desconoce la forma de producción, la fecha de germinación y la edad que salió del vivero y este tipo de plantas fueron las que se utilizaron como testigo.

El fertilizante osmocote demostró la máxima sobrevivencia en todos los casos donde las especies y sus respectivos tratamientos, hubo significancia. Esto puede atribuirse posiblemente que no se había disuelto totalmente y estaba distribuido uniformemente en el sustrato, que posiblemente en los meses posteriores siguió realizando su función sobre la planta, así mismo, que este efecto sea resultado de las cantidades y las dosis aplicadas de nitrógeno aplicado principalmente, ya que éste es un macroelemento fundamental como parte esencial de la clorofila y proteínas, que fomentan el crecimiento vegetativo como lo menciona Tarrant y Silen (1966), ya que por sus características comerciales que presenta en forma granulado recubierto de una resina orgánica o polímero que absorbe la humedad, disuelve el nutriente y lo libera paulatinamente, por lo que su efecto puede ser retardado donde la planta lo puede utilizar en la fase de vivero, pero que también puede tener una respuesta favorable en el sitio final de la plantación.

En un estudio realizado por Durán (2003) sobre la evaluación de altura y diámetro de cinco coníferas que recibieron fertilización, concluye que las plantas con osmocote tienen mayor altura. Esta tendencia se obtuvo en la

variable sobrevivencia en el presente estudio, el tamaño inicial de la planta tiene influencia directamente sobre la adaptación. En un estudio realizado por Cannon (1982) sobre el tamaño inicial de la plántula de *Eucalyptus camaldulensis* en una plantación, concluye que una planta de mayor tamaño incrementa el porcentaje de sobrevivencia de más del 90%, mientras que las plantas chicas el porcentaje de mortandad es del 50%.

La sobrevivencia se incrementó con el tratamiento osmocote, como respuesta al tamaño inicial que presentaban al momento del establecimiento de la plantación en los tres sitios, y que son las mismas cinco especies de coníferas estudiadas por Durán (2003) en vivero y que concluyó que las plantas de mayor tamaño son las que fueron fertilizadas con osmocote, por el tamaño grande que presentaban tienen más resistencia al *stress* por la sequía, insolación, daños por roedores, plagas y enfermedades, dando como resultados una mayor sobrevivencia.

El tratamiento gronfol también mostró la máxima sobrevivencia en todos los casos en que hubo diferencias significativas, excepto en *P. pinceana* en el sitio Hondable. La fertilización en la fase de vivero, sin duda alguna, mejora la sobrevivencia con cualquiera de los tres fertilizantes utilizados en el estudio realizado por Durán (2003). Como lo demuestra el tratamiento gronfol, que es un fertilizante que contiene nitrógeno, fósforo y potasio, que se aplica de forma foliar sobre las plantas, y que durante la plantación no pudieron haber llevado

residuos del fertilizante en el follaje de la planta, confirmando que el uso de la fertilización en vivero mejora la sobrevivencia en el sitio final de la plantación.

Respecto a *P. pinceana* en el sitio Hondable, que tiene menor sobrevivencia con el tratamiento gronfol es atribuible a la forma de crecimiento de la especie que se adapta en terrenos pobres, secos, pedregosos y accidentados, condiciones que propician mejor su adaptación. También es importante mencionar que esta especie siempre tiene al inicio de establecimiento problemas de sobrevivencia (Dvorak y Donahue, 1992), considerando que en este sitio existía mayor profundidad en el suelo y no presentaba una pendiente fuerte, predominando el crecimiento de otras especies que requieren de mayor altitud sobre el nivel del mar como es el caso de *Pseudotsuga* y *Abies*, es posible que *P. pinceana* presentó mayor mortandad al no presentarse las condiciones ambientales que requiere para su crecimiento, ya que naturalmente crece en sitios con menor altitud (Perry, 1991).

#### Altura

Para altura *A. vejari* mostró diferencias significativas ( $P=0.04$  y  $P=0.0001$ ) entre los tratamientos de fertilización en los sitios Mesa de las Tablas y el Zorrillo, pero no en el Hondable, los tratamientos gronfol y plantex fueron los de mayor altura total en Mesa de las Tablas y Osmocote y plantex en el Zorrillo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de altura, incremento absoluto e incremento relativo de cinco coníferas fertilizadas en vivero y plantadas en tres sitios en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

Especie	Tratamiento	Mesa de las Tablas			Sitios de plantación Zorrillo			Hondable		
		Altura	Incremento absoluto	Incremento relativo	Altura	Incremento absoluto	Incremento relativo	Altura	Incremento absoluto	Incremento relativo
<i>Abies vejari</i>	Osmocote	24.42 ab	13.75	128.88	39.00 a	19.80 a	102.65	44.54	22.90	111.66
	Gronfol	32.94 a	14.04	95.72	27.58 b	13.57 b	96.49	32.50	17.68	121.41
	Plantex	32.83 a	17.26	111.30	39.01 a	15.51 b	68.13	40.11	23.32	150.52
	Testigo	15.50 b	7.91	94.25	14.25 c	6.01 c	82.57	15.00	7.40	97.37
<i>Pinus ayacahuite</i>	Osmocote	28.96 a	4.23	18.85	22.96 a	5.74	33.23	32.08 a	10.61	49.37
	Gronfol	19.83 bc	7.29	58.64	19.72 a	4.88	34.33	18.92 ab	4.74	33.18
	Plantex	22.54 ab	7.82	53.23	23.79 a	4.71	24.78	26.94 ab	10.16	61.60
	Testigo	13.33 d	4.08	44.05	12.39 b	3.21	35.22	11.00 b	2.18	24.65
<i>Pinus cembroides</i>	Osmocote	43.92 a	9.10	25.91 c	48.14 a	10.96	30.49	42.70 a	15.70	58.14
	Gronfol	27.00 bc	9.88	59.26 b	20.58 c	5.59	38.42	22.03 b	5.34	31.51
	Plantex	32.75 ab	10.79	51.57 b	35.00 b	11.48	55.23	32.69 ab	9.39	41.26
	Testigo	17.25 c	17.42	101.39 a	18.75 b	5.59	82.79	19.00 b	5.76	42.07
<i>Pinus greggii</i>	Osmocote	48.25	25.19	111.39	68.42 a	47.96 a	221.55 a	78.24 a	52.63 a	205.83 a
	Gronfol	34.83	17.78	101.00	33.17 c	14.96 b	92.05 b	47.25 c	28.58 b	153.22 ab
	Plantex	43.93	18.74	76.16	59.58 ab	31.77 ab	118.61ab	57.33 b	31.33 b	120.41 b
	Testigo	34.44	13.15	101.00	49.75 b	30.04 ab	151.59ab	50.21 bc	30.12 b	149.75 ab
<i>Pinus pinceana</i>	Osmocote	35.25 a	6.07	21.20 bc	39.83 a	8.24	27.05	43.06 a	11.06	34.94
	Gronfol	19.33 b	6.26	47.25 ab	21.50 b	7.70	56.96	23.94 bc	9.72	66.30
	Plantex	33.63 a	4.92	17.15 c	41.28 a	11.52	38.07	40.50 ab	12.68	45.91
	Testigo	14.13 b	5.55	66.91 a	18.02 b	6.45	60.53	15.83 c	4.88	45.24

Medias con la misma letra por columna en cada especie no son diferentes estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

Para los incrementos absolutos se presentó diferencias significativas en el Zorrillo e incremento relativo no hubo respuesta favorable a los tratamientos en ninguno de los tres sitios de plantación.

*P. ayacahuite* mostró diferencias significativas ( $P=0.007$ ,  $P=0.003$  y  $P=0.08$ ) en la altura en los tres sitios, destacando el osmocote y plantex que duplicaron la altura del testigo. El incremento absoluto e incremento relativo no presentaron diferencias significativas.

*P. cembroides* también presentó diferencias significativas ( $P=0.005$ ,  $P=0.0001$  y  $P=0.04$ ) en altura total en los tres sitios, destacando los tratamientos osmocote y plantex. El tratamiento gronfol no fue diferente del testigo en Mesa de las Tablas y en el Hondable. Los incrementos absolutos no tuvieron una respuesta favorable a los tratamientos ( $P=0.99$ ,  $P=0.61$  y  $P=0.23$ ) en los tres sitios. Para los incrementos relativos de *P. cembroides* únicamente en el sitio Mesa de las Tablas el análisis de varianza detectó diferencias significativas ( $P=0.0001$ ), resaltando el tratamiento testigo, y los tratamientos plantex y gronfol en términos medios y el tratamiento osmocote con valores bajos.

*P. greggii* mostró diferencias significativas ( $P=0.003$  y  $P=0.0004$ ) en los sitios el Zorrillo y Hondable, pero no en Mesa de las Tablas, destacando el tratamiento osmocote y plantex, en ambos sitios. En el Zorrillo y el Hondable el tratamiento testigo fue mayor al tratamiento gronfol. El incremento absoluto en sitio Mesa de las Tablas no tuvo efecto de los tratamientos. En contraste en los

sitios el Zorrillo y el Hondable donde presentaron las diferencias significativas ( $P=0.02$ ;  $P=0.002$ ), destaca el tratamiento osmocote. Para el incremento relativo únicamente hubo diferencias significativas ( $P=0.06$ ) en el sitio el Hondable, destacando el osmocote.

*P. pinceana* demostró diferencias significativas ( $P=0.045$ ,  $P=0.008$  y  $P=0.01$ ) en los tres sitios, donde los tratamientos osmocote y plantex son los que destacan, ya que se logra crecimiento del doble en comparación con el testigo que presentó las menores alturas. Para el incremento absoluto no se presentan diferencias significativas ( $P=0.95$ ,  $P=0.75$  y  $P=0.56$ ) en los tres sitios de plantación. El incremento relativo para esta variable únicamente en el sitio Mesa de las Tablas tuvo efecto del tratamiento ( $P=0.01$ ), destacando el osmocote y plantex y los otros dos tratamientos tienen un efecto muy similar.

Las cinco especies de coníferas utilizadas en la plantación muestran efectos de los tratamientos en los tres sitios de plantación para la variable altura. En su mayoría responden positivamente al tratamiento osmocote, excepto *A. vejari* en Mesa de las Tablas donde el tratamiento gronfol tiene un mayor valor. En *P. ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. pinceana* la mayor altura la presentan con el tratamiento plantex en el sitio el Zorrillo. Con respecto al incremento absoluto, *A. vejari* en el sitio el Zorrillo y *P. greggii* en los sitios Zorrillo y Hondable tuvieron una respuesta favorable al tratamiento osmocote.

De forma general se puede atribuir las máxima alturas y el incremento absoluto al fertilizante osmocote, por ser un fertilizante con características físicas que tiene su presentación comercial en forma granulado recubierto de una resina orgánica (polímero) que absorbe la humedad, disuelve el nutriente y lo libera paulatinamente. Es probable que al momento de la plantación el fertilizante no se había disuelto totalmente y estaba distribuido uniformemente en el sustrato, que posiblemente en los meses posteriores siguió realizando su función sobre la planta, así mismo, que este efecto sea resultado de las cantidades y las dosis aplicadas de nitrógeno (20-8-20 y 17-7-12), el cual se clasifica como un macroelemento fundamental como parte esencial de la clorofila y proteínas, que fomentan el crecimiento vegetativo como lo menciona Tarrant y Silen (1966), quienes señalan que las plantas aumentan su altura al aumentar las cantidades de nutrientes.

Arteaga (1990) señala que el uso de la fertilización en la producción de planta trae como resultados una planta de mayor calidad tanto en el sistema radicular y la parte aérea, así como mayor tamaño, dando como resultado un mayor crecimiento en altura. También puede influir el tamaño de la planta que tenía al hacer la plantación, un mayor tamaño va a resultar con más altura porque existe la competencia con hierbas y arbustos considerando que la mayor parte de las especies son intolerantes y esto lo confirma los resultados obtenidos en el incremento relativo de *P. cembroides* y *P. pinceana* en sitio Mesa de las Tablas y *P. greggii* en sitio Hondable donde el tratamiento testigo crece el doble en relación a la altura inicial, por lo que se puede ver un

incremento bien marcado en las especies no fertilizadas y que crecen más en el sitio de plantación, con la excepción de *P. greggii* que tiene un incremento de dos tantos de crecimiento (200%), con respecto a la altura inicial y puede deberse a su forma de crecer en terrenos pobres, perturbados, incendiadas, degradadas por eso se considera una especie rustica y pionera.

El tratamiento plantex que tiene los valores intermedios entre los fertilizantes osmocote que tiene el mayor valor y el gronfol que tiene menor valor. Las alturas influenciadas por este fertilizante pueden ser consideradas apropiadas para el crecimiento de una plantación a temprana edad, este crecimiento puede ser resultado que este fertilizante contiene mayor cantidad de nitrógeno (25-12-7), que el osmocote (17-7-12), ya que se trata de un fertilizante que se aplica en ferti-irrigación o sea durante el riego, de manera que posiblemente al llevar a cabo el riego sobre las plantas en el vivero se hizo de manera irregular, lo que hace una merma de las cantidades de nutrientes, en comparación al fertilizante osmocote donde su aplicación es más homogénea ya que se aplica en el sustrato, donde las cantidades de nutrientes son mejor aprovechados por las plantas por su lenta liberación.

Las plantas testigo de las cinco especies que no recibieron fertilización, arrojaron los valores más bajos en altura e incremento absoluto, excepto *P. greggii*. En respuesta el incremento absoluto para *A. vejari* el tratamiento testigo presentó la misma respuesta que la altura total. Lo que confirma que el uso de la fertilización en la producción de planta en vivero debe considerarse una

técnica silvícola común. Al ser empleada es posible obtener algunas ventajas como mejorar la calidad de la planta y una planta de mejor calidad, da como resultado un mejor desempeño en el sitio específico de plantación, obteniendo la máxima sobrevivencia y mejor crecimiento (Capó, 2002). La altura de *P. greggii* con el tratamiento testigo donde fue igual y mayor que el tratamiento gronfol, y puede atribuirse que esta especie tiene buenos crecimientos en altura principalmente en terrenos perturbados, pobres, secos, pedregosos, pendientes accidentadas y prolongadas sequías que pueden durar hasta ocho meses. Así mismo, soporta temperaturas extremas de esta °C bajo cero (Perry, 1991; Malan, 1994; Cetina *et al.*, 1999). Sin duda alguna *P. greggii* puede proponerse como una alternativa para el éxito de los programas de reforestación extensivos para recuperar áreas forestales degradadas a causa de los incendios forestales en esta región.

*P. cembroides* y *P. pinceana* crecen en terrenos que tienen condiciones adversas como las que se presentaron en estos sitios, pero su adaptación y crecimiento les permite crecer en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas o calizos, al pie de las montañas, en zonas de prolongadas sequías y también soportan temperaturas extremas de hasta 7 °C bajo cero. También son especies de lento crecimiento ya que son de poca altura y muy ramificados que inician muy cerca de la base (Martínez, 1948; Perry, 1991), la tendencia de crecimiento siempre será en el diámetro y la altura crecerá más lentamente por el exceso de las ramas que presentan muy cerca de la base de la planta.

Para la variable altura es importante mencionar nuevamente que la especie que presentó mayor altura fue *P. greggii* en los tres sitios de plantación. En el sitio Mesa de las Tablas *P. greggii* no presentó diferencias significativas sobre los otros tratamientos. Por lo tanto el testigo, aún sin la aplicación de fertilizante mostró una altura mayor sobre algún fertilizante utilizado en la producción de la planta en vivero, y como se ha mencionado anteriormente es una especie pionera que se adapta a condiciones perturbadas o desfavorables como las que se presentan en los tres sitios de plantación. Además esta especie se encuentra en su área de distribución natural en donde las condiciones de suelo, clima y los factores físicos y biológicos son similares a la procedencia de *P. greggii* que se localiza en Cañón de Jamé que se encuentra dentro de la microcuenca o región con las áreas de plantación (López, 1997).

También *P. cembroides* y *P. pinceana* tienen buenos resultados de crecimiento en altura, no mayores a los de *P. greggii*, pero pueden ser una alternativa para usarlas en futuros programas de restauración. Se considera importante en caso de *P. cembroides* porque es un pino atractivo para reforestar zonas áridas y semiáridas, por ser tolerante a la sequía y a las bajas temperaturas, se utiliza en la conservación de suelos, control de la erosión y favorece la infiltración del agua, restableciendo los mantos subterráneos (Martínez, 1948; Perry, 1991; Trujillo, 1995), a su vez *P. pinceana* puede ser encontrado como individuos dispersos en colinas rocosas y montañosas muy secas en la Sierra Madre Oriental, y que con los resultados de este trabajo muestra que tiene buenos crecimientos en altura, siendo aconsejable su uso en

reforestaciones y plantaciones en áreas similares a los tres sitios de plantación, cuando en los viveros no se cuente con suficiente planta de *P. greggii*.

### Diámetro

*A. vejari* mostró diferencias significativas ( $P=0.01$  y  $P=0.08$ ) sólo en la variable diámetro final en los sitios el Zorrillo y Hondable, se observa que el tratamiento osmocote tuvo el mayor valor de esta variable y el testigo el menor valor, quedando los otros dos tratamientos como intermedios. El incremento absoluto y relativo no mostraron una respuesta por efecto de los tratamientos ( $P=0.30$ ,  $P=0.22$  y  $P=0.82$ ) (Cuadro 3).

*P. ayacahuite* mostró significancia ( $P=0.001$ ,  $P=0.01$  y  $P=0.01$ ) en las diferencias de los tratamientos en Mesa de las Tablas, Zorrillo y Hondable, en los tres sitios el testigo fue el de menor valor, y los otros tratamientos incrementaron el diámetro en diferentes cantidades, destacando el tratamiento osmocote en Mesa de las Tablas (Cuadro 3).

El Incremento absoluto presentó diferencias significativas ( $P=0.007$ ), únicamente en sitio Mesa de las Tablas, donde los mayores valores se presentan con los fertilizantes gronfol y plantex. El incremento relativo no presentó diferencias significativas en los tres sitios de plantación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Diámetro, incremento absoluto e incremento relativo de cinco coníferas fertilizadas en vivero y plantadas en tres sitios en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

Especie	Tratamiento	Sitios de Plantación								
		Mesa de las Tablas			Zorrillo			Hondable		
		Diámetro	Incremento absoluto	Incremento relativo	Diámetro	Incremento absoluto	Incremento relativo	Diámetro	Incremento absoluto	Incremento relativo
<i>Abies vejari</i>	Osmocote	0.93	0.51	113.17	0.96 a	0.53	81.81	0.89 a	0.23	33.59
	Gronfol	0.96	0.28	41.07	0.84 b	0.43	108.94	0.62 ab	0.18	39.87
	Plantex	0.87	0.22	33.58	0.96 a	0.39	57.96	0.75 ab	0.13	21.12
	Testigo	0.40	0.20	93.65	0.60 b	0.22	105.67	0.35 b	0.15	75.00
<i>Pinus ayacahuite</i>	Osmocote	1.01 a	0.20 ab	25.07	0.96 a	0.30	46.13	0.91 a	0.18	25.13
	Gronfol	0.81 b	0.25 a	43.52	0.84 ab	0.30	56.55	0.72 a	0.20	38.08
	Plantex	0.85 b	0.24 a	40.17	0.98 a	0.32	48.46	0.95 a	0.23	31.49
	Testigo	0.53 c	0.16 b	45.08	0.60 b	0.24	68.71	0.40 b	0.11	37.93
<i>Pinus cembroides</i>	Osmocote	1.31	1.31	56.04	1.55 a	0.69	80.26	1.22	0.42	52.82
	Gronfol	1.12	1.12	87.12	0.91 bc	0.40	81.42	0.83	0.29	53.71
	Plantex	1.16	1.16	58.82	1.33 ab	0.58	77.36	1.08	0.36	49.87
	Testigo	0.59	0.59	74.61	0.71 c	0.39	126.20	0.75	0.40	109.12
<i>Pinus greggii</i>	Osmocote	1.27 a	0.59	87.17	1.77 a	1.10 a	166.40	1.51 a	0.86	129.26
	Gronfol	0.88 ab	0.43	93.79	0.87 b	0.59 bc	94.10	1.02 ab	0.57	125.25
	Plantex	1.20 ab	0.57	92.08	1.63 a	0.97 ab	149.28	1.05 ab	0.45	75.61
	Testigo	0.73 b	0.40	87.17	0.95 b	0.43 c	170.78	0.66 b	0.35	111.06
<i>Pinus pinceana</i>	Osmocote	1.24 a	0.37	41.78	1.33 a	0.48	56.14	1.24 a	0.46	58.03
	Gronfol	0.86 a	0.25	45.59	1.08 ab	0.51	90.42	0.65 b	0.19	41.40
	Plantex	1.05 a	0.34	44.71	1.38 a	0.57	71.44	1.08 ab	0.42	65.57
	Testigo	0.42 b	0.19	54.49	0.77 b	0.40	121.24	0.62 b	0.18	40.00

Medias con la misma letra por columna en cada especie no son diferentes estadísticamente (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

*P. cembroides* mostró efecto significativo ( $P=0.006$ ) de los tratamientos sobre esta variable solamente en el sitio el Zorrillo, destacando el tratamiento osmocote y plantex. El incremento absoluto y relativo no tiene una respuesta favorable a los tratamientos en los tres sitios de plantación (Cuadro 3).

En *P. greggii* el diámetro incrementó con los tratamientos de fertilización principalmente con el tratamiento osmocote en los tres sitios de plantación. El testigo siempre muestra el menor valor. Los incrementos absolutos responden mejor a los diferentes tratamientos en el sitio Zorrillo, donde el tratamiento osmocote se refleja con el mayor valor junto con plantex. Los incrementos relativos no presentan diferencias significativas ( $P=0.85$ ,  $P=0.42$  y  $P=0.59$ ) (Cuadro 3).

*P. pinceana* mostró diferencias significativas ( $P=0.01$ ,  $P=0.01$  y  $P=0.03$ ) en los tres sitios de plantación, los tratamientos plantex y gronfol sobresalen en esta variable y los valores más bajos están representados por el tratamiento testigo. El incremento absoluto e incremento relativo no presentan diferencias significativas en los tres sitios (Cuadro 3).

De forma general, en la variable diámetro final e incremento absoluto, con el fertilizante osmocote se determinaron los más altos valores de crecimiento, el tratamiento plantex también favorece el crecimiento de la planta en diámetro en los sitios de plantación. Finalmente, los tratamientos testigo fueron los que obtuvieron los valores inferiores, esta tendencia de crecimiento en la variable

diámetro y el incremento absoluto en los tres sitios de plantación fue similar a la mostrada por la altura y sus respectivos incrementos absoluto y relativo.

Por lo tanto, el uso de este fertilizante osmocote en la producción de planta debe utilizarse con la seguridad de que la planta producida tendrá los mayores crecimientos en el sitio final de plantación, ya que probablemente este fertilizante tenga un efecto todavía en las áreas de plantación ya que se trata de un fertilizante de lenta liberación de nutrientes que puede seguir teniendo un efecto sobre el crecimiento hasta 14 meses después de la aplicación. Dado que las plantas fertilizadas fueron utilizadas después de un año de haber recibido la dosis de fertilización, no se puede atribuir al tratamiento una respuesta favorable del crecimiento de las plantas en el sitio de plantación, y se confirma esta hipótesis con plantas donde se les aplicó dosis de fertilización con plantex, donde presenta sus características físicas de comercialización en forma de sales y que se disuelven en agua para su aplicación a través de los riegos que nutren a la plantas de microelementos por ser un producto compuesto por minerales quelados que son asimilados directamente por las plantas de forma instantánea.

Nuevamente se piensa que el uso del fertilizante ayuda a la planta a tener mejor calidad, además el empleo de la fertilización ayuda a mejorar las características morfológicas de las plantas como la relación bien proporcionada entre la biomasa de la raíz y tallo representan un buen material para la plantación, diámetro del tallo y la altura total de la planta, una planta de tallo

grueso esta mejor protegida contra el ataque de roedores y lagomorfos (Capó, 2002).

Durán (2003), evaluó las variables altura y diámetro de cinco especies de coníferas. Estas mismas plantas fueron utilizadas en el presente estudio. La continuidad que se ha dado a las plantas en el sitio de plantación permite concluir que las buenas alturas obtenidas, son resultado al mayor tamaño original de la planta. Otro estudio realizado por Cannon (1982) sobre el tamaño inicial de la plántula de *Eucalyptus camaldulensis* en una plantación, señala que el tamaño de la planta afecta el crecimiento en la altura y en el diámetro, que para este caso el crecimiento en el diámetro es resultado de la buena calidad y el tamaño de la planta. A esto se debería sumarse el manejo que reciba en el vivero, transporte a las áreas de plantación y también la forma de producción, ya que una planta producida en cepellón al momento de la plantación toleran mejor las condiciones climáticas variables, donde estas actividades fueron llevadas a cabo de manera muy cuidadosa al momento de la plantación.

El manejo y cuidado en vivero se hizo de forma estricta desde el momento de la germinación de la semilla hasta su crecimiento de la plántula. Se evitó la proliferación de plagas y enfermedades, los riegos periódicos fueron determinados de acuerdo al requerimiento, control de la humedad atmosférica, se dio buena nutrición mineral y la forma de producción fue el método de cepellón en bolsa de plástico de polietileno, de manera que teniendo un

cepellón más grande tienen más resistencia a los factores climáticos desfavorables (Durán, 2003).

Las plantas que no recibieron fertilización en vivero y que fueron utilizadas como testigo, obtuvieron los valores más bajos en diámetro, que puede ser atribuible a la mala calidad de la planta, la cual fue producida en contenedores de coperblok donde la planta al momento de ser extraída de este tipo de contenedor, provoca la extracción de la plántula adherida el sistema radicular con poco sustrato o con un cepellón muy pequeño, que en comparación con planta que tiene un cepellón más grande tienen menos resistencia a los daños por roedores, plagas y enfermedades, sequía y heladas, entre otros. Estas plantas presentaban diámetros muy delgados y no estaban muy bien nutridas; lo que confirma que el uso de la fertilización en la producción de planta en vivero debe considerarse una técnica silvícola común que al ser empleada es posible obtener algunas ventajas como mejorar la calidad de la planta y una planta de mejor calidad, da como resultado un mejor desempeño en el sitio específico de plantación, obteniendo la máxima sobrevivencia y mejor crecimiento (Capó, 2002).

Finalmente es importante comentar que *P. greggii* tiene un mayor sobrevivencia, altura y diámetro en los tres sitios de plantación, aun sin el uso de la fertilización.

Con los presentes resultados tanto en sobrevivencia, altura y diámetro se cumple con la hipótesis del objetivo planteado que es cuando menos una especie de las cinco coníferas tiene mayor sobrevivencia y crecimiento con algún tipo fertilizante en alguno de los tres sitios de plantación, esta hipótesis la confirma *P. greggii* al haber presentando la mayor sobrevivencia y crecimiento. Se trata de una especie nativa, evolucionada, rústica y pionera con gran potencial de crecimiento, principalmente en áreas donde han ocurrido eventos dejándolas en procesos de erosión o degradadas, y además es una especie que tolera la sequía (Cetina *et al.*, 1999).

Esta especie en la región de Mesa de las Tablas se adapta con mayor facilidad y tiene tasas de crecimiento mayores a otras especies nativas de la región. Con estos resultados obtenidos en el presente trabajo se puede afirmar que *P. greggii* es una especie que debe recomendarse su uso en los programas de reforestación, restauración y plantaciones comerciales que implementen los tres niveles de gobierno específicamente en los estados de Coahuila y Nuevo León, ya que esta especie puede ser la mejor alternativa para restaurar las áreas incendiadas o quemadas como consecuencia de los incendios forestales que afectan grandes superficies forestales.

## CONCLUSIONES

En *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. pinceana* se presentaron diferencias en la variable sobrevivencia, cuando menos en dos de los tres sitios.

En las cinco especies se presentaron diferencias en la variable altura, cuando menos en dos de los tres sitios de plantación.

En las cinco especies se presentaron diferencias en la variable diámetro, cuando en menos en uno de los tres sitios de plantación.

En las especies donde se presentaron diferencias entre los tratamientos hubo respuesta favorable a la fertilización recibida en la etapa de vivero.

La sobrevivencia mejoró con los tratamientos de fertilización en vivero.

En la variable altura el tratamiento osmocote mostró la mejor respuesta. Y en la variable diámetro fueron los tratamientos osmocote y plantex.

*Pinus greggii* presentó la mejor respuesta en sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro, en los tres sitios de plantación, incluso en el tratamiento testigo (no fertilizado en vivero).

## RECOMENDACIONES

En las plantaciones forestales se debe emplear preferentemente planta fertilizada de forma óptima en vivero, para asegurar la mejor sobrevivencia y crecimiento.

El uso de fertilizante osmocote y plantex en la producción en vivero de planta forestal.

El empleo de *Pinus greggii* para programas de reforestación, conservación y plantaciones comerciales, como una de las mejores alternativas para asegurar la mejor sobrevivencia y crecimiento, particularmente en sitios pobres o marginales.

En futuras investigaciones sobre plantaciones forestales para probar el efecto de la fertilización usada en vivero y su respuesta en el sitio final de plantación, se requiere que antes de la plantación se realice un análisis foliar de las plantas y del suelo para determinar el nivel de nutrición inicial.

## LITERATURA CITADA

- Arteaga M., B. 1990. Nutrición en plantaciones forestales. *In: Memoria mejoramiento genético y plantaciones forestales*. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, Méx. pp. 145-159.
- Bigg, W.L. y J.W. Schalaus. 1990. Mineral nutrition and the target seedling: *In: Target seedling symposium. Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursey Association*. Roselburg, Oregon, USA. pp. 139-165.
- Bonneau, M. 1978. La fertilización Forestal. *In: Ecología forestal, obra colectiva presentada por P. Pesson*. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 119-132.
- Cannon, P. G. 1980. Efecto de la aplicación de diferentes niveles de Boraz y N, P y K (10-30-10) en el crecimiento de *Cupressus lusitanica* al año de su establecimiento. Informe de Investigación Forestal. No. 55. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 5 p.
- Cannon, P. G. 1982. Efecto del tamaño inicial de plántulas de *E. camaldulensis* en la supervivencia y crecimiento inicial. Informe de Investigación Forestal. No. 68. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 5 p.
- Capó A., M. A. 2002. Establecimiento de plantaciones forestales: los ingredientes del éxito. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 207 p.
- Capó A., M. A. y M. Newton. 1991. Survival and growth of five species of pinus seedling alter different approaches to competition control: "Bridging" studies between Oregon and México. *New Forests*. 5: 219-238.
- Carrillo, F. A., M. Musalem., A. Muñoz. y C. Mendoza. 1998. Influencia de la época, edad de la planta y sistema de plantación en la sobrevivencia de plantas de *Pinus montezumae* Lamb. *Agrociencia* 72: 41-54.
- Cetina A., V.M., V. A. González M. y J. J. Vargas H. 1999. El manejo en vivero de *Pinus greggii* Engelm. y la calidad de la planta. *Agrociencia* 33(4): 42-45.

- Cetnal. 1977. Carta topografica. G14C35. San Antonio de las Alazanas. Coahuila. Escala 1:50000. Segunda edición. Secretaria de la Presidencia.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México. Estudio del país, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad. México. 341 p.
- CONABIO. 2000. Regiones prioritarias de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de las Biodiversidad. México. pp. 345-348.
- Cornejo O., E. H. 1987. Aspectos ecológicos y dasonómicos del bosque de *Pseudotsuga*, *Pinus* y *Abies* en la sierra la Marta, Arteaga, Coah. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 196 p.
- Cozzo, D. 1995. Silvicultura de plantaciones forestales maderables. Tomo I. Editorial S.R.L. Buenos Aires, Argentina. 438 p.
- Cleary, B. D., R. D. Greaves y P. W. Owston. 1978. Seedling. *In*: Regenerating Oregon Forest. (Cleary, B. D., Greaves R. D. y Hermann editors). Oregon State University Extensión Service. Corvallis, Oregon, USA. pp. 63-97.
- Czapowskyj, M. M. 1973. Establishing forest on surface-mined land as related to fertility and fertilization. *In*: Forest Fertilization Symposium Proceeding. USDA. Forest Service General Technical Report NE-3. USA. pp. 132-139.
- Durán E. L. 2003. Respuesta a la fertilización de cinco especies de coníferas bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 139 p.
- Duryea, M. L. y G.N. Brown. 1984. Seedling physiology and reforestation success. *In*: Proceeding of the physiology working group technical session. Society of American Foresters National Convention, Portland, Oregon, USA. pp. 76-114.
- Devorak, W. S. y J.K. Donahue. 1992. reseña de investigaciones 1980-1992. CAMCORE. Cooperativa de Recursos de Coníferas de Centroamérica y México. Departamento Forestal. Colegio de Recursos Forestales. Universidad Estatal de Carolina del Norte. USA. pp. 26-27.

- FAO. 1978. Tecnicas de establecimiento de plantaciones forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. FAO Dirección de Recursos Forestales Departamento de Montes. Roma, Italia. 206 p.
- Flinta, C. M. 1960. Elección de especies para la plantación forestal. Prácticas de plantaciones forestales en América Latina. Forestal de la FAO. Cuaderno de Fomento Forestal No. 15. México. pp. 163-193.
- Garcia, 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. Tercera Edición. Editorial Larrios. México. 71 p.
- Gunia, S. 1976. Mineral nutrition. Outline of physiology of scocht pine. U.S.D.A. and the National Science Foundation, Washington, D.C. USA. pp. 121-141.
- Grossnickle, S. C. y R. S. Folk. 1993. Stock Quality Assessment: Forecasting survival of performance on a reforestation site. Tree Planters Notes. Research Scientists, Forest Biotechnology Centre B.C. Research Inc., USA. Bristish Columbia. U.S.A. pp. 113-121.
- Jardel P., E. J. 1997. Plantaciones y politica forestal en México. Bosques y plantaciones forestales. Cuadernos Agrarios No. 14. Segunda edición. México. pp. 63-77.
- Jenkinson, J. L., J. A. Nelson y M. E. 1993. Improving planning stock quality – the Humboldt Experience. U.S.D.A. Forest Service. USA. 219 p.
- Ladrach, W. E. y B.J. Zobel. 1986. Aspectos políticos, económicos y biológicos de la reforestación colombiana con especies exóticas. Informe de Investigación Forestal. No. 36. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 10 p.
- Layseca T., M. 1997. Plantaciones forestales comerciales. Bosques y plantaciones forestales. Cuadernos Agrarios. No. 14. Segunda Edición. México. pp. 16-24.
- López L., M. 1997. Variación de la densidad de la madera de *Pinus greggii* Engelm en el Norte de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coah. 68 p.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda Edición. Ediciones Botas. México. 431 p.
- Masera R., O., M. Bellon R. y G. Segura. 1995. Forest management option for sequestering carbon in México. Biomass and Bioenergy. 8 (6): 357-367.

- Malan, S. F. 1994. The wood properties and quality of *Pinus pringle* Shaw and *Pinus greggii* Engelm. Compared with that of *Pinus patula* and *Pinus elliottii* Grown in South Africa. División of Forest Science and Technology. SCIRD. U.S.A. pp. 43-52.
- 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. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 89 p.
- Nájera C., J. A. 2000. Efectos de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de *Abies-Pseudotsuga-Pinus*, en Arteaga, Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 173 p.
- Nienstaedt, H. 1990. Selección de especies y procedencias *In*: Memoria mejoramiento genético y plantaciones forestales. Boletín Técnico No. 4. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, México. 273 p.
- Perry Jr., J. P. 1991. The pines of México and Central América. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, USA. 563 p.
- Raghavendra, A. S. 1991. Growth and nutrition of tree seedling. Physiology of trees. A Wiley-Interscience publication John Wiley Sons, Inc. USA. pp. 199-219.
- Reyna O., E. M. 1998. Regeneración natural de coníferas en el área incendiada en 1973, en la Sierra la Marta, Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 101 p.
- SEMARNAP. 1998. Programa de restauración de áreas afectadas por los incendios forestales en el Municipio de Arteaga, Coahuila. Saltillo, Coah. 48 p.
- SEMARNAP. 1999. Anuario estadístico de la producción forestal. Primera edición. México. 144 p.
- SEMARNAT. 2002. NOM-059-SEMARNAT-2001. Protección ambiental-categoría de riesgo y especificaciones para inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 6 de marzo de 2002. Segunda sección. Mexico.

- Smith, W. H. 1870. Mineral deficiencias and excesses. Thee pathology. A short introduction the mechanisms and control of phathological stresses of forest trees. Academic Press. New York, San Francisco, USA. pp. 43-51.
- Tarrant, R. F. y R.R. Silen. 1966. Growth and nutrient uptake of irrigated young ponderosa pine alter fertilizar treatments. Soil Sci. Soc. Ame. Proc. 30: 796-799.
- Trujillo S., R. 1995. Evaluación de crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. *Pinus Halepensis* Mill. y *Pinus eldarica* Medw. a 93 meses de establecida la plantación en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 47 p.
- Yawney, H. W. y R. S. Walters. 1973. Special forest crops and forest fertilization. In: Forest Fertilization Symposium Proceeding. USDA. Forest Service General Technical Report NE-3. USA. pp. 122-131.

## APENDICE

Cuadro A.1. Análisis de varianza de la variable sobrevivencia

Especie	Sitios de Plantación																		
	Mesa de las Tablas							Zorrillo							Hondable				
	FV	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F
<i>Abies vejari</i>	Bloque	2	1534.14	767.07	1.25	ns	0.35	2	937.50	468.75	1.00	ns	0.42	2	60.51	30.25	0.07	ns	
	Tratamiento	3	5474.99	1824.99	2.98	ns	0.11	3	956.25	318.75	0.68	ns	0.59	3	5483.22	1827.74	4.16	ns	
	error	6	3674.07	612.34				6	2812.50	468.75				6	2638.25	439.70			
<i>Pinus ayacahuite</i>	Bloque	2	521.64	260.82	1.00	ns	0.42	2	150.00	75.00	0.43	ns	0.66	2	1728.73	864.36	5.35	*	0.04
	Tratamiento	3	5324.99	1774.99	6.81	*	0.02	3	1425.00	475.00	2.71	ns	0.13	3	3856.93	1285.64	7.95	*	0.01
	error	6	1564.93	260.82				6	1050.00	175.00				6	970.03	161.67			
<i>Pinus cembroides</i>	Bloque	2	214.55	107.27	1.00	Ns	0.82	2	487.50	243.75	1.16	ns	0.34	2	1343.59	671.79	2.44	ns	0.16
	Tratamiento	3	9115.01	3038.33	28.32	ns	0.28	3	1256.25	418.75	2.16	ns	0.19	3	7355.56	2451.85	8.89	*	0.01
	error	6	643.66	107.27				6	1162.50	2906.25				6	1655.17	275.86			
<i>Pinus greggii</i>	Bloque	2	150.00	75.00	0.20	ns	0.82	2	450.00	225.00	1.80	ns	0.24	2	699.00	349.50	0.37	ns	0.70
	Tratamiento	3	1800.00	600.00	1.60	ns	0.28	3	825.00	275.00	2.20	ns	0.18	3	1688.03	562.67	0.60	ns	0.64
	error	6	2250.00	375.00				6	750.00	125.00				6	5656.47	477.40			
<i>Pinus pinceana</i>	Bloque	2	30.10	15.05	0.06	ns	0.93	2	279.41	139.70	0.19	ns	0.83	2	37.50	18.75	0.43		0.66
	Tratamiento	3	8105.56	2701.85	11.35	**	0.006	3	3427.20	1142.40	1.56	ns	0.29	3	3956.25	1318.75	30.14	**	0.0005
	error	6	1428.11	238.01				6	4397.70	732.95				6	262.50	4256.25			

Donde: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; FC= F calculada; S= probabilidad de significancia; \*\*= Nivel de significancia 0.01; \*=Nivel de significancia al 0.05.

Cuadro A.2. Análisis de varianza de la variable altura

Especie	Sitios de Plantación																		
	Mesa de las Tablas							Zorrillo						Hondable					
	FV	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F
<i>Abies vejari</i>	Bloque	2	47.27	23.63	2.14	ns	0.37	2	75.51	37.75	7.30	*	0.02	2	140.76	70.38	2.10	ns	0.26
	Tratamiento	3	454.13	151.37	7.71	*	0.02	3	1248.44	416.14	80.47	**	0.0001	3	600.23	200.07	5.97	ns	0.08
	error	5	98.15	19.63				6	31.02	5.17				3	100.54	33.51			
<i>Pinus ayacahuite</i>	Bloque	2	38.17	19.08	3.79	ns	0.09	2	2.48	1.24	0.34	ns	0.72	2	20.81	10.40	0.49	ns	0.64
	Tratamiento	3	279.28	93.09	18.47	**	0.003	3	242.43	80.81	21.86	**	0.001	3	448.29	149.43	6.97	*	0.04
	error	5	25.20	5.04				6	22.17	3.69				4	85.79	21.44			
<i>Pinus cembroides</i>	Bloque	2	134.57	67.28	1.17	ns	0.38	2	24.18	12.09	2.12	ns	0.20	2	89.43	44.71	1.27	ns	0.35
	Tratamiento	3	829.93	276.64	21.23	**	0.0028	3	1703.18	567.72	99.67	**	0.0001	3	884.64	294.88	8.39	*	0.02
	error	5	65.15	13.03				6	34.17	5.69				5	175.75	35.15			
<i>Pinus greggii</i>	Bloque	2	56.10	28.05	0.42	ns	0.67	2	37.93	18.96	0.62	ns	0.57	2	254.14	127.07	14.41	**	0.008
	Tratamiento	3	421.61	140.53	2.13	ns	0.19	3	2053.93	684.64	22.25	**	0.001	3	1667.19	555.73	63.02	**	0.0002
	error	6	396.17	66.02				6	184.58	30.76				5	44.08	8.81			
<i>Pinus pinceana</i>	Bloque	2	51.85	25.92	2.39	ns	0.18	2	35.37	17.68	0.87	ns	0.47	2	30.43	15.21	0.40	ns	0.68
	Tratamiento	3	793.27	264.42	24.42	**	0.002	3	1152.15	384.05	18.85	**	0.003	3	1545.85	515.28	13.56	**	0.004
	error	5	54.15	10.83				5	101.84					6	227.93	37.98			

Donde: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; FC= F calculada; S= probabilidad de significancia; \*\*= Nivel de significancia 0.01; \*=Nivel de significancia al 0.05.

Cuadro A.3. Análisis de varianza de la variable incremento absoluto de la altura

Especie	Sitios de Plantación																		
	Mesa de las Tablas							Zorrillo						Hondable					
	FV	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F
<i>Abies vejari</i>	Bloque	2	13.45	6.72	0.16	ns	0.85	2	79.96	39.98	23.36	**	0.001	2	64.26	32.13	1.44	ns	0.36
	Tratamiento	3	105.31	35.10	0.86	ns	0.52	3	299.07	99.69	58.24	**	0.0001	3	223.19	74.39	3.32	ns	0.17
	error	5	205.28	41.05				6	10.27	1.71				3	67.15	22.38			
<i>Pinus ayacahuite</i>	Bloque	2	4.23	2.11	0.33	ns	0.73	2	6.09	3.04	1.03	ns	0.41	2	0.76	0.38	0.02	ns	0.97
	Tratamiento	3	31.61	10.53	1.66	ns	0.28	3	9.92	3.30	1.12	ns	0.41	3	100.12	33.37	2.10	ns	0.24
	error	5	31.73	6.34				6	17.65	2.94				4	63.43	15.85			
<i>Pinus cembroides</i>	Bloque	2	3.18	1.59	0.30	ns	0.75	2	7.98	3.99	0.19	ns	0.83	2	8.00	4.00	0.26	ns	0.77
	Tratamiento	3	8.97	2.99	0.57	ns	0.66	3	71.94	23.98	1.11	ns	0.41	3	194.90	64.96	4.29	ns	0.07
	error	5	26.15	5.23				6	129.21	21.53				5	75.76	15.15			
<i>Pinus greggii</i>	Bloque	2	39.53	19.76	0.34	ns	0.72	2	80.09	40.04	0.80	ns	0.49	2	187.40	93.70	7.93	*	0.02
	Tratamiento	3	221.41	73.80	1.27	ns	0.36	3	1555.75	518.58	10.36	**	0.008	3	1128.61	376.20	31.84	**	0.001
	error	6	348.62	58.10				6	300.33	50.05				5	59.08	11.81			
<i>Pinus pinceana</i>	Bloque	2	2.48	1.24	0.21	ns	0.82	2	4.02	2.01	0.12	ns	0.88	2	3.95	1.07	0.08	ns	0.92
	Tratamiento	3	3.24	1.08	0.18	ns	0.90	3	37.55	12.51	0.78	ns	0.55	3	101.81	33.93	1.34	ns	0.34
	error	5	30.32	6.06				5	80.59	16.11				6	151.99				

Donde: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; FC= F calculada; S= probabilidad de significancia; \*\*= Nivel de significancia 0.01; \*=Nivel de significancia al 0.05.

Cuadro A.4. Análisis de varianza de la variable incremento relativo de la altura

Especie	Sitios de Plantación																		
	Mesa de las Tablas							Zorrillo						Hondable					
	FV	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	G	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F
<i>Abies vejari</i>	Bloque	2	985.91	492.95	0.10	ns	0.90	2	4700.01	2350.00	3.41	ns	0.10	2	2326.24	1163.12	0.26	ns	0.78
	Tratamiento	3	2164.47	721.49	0.15	ns	0.92	3	2130.29	710.09	1.04	ns	0.44	3	3097.71	1032.57	0.23	ns	0.86
	error	5	23600.12	4720.50				6	4136.89	689.48				3	13196.05	4398.68			
<i>Pinus ayacahuite</i>	Bloque	2	143.58	71.791	0.23	ns	0.80	2	399.16	199.58	1.44	ns	0.30	2	7.41	3.70	0.01	ns	0.99
	Tratamiento	3	2795.00	931.66	2.98	ns	0.13	3	207.24	69.08	0.50	ns	0.69	3	1712.35	570.78	1.37	ns	0.37
	error	5	1563.23	312.64				6	828.95	138.15				4	1661.92	415.48			
<i>Pinus cembroides</i>	Bloque	2	949.29	474.64	19.73	**	0.004	2	5969.44	2984.72	1.48	ns	0.30	2	14.50	7.25	0.03	ns	0.97
	Tratamiento	3	6893.44	2297.81	95.53	**	0.0001	3	4816.54	1605.51	0.80	ns	0.53	3	1093.05	364.35	1.44	ns	0.33
	error	5	120.26	24.05				6	12105.93	2017.65				5	1268.84	253.76			
<i>Pinus greggii</i>	Bloque	2	1504.67	752.33	0.56	ns	0.59	2	4408.13	2204.06	1.07	ns	0.39	2	2793.76	1396.88	2.23	ns	0.20
	Tratamiento	3	4882.63	1627.54	1.22	ns	0.38	3	28197	9399.04	4.57	*	0.05	3	11306.18	3768.72	6.01	*	0.04
	error	6	8022.41	1337.06				6	12337.71	2056.28				5	3136.67	627.33			
<i>Pinus pinceana</i>	Bloque	2	398.37	199.18	2.31	ns	0.19	2	1161.69	580.84	1.14	ns	0.39	2	56.56	28.28	0.07		0.92
	Tratamiento	3	4011.02	1337.00	15.48	**	0.005	3	2017.05	672.35	1.32	ns	0.36	3	1552.57	517.52	1.35		0.34
	error	5	4409.39					5	2551.11	510.22				6	2305.82	384.30			

Donde: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; FC= F calculada; S= probabilidad de significancia; \*\*= Nivel de significancia 0.01; \*=Nivel de significancia al 0.05.

Cuadro A.5. Análisis de varianza de la variable diámetro

Especie	Sitios de Plantación																		
	Mesa de las Tablas							Zorrillo							Hondable				
	FV	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F
<i>Abies vejari</i>	Bloque	2	0.48	0.24	4.53	ns	0.07	2	0.04	0.02	1.07	ns	0.40	2	0.04	0.02	2.65	ns	0.21
	Tratamiento	3	0.25	0.08	1.57	ns	0.30	3	0.93	0.31	13.73	**	0.004	3	0.20	0.06	8.16	*	0.05
	error	5	0.26	0.05				6	0.13	0.02				3	0.02				
<i>Pinus ayacahuite</i>	Bloque	2	0.07	0.03	14.79	**	0.008	2	0.01	0.00	1.07	ns	0.39	2	0.08	0.04	7.82	*	0.04
	Tratamiento	3	0.23	0.07	31.13	**	0.001	3	0.27	0.09	10.96	**	0.007	3	0.21	0.07	13.05	**	0.01
	error	5	0.31	0.00				6	0.05	0.00				4	0.02	0.01			
<i>Pinus cembroides</i>	Bloque	2	0.16	0.08	1.45	ns	0.31	2	0.00	0.00	0.09	ns	0.91	2	0.05	0.02	0.84	ns	0.47
	Tratamiento	3	0.54	0.18	3.30	ns	0.11	3	1.32	0.44	16.88	**	0.002	3	0.36	0.12	3.59	ns	0.10
	error	5	0.27	0.05				6	0.15	0.02				5	0.16	0.03			
<i>Pinus greggii</i>	Bloque	2	0.00	0.00	0.04	ns	0.96	2	0.01	0.01	0.26	ns	0.77	2	0.14	0.07	1.77	ns	0.26
	Tratamiento	3	0.59	0.19	5.94	*	0.03	3	1.89	0.63	20.56	**	0.001	3	0.84	0.28	7.04	*	0.03
	error	6	0.19	0.03				6	0.18	0.03				5	0.19	0.03			
<i>Pinus pinceana</i>	Bloque	2	0.14	0.07	4.00	ns	0.09	2	0.23	0.11	8.85	ns	0.08	2	0.07	0.03	1.06	ns	0.40
	Tratamiento	3	0.67	0.22	12.27	**	0.0096	3	0.43	0.14	11.07	**	0.01	3	0.86	0.28	8.33	**	0.01
	error	5	0.09	0.01				5	0.06	0.01					0.20	0.03			

Donde: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; FC= F calculada; S= probabilidad de significancia; \*\*= Nivel de significancia 0.01; \*=Nivel de significancia al 0.05.

Cuadro A.6. Análisis de varianza de la variable incremento absoluto del diámetro

Especie	Sitios de Plantación																		
	Mesa de las Tablas							Zorrillo							Hondable				
	FV	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F
<i>Abies vejari</i>	Bloque	2	0.20	0.10	2.22	ns	0.20	2	0.02	0.01	0.66	ns	0.54	2	0.01	0.00	0.54	ns	0.63
	Tratamiento	3	0.16	0.05	1.20	ns	0.40	3	0.14	0.04	2.73	ns	0.13	3	0.01	0.00	0.31	ns	0.81
	error	5	0.23	0.04				6	0.10	0.01				3	0.03	0.01			
<i>Pinus ayacahuite</i>	Bloque	2	0.02	0.01	22.49	**	0.003	2	0.02	0.01	1.99	ns	0.21	2	0.03	0.01	18.80	**	0.009
	Tratamiento	3	0.01	0.00	6.34	*	0.03	3	0.01	0.00	0.61	ns	0.63	3	0.00	0.00	1.46	ns	0.35
	error	5	0.00	0.00				6	0.03	0.00				4	0.00	0.00			
<i>Pinus cembroides</i>	Bloque	2	0.04	0.02	0.59	ns	0.58	2	0.00	0.00	0.12	ns	0.89	2	0.06	0.03	1.51	ns	0.30
	Tratamiento	3	0.09	0.03	0.90	ns	0.50	3	0.18	0.06	2.33	ns	0.17	3	0.02	0.01	0.40	ns	0.76
	error	5	0.18	0.03				6	0.15	0.02				5	0.11	0.02			
<i>Pinus greggii</i>	Bloque	2	0.00	0.01	0.01	ns	0.99	2	0.01	0.00	0.21	ns	0.81	2	0.06	0.03	0.96	ns	0.44
	Tratamiento	3	0.05	0.01	1.17	ns	0.11	3	0.90	0.30	10.34	**	0.008	3	0.39	0.13	4.01	ns	0.08
	error	6	0.02	0.00				6	0.17	0.02				5	0.16	0.03			
<i>Pinus pinceana</i>	Bloque	2	0.02	0.01	2.98	ns	0.14	2	0.05	0.02	2.59	ns	0.16	2	0.06	0.03	2.29	ns	0.18
	Tratamiento	3	0.05	0.01	3.45	ns	0.10	3	0.03	0.01	1.07	ns	0.44	3	0.19	0.06	4.62	*	0.05
	error	5	0.02	0.00				5	0.05	0.01				6	0.08	0.01			

Donde: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; FC= F calculada; S= probabilidad de significancia; \*\*= Nivel de significancia 0.01; \*=Nivel de significancia al 0.05.

Cuadro A.7. Análisis de varianza de la variable incremento relativo del diámetro

Especie	Sitios de Plantación																		
	Mesa de las Tablas							Zorrillo						Hondable					
	FV	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F	GL	SC	CME	FC	S	Pr≥F
<i>Abies vejari</i>	Bloque	2	5202.01	2601.00	0.79	ns	0.50	2	1395.69	697.84	0.84	ns	0.48	2	327.48	163.74	0.24	ns	0.80
	Tratamiento	3	13168.50	4389.50	1.34	ns	0.36	3	5070.50	1690.17	2.03	ns	0.21	3	2241.46	747.15	1.08	ns	0.48
	error	5	16378.26	3275.65				6	4997.40	832.90				3	2074.75	691.58			
<i>Pinus ayacahuite</i>	Bloque	2	642.99	321.50	6.43	*	0.04	2	1536.97	768.49	1.59	ns	0.28	2	496.16	248.08	3.03	ns	0.16
	Tratamiento	3	707.08	235.69	4.71	ns	0.06	3	935.92	311.97	0.65	ns	0.61	3	288.21	96.07	1.17	ns	0.42
	error	5	250.15	50.03				6	2900.66	483.44				4	327.66	81.92			
<i>Pinus cembroides</i>	Bloque	2	493.81	246.91	0.15	ns	0.86	2	67.44	33.72	0.02	ns	0.98	2	4204.61	2102.30	2.52	ns	0.18
	Tratamiento	3	1861.80	620.60	0.39	ns	0.77	3	4896.67	1632.22	1.16	ns	0.40	3	5337.56	1779.19	2.13	ns	0.21
	error	5	8027.92	1605.58				6	8475.51	1412.25				5	4175.44	835.09			
<i>Pinus greggii</i>	Bloque	2	430.80	215.41	0.19	ns	0.83	2	1392.31	696.16	0.32	ns	0.74	2	596.14	298.07	0.20	ns	0.82
	Tratamiento	3	1605.09	535.03	0.48	ns	0.71	3	11194.74	3731.58	1.70	ns	0.27	3	5359.63	1786.54	1.18	ns	0.21
	error	6	6710.29	1118.38				6						5	7542.04	1508.40			
<i>Pinus pinceana</i>	Bloque	2	161.40	80.70	0.39	ns	0.70	2	1118.37	559.19	0.41	ns	0.69	2	1703.81	851.91	4.45	ns	0.06
	Tratamiento	3	203.06	67.69	0.33	ns	0.81	3	5629.77	1876.59	1.37	ns	0.35	3	1426.64	475.55	2.45	ns	0.16
	error	5	1034.88	206.98				5	6870.39	1374.08				6	1147.62	191.27			

Donde: FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; FC= F calculada; S= probabilidad de significancia; \*\*= Nivel de significancia 0.01; \*=Nivel de significancia al 0.05.