

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Adaptación de Cinco Especies de Coníferas en la Sierra de Arteaga, Coahuila

Por:

JUAN GARCÍA PEÑA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Adaptación de Cinco Especies de Coníferas en la Sierra de Arteaga, Coahuila

Por:

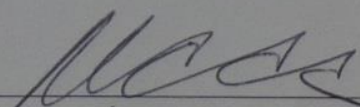
JUAN GARCÍA PEÑA

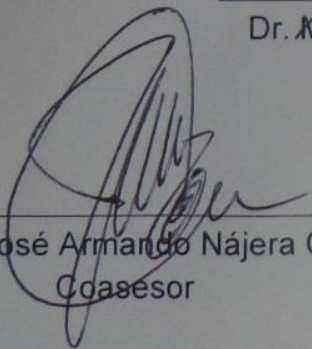
TESIS

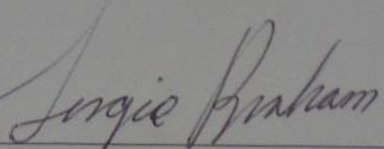
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

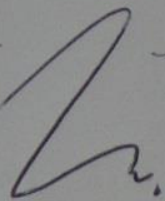
INGENIERO FORESTAL

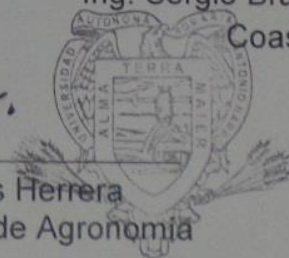
Aprobada


Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga
Asesor Principal


M.C. José Armando Nájera Castro
Coasesor


Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2014

DEDICATORIA

A DIOS por haberme escogido para vivir en este hermoso mundo y por permitirme llegar hasta este día. Sembraste la semilla del bien en mí y sé que esto es lo que quisiste para mí, así mismo confío en que nunca me soltarás de tu mano y velarás porque yo desempeñe un buen trabajo, siempre en pro de mis semejantes.

A MI MADRE Rosa Peña Hernández, por permitirme llegar a este mundo y vivir bajo tus cuidados, sin dejarte vencer por las adversidades y por dar lo mejor de ti para que yo fuera lo que ahora soy. Tu amor, tu actitud responsable y tu humildad han sido las mejores enseñanzas que he recibido a lo largo de mis 25 años; cualidades que me permitieron concluir satisfactoriamente mis estudios profesionales. Te Quiero Mucho Mamita y siempre te llevo en mi mente y corazón. Dios te bendiga y te conceda vivir muchos años más.

A MI PADRE Cliserio García Azpeitia, por todo tu esfuerzo y dedicación realizados a lo largo de mis primeros años, por cuidarme y tratar de mostrarme el mejor camino de la vida, gracias por darme la libertad de elegir mi propio destino y por todo el amor que me has tenido desde el día en que di mi primer respiro. Hoy sabes que tu esfuerzo no ha sido en vano. ¡Te Quiero Mucho Papá! Dios te bendiga siempre y te guarde a mi lado muchos años más.

A MIS HERMANOS: Víctor Manuel (+), María Isabel, Irene, Jesabel, Judith, Cliserio, Cecilia, Vicente, Margarita y Rosa María, con profundo agradecimiento por todo el apoyo que me han brindado y por ese amor que, en las buenas y en las malas, jamás ha de separarnos, muchas gracias por ser mis hermanos ¡Dios los bendiga siempre! Especialmente para Víctor Manuel, que aunque ya no nos acompaña en este mundo, allá en algún lugar del cielo sé que se encuentra orgulloso de mí, él es parte de este logro; de él aprendí mucho y le agradezco por todo lo que me brindó. ¡Te Quiero Mucho “tito”!

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi segunda madre, mi segunda casa, por ser una institución noble, por abrirme las puertas del conocimiento y haberme formado como profesionista. ¡ALMA TERRA MATER!

A mi asesor principal de tesis el Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga de quien, sin conocerme, desde un principio recibí su apoyo incondicional y confianza, usted es parte fundamental de este logro y hoy le agradezco infinitamente por toda su atención a lo largo de estos cinco años, así como por los conocimientos que me brindó y su dedicación en la elaboración de la tesis. ¡Mil Gracias Doctor!

A mis coasesores de tesis el M.C. José Armando Nájera Castro y el Ing. Sergio Braham Sabag por haberme brindado parte de sus valiosos conocimientos y su tiempo en la elaboración de este trabajo final.

A mis amigas y amigos Zita María Salazar Durán, M.C. Maricela Benítez Benítez, M.C. Birmania Muñoz, Ing. Miguel Briseño De León, Ing. Gil Cabrera y el Sr. Miguel Sosa, que de alguna manera me brindaron su apoyo durante mi estancia en la UAAAN y en la realización de la tesis.

A mis padres, mis abuelos, tíos, hermanos y cuñados, especialmente a mi hermana la Ing. Irene García Peña y su esposo el Ing. Jorge Luis Cuevas Hernández por su incondicional apoyo económico y moral, y por haber confiado en mí para que yo pudiera lograr mis estudios profesionales.

A mis amigas y amigos, de generación y carrera, Gabriela Melina Lira Leal, Patricia Fernández Guzmán, Rosa Linda Mondragón Sánchez, Aníbal Presteguí Santos, Enrique Eguiluz Pedraza, Jorge Yair Palma Zárate, Juan Estrada García, Jesús Ángel López Sánchez, Rodrigo Montoya Vázquez, José Luis Pérez Díaz, Nazaret Hernández Patricio y demás compañeros.

A mis “jóvenes”, (compañeros de cuarto en los dormitorios “El Porfirio” #20) Jesús Emmanuel Martínez Acosta, Luis Alberto Martínez Rodríguez, Erick Serrano Badillo y mi amigo Hugo Sánchez Ruíz, por haberme brindado su apoyo y amistad, y por haberme aguantado durante el tiempo en que convivimos juntos. ¡Échenle ganas “pelaos”, no teman!

A todos mis maestros que, desde el Jardín de Niños, Primaria, Secundaria, Bachillerato y Universidad, aportaron parte de sus conocimientos para ir dando forma a mi saber, cada uno de ustedes son un pedacito de mis conocimientos; por esto y más, hoy agradezco aquél regaño y aquella sanción que me dieron por alguna falta a mis deberes de estudiante. Mil gracias por todo y que Dios los bendiga siempre.

A Ana Laura Heredia Rodríguez, por todo el apoyo incondicional y por haberme regalado parte de tu tiempo, comprensión, cariño, amor y amistad durante mis últimos meses en la Universidad, Dios te bendiga y te permita alcanzar todos tus anhelos, ¡Gracias por todo!

A mis amigas y amigos del bello pueblo de Caxuxí M. V. Z. Eder Aguilar García y su esposa Licda. Brenda Gutiérrez Cortés, al Lic. Basilio Peña, Lic. Gustavo Verde García e Ing. Lorenzo Martínez García que, a pesar del tiempo y la distancia, siempre estuvieron al pendiente y con sus palabras me alentaban a continuar de pie para prevalecer siempre perseverante y dando lo mejor de mí hasta lograr el objetivo: el título de Ingeniero. Gracias por todo, ustedes son parte de esto.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia del estudio	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Hipótesis	3
1.5 Pregunta de investigación	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Caracterización de la Sierra de Arteaga, Coahuila	4
2.2 Plantaciones	4
2.3 Importancia de la fertilización	5
2.4 Elementos esenciales	6
2.5 Estudios realizados	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 Características generales del área de estudio	10
3.1.1 Localización geográfica.....	10
3.1.2 Topografía.....	10
3.1.3 Geología y suelos.....	10
3.1.4 Hidrología superficial.....	11
3.1.5 Clima.....	11
3.1.6 Vegetación	11
3.2 Superficie afectada por el incendio en el año 1998	12
3.3 Descripción de los tres sitios de plantación	12
3.3.1 Mesa de las tablas	12
3.3.2 El Hondable.....	13
3.3.3 El Zorrillo.....	14
3.4 Establecimiento de la plantación	17

3.5	Diseño experimental.....	17
3.6	Mediciones de variables dendrométricas.....	19
IV.	RESULTADOS	20
4.1	Localidad Mesa de las tablas.....	21
4.1.1	Sobrevivencia	21
4.1.2	Altura	23
4.1.3	Diámetro	24
4.1.4	Cobertura	25
4.2	Localidad El Hondable	26
4.2.1	Sobrevivencia	26
4.2.2	Altura	27
4.2.3	Diámetro	28
4.2.4	Cobertura	29
4.3	Localidad El Zorrillo	30
4.3.1	Sobrevivencia	30
4.3.2	Altura	31
4.3.3	Diámetro	31
4.3.4	Cobertura	32
V.	CONCLUSIONES GENERALES Y DISCUSIÓN	33
5.1	Especies	33
5.2	Tratamientos	35
5.3	Localidades	38
VI.	RECOMENDACIONES	41
VII.	LITERATURA CITADA	42
VIII.	APÉNDICE	47

INDICE DE CUADROS

	Página
Tabla 1. La función de los elementos mayores y menores en la nutrición de las plantas.	7
Tabla 2. Ubicación geográfica de los sitios de plantación.	15
Tabla 3. Formulación (N-P-K) de los fertilizantes utilizados.	17
Tabla 4. Resultados de significancia estadística de las variables sobrevivencia, altura, diámetro y cobertura; por especie, por localidad, por tratamiento de fertilización y por interacción entre especies y tratamientos de fertilización.	20
Tabla 5. Especies y tratamientos de fertilización que mostraron valores mayores en las variables sobrevivencia, altura, diámetro y cobertura, por localidad.	21

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de los sitios de plantación	16
Figura 2. Distribución de las especies y tratamientos de fertilización	18
Figura 3. Localidad Mesa de las tablas, sobrevivencia por especie	22
Figura 4. Localidad Mesa de las tablas, sobrevivencia por tratamiento.....	22
Figura 5. Localidad Mesa de las tablas, altura promedio por especie	23
Figura 6. Localidad Mesa de las tablas, altura promedio por tratamiento.....	23
Figura 7. Localidad Mesa de las tablas, diámetro promedio por especie	24
Figura 8. Localidad Mesa de las tablas, diámetro promedio por tratamiento....	24
Figura 9. Localidad Mesa de las tablas, cobertura promedio por especie	25
Figura 10. Localidad Mesa de las tablas, cobertura promedio por tratamiento. 25	
Figura 11. Localidad El Hondable, sobrevivencia por especie.....	26
Figura 12. Localidad El Hondable, sobrevivencia por tratamiento	26
Figura 13. Localidad El Hondable, altura promedio por especie.....	27
Figura 14. Localidad El Hondable, altura promedio por tratamiento	27
Figura 15. Localidad El Hondable, diámetro promedio por especie.....	28
Figura 16. Localidad El Hondable, diámetro promedio por tratamiento	28
Figura 17. Localidad El Hondable, cobertura promedio por especie.....	29
Figura 18. Localidad El Hondable, cobertura promedio por tratamiento	29
Figura 19. Localidad El Zorrillo, sobrevivencia por especie	30
Figura 20. Localidad El Zorrillo, porcentaje de sobrevivencia por tratamiento..	30
Figura 21. Localidad El Zorrillo, altura promedio por especie	31
Figura 22. Localidad El Zorrillo, diámetro promedio por especie	31
Figura 23. Localidad El Zorrillo, cobertura promedio por especie	32

RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue determinar la sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de coníferas (*Pinus pinceana* Gordon., *Pinus greggii* Engelm., *Abies vejari* Martinez, *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus ayacahuite* var. *Brachyptera* Shaw.). La plantación fue realizada en tres sitios diferentes de la Sierra de Arteaga, Coahuila (sitio 1 Mesa de las tablas, sitio 2 El Hondable y sitio 3 El Zorrillo), después del incendio ocurrido en el año 1998, cada sitio se dividió en 120 bloques y en cada bloque se plantaron 4 plantas de la misma especie, las variables de estudio fueron sobrevivencia, altura, diámetro basal y cobertura de copa. La toma de datos se realizó en febrero de 2014.

En el análisis de varianza realizado para la variable sobrevivencia se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre especies en cada una de las localidades, siendo *P. cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii* las de mayor sobrevivencia.

El análisis de varianza realizado para las variables altura, diámetro y cobertura de copa arrojó diferencias estadísticas altamente significativas entre especies en cada una de las localidades.

De acuerdo a los resultados del ANVA y comparación de medias de Tukey, *Pinus greggii* fue la especie que mostró mayores valores en altura, diámetro y cobertura en las tres localidades.

De acuerdo a los resultados del ANVA y comparación de medias de Tukey, los tratamientos de fertilización en vivero con Osmocote, Plantex y Micromódulos fueron los que mostraron mayores valores en sobrevivencia, altura, diámetro y cobertura en al menos dos localidades.

Palabras clave: Adaptación, Sobrevivencia, Crecimiento, Altura, Diámetro, Cobertura, ANVA, Coníferas, *Pinus pinceana* Gordon., *Pinus greggii* Engelm., *Abies vejari* Martinez, *Pinus cembroides* Zucc. y *Pinus ayacahuite* var. *Brachyptera* Shaw.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del estudio

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 a vegetación de zonas áridas, 4.2 millones a 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 de m³ rollo, en segundo lugar está el encino con 693 mil y otras latifoliadas con 126 mil (SEMARNAP, 1999).

De manera que los bosques y selvas, son el soporte del inmenso patrimonio biológico de México y fuente de un flujo valiosísimo de bienes y servicios ambientales. Esta biodiversidad se ha reducido continuamente como consecuencia de la deforestación en el país, pues se pierden un promedio de 668 mil hectáreas de bosques y selvas anualmente. En la Sierra de Arteaga, Coah., la pérdida de cubierta vegetal en los bosques se debe en un 50% a los incendios forestales, 28% a la ganadería y 17% a la agricultura (Maserá *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 (SEMARNAT, 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 vistas a recuperar las áreas forestales afectadas por los incendios en la Sierra de Arteaga, Coahuila, se decidió realizar la presente investigación con el fin de determinar las especies más adecuadas que pueden asegurar una mayor

sobrevivencia y crecimiento y tener éxito en los programas de reforestación en las condiciones del terreno.

El presente trabajo se realizó para determinar los efectos de los factores especie, tratamiento de fertilización y sitio de plantación en cinco especies, cuatro tratamientos y tres sitios de plantación en la sierra de Arteaga, Coahuila, todo 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 que posteriormente es utilizada en los sitios finales de plantación.

1.2 Planteamiento del problema

El estado de Coahuila cuenta con 192,250 ha. boscosas que representan el 1.28 % de la superficie territorial del estado; el 27.22 % de esa superficie arbolada se localiza en el municipio de Arteaga (SARH, 1985); en dicha región, los bosques han sido afectados por diversos agentes y factores naturales entre los que sobresale el fuego, el cual ocasiona grandes daños y pérdidas al bosque, sobre todo cuando se presenta con gran intensidad y frecuencia.

En la sierra de Arteaga, en 1998, ocurrió un incendio forestal que afectó 5,000 hectáreas, aproximadamente, donde se han hecho algunos intentos de reforestación en dicha área, pero algunos han fracasado debido a una inadecuada selección de las especies plantadas. Dado lo anterior, es necesario experimentar sobre la sobrevivencia y crecimiento bajo las condiciones actuales de la Sierra de Arteaga para conocer cuáles son las especies de coníferas que se podrían utilizar y recomendar para hacer una reforestación en esta área.

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

1.3 Objetivos

General:

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

Específicos:

- Estimar la calidad de los tres sitios para sostener a cada especie.
- Determinar cuál de las cinco especies es apta para cada sitio, y con qué tratamiento de fertilización debe ser apoyada en la etapa de vivero.

1.4 Hipótesis

Ho: No existen diferencias en sobrevivencia, crecimiento en altura, diámetro y cobertura a 15 años de establecida la plantación, en los tres sitios de la Sierra de Arteaga, Coah., en cinco especies de coníferas que recibieron cuatro tratamientos de fertilización en vivero.

Ha: Al menos una especie o un tratamiento de fertilización aplicado en vivero tiene efecto en sobrevivencia, crecimiento en altura, diámetro y cobertura a 15 años de establecida la plantación, en los tres sitios de la Sierra de Arteaga, Coah., donde se plantaron cinco especies de coníferas que recibieron cuatro tratamientos de fertilización en vivero.

1.5 Pregunta de investigación

¿A 15 años de haber sido establecida la plantación de cinco especies de coníferas en sitios degradados por efecto del fuego, tendrá un estado satisfactorio de sobrevivencia y crecimiento?

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Caracterización de la Sierra de Arteaga, Coahuila

La Sierra de Arteaga, se ubica en el sureste del 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 regionales, destacando el *Pinus culminicola* y *Picea mexicana* (CONABIO, 2000).

Los suelos son someros, limitados por una capa continua cementada a profundidades variables (CONABIO, 2000).

Los principales problemas ambientales de la Sierra de Arteaga son los incendios forestales, la explotación forestal, el pastoreo y las cortas selectivas de las especies de interés comercial, así como el agotamiento de los recursos forestales, descenso del nivel freático y escorrentía , y deterioro de la vegetación y fauna por uso intensivo (CONABIO, 2000).

2.2 Plantaciones

Una vez que los ecosistemas forestales han sido afectados por un disturbio, al iniciar la sucesión secundaria y cuando 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).

2.3 Importancia de la fertilización

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).

Tisdale y Nelson (1982) mencionan que cada especie, sus variedades y aún individuos de una misma especie, tienen distintos requerimientos nutritivos y niveles de absorción; asimismo, que las concentraciones de los elementos pueden variar de acuerdo al componente de la planta (hojas, ramas, frutos, raíces), edad, posición de la planta (alta, central, baja), por estación (primavera, otoño) y con el clima (seco, húmedo).

El crecimiento y el desarrollo de las plantas de vivero se relacionan directamente con el valor nutritivo del suelo o del medio de cultivo utilizado en los recipientes en que se cultivan las plantas, tanto como con el vigor genético de las semillas sembradas (Venator y Liegel, 1985).

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

El fósforo (P), por su parte, es un elemento esencial para la división de las células y para el desarrollo de los tejidos meristemáticos. El fosfato parece

aumentar el tamaño de la hoja sin afectar su capacidad de transportar carbohidratos a las raíces.

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).

2.4 Elementos esenciales

Salisbury y Ross (1994), incluyen 13 elementos que se cree son esenciales para todas las angiospermas y gimnospermas, aunque de hecho solo se han investigado bien los requerimientos nutritivos de unas 100 especies (en su mayor parte cultivadas). Si se agregan oxígeno, hidrógeno, y carbono (provenientes del O₂, H₂O, y CO₂) se tiene un total de 16 elementos. Uno más, el Níquel, no se sabía que fuera esencial cuando se prepararon algunas fórmulas de soluciones nutritivas, pero en ellas siempre hubo níquel necesario, como contaminante en una o más de las sales utilizadas. Con estos 17 elementos y la luz solar, la mayoría de las plantas son capaces de sintetizar todos los compuestos que necesitan.

Los elementos nutritivos se denominan macro o micronutrientes, dependiendo de que las plantas utilicen mayores o menores cantidades. Casi el 95% de la biomasa vegetal (utilizando como base el peso seco) está formada por Carbono (C), Oxígeno (O) e Hidrógeno (H), elementos que abundan en la naturaleza en forma de bióxido de carbono y agua. El resto comprende una larga lista de elementos esenciales: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Azufre (S), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y cantidades insignificantes de Manganeso (Mn), Hierro (Fe), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y en algunos casos Boro (B) y Molibdeno (Mo). Cada uno de estos elementos presentará un patrón único de origen, transformaciones y disponibilidad para las plantas en diferentes condiciones ambientales, según Mengel y Kirkby (1982), citados por Binkley

(1993). La Tabla 1 completa la información sobre el papel bioquímico de los nutrientes.

Tabla 1. La función de los elementos mayores y menores en la nutrición de las plantas.

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

Fuente: Tisdale y Nelson (1982).

La ventaja de la fertilización es que puede mejorar la sobrevivencia 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 m³ ha año, en contraste con el bosque natural que apenas alcanza un incremento de 1.9 m³ ha año (Gunia, 1976; Bigg y Schalau, 1990; Raghavendra, 1991).

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 inactivan 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; Cannon, 1980; Bigg y Schalau, 1990).

2.5 Estudios realizados

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

Los ensayos de procedencias constituyen una poderosa herramienta para el silvicultor y mejorador de árboles, ya sea con fines de incrementar la producción maderable, de incorporar tierras improductivas a la producción, para la protección del suelo o simplemente para mejorar el ambiente y hacer atractivo un lugar determinado (Touzet, 1985).

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

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

Godínez (2005) al evaluar procedencias y progenies de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L. encontró un promedio de sobrevivencia de 48.3 %, en las variables altura y diámetro basal los promedio fueron 120.0 cm y 34.6 mm, respectivamente. Así mismo, menciona que el crecimiento en altura y diámetro de las especies forestales, como es el caso de *P. greggii*, está fuertemente influenciado por las condiciones climáticas y de calidad del sitio donde se realiza la plantación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características generales del área de estudio

3.1.1 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 el Ejido Mesa de las tablas, limitado por los paralelos 25° 15' 02" y 25° 17' 71" de latitud norte, y por los meridianos 100° 24' 94" y 100° 26' 63" de longitud oeste (Figura 1).

3.1.2 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).

3.1.3 Geología y suelos

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).

3.1.4 Hidrología superficial

En el área no existen escurrimientos permanentes, estando presentes escurrimientos intermitentes, que sólo presentan flujo hídrico en la época de lluvia, 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).

3.1.5 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; 2,138 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 extremo (García, 1981).

Se reporta una temperatura media anual del mes más frío 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, 1981).

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).

3.1.6 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 *Pinus 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* spp y *Rhus virens*, así como un matorral crasirosulifolio espinoso constituido por especies como *Dasyllirion* spp 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).

3.2 Superficie afectada por el incendio en el año 1998

El área donde se hizo el presente trabajo de investigación es en la Sierra las Alazanas, sobre la ladera suroeste, este y norte de la población de Mesa de las tablas, que fue afectada por el incendio ocurrido en la primavera del año de 1998 y 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*, *P. 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 el proceso de sucesión vegetal ya es avanzado (SEMARNAP, 1998).

3.3 Descripción de los tres sitios de plantación

3.3.1 Mesa de las tablas

Se localiza en la parte suroeste del poblado Mesa de las tablas, en la pequeña propiedad conocida como La Almendrilla, (25° 15' 14.71" norte y 100° 25' 20.42" oeste).

El suelo es de color café claro, con poca pedregosidad, textura granular, con presencia de arcilla, considerado como alcalinos por la presencia de caliche y escasos en materia orgánica.

El área tiene gran accesibilidad y se ubicada en las partes bajas donde la topografía no es muy accidentada, donde las pendientes oscilan entre 10% hasta 60%, determinándose una pendiente promedio de 35%.

La exposición es la norte y noroeste, por lo que existen vientos fríos sobre ésta ladera durante la temporada de invierno, favoreciendo que exista mayor humedad en comparación con la ladera de exposición sur. La altitud es de 2,560 msnm.

La vegetación existente antes del incendio estaba compuesta en un 90% con arbolado de *Pseudotsuga flahaulti*, y el resto de la superficie vegetal estaba cubierta por encino (*Quercus* spp) y madroño (*Arbutus xalapensis*), así como, algunas yucas (*Yucca carnerosana*) y sotol (*Dasyllirion* spp) presentes de manera esporádica, el estrato más bajo estaba compuesto por hierbas y arbustos (López, 2010).

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 sí sobre una distancia de aproximadamente tres metros entre barrera, que protegen una superficie aproximadamente a una hectárea (López, 2010).

3.3.2 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).

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.

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%.

La exposición es la noroeste, por lo que existen vientos fríos sobre ésta ladera durante la temporada de invierno, favoreciendo que exista mayor humedad en comparación con la ladera de exposición sur. La altitud es de 2,470 msnm.

La vegetación original estaba compuesta por arbolado de *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus greggii*, *Quercus* sp, *Arbutus xalapensis*, *Yucca carnerosana* entre otras (López, 2010).

3.3.3 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).

El suelo es de color café oscuro, arcilloso con gran cantidad de materia orgánica (cenizas), con poca pedregosidad y material rocoso, es alcalino, con drenaje satisfactorio y de estructura granular.

La accesibilidad al área es difícil, ya que el camino de terracería se encuentra en malas condiciones, mismo que está construido en pendientes pronunciadas, provocando deslaves de suelo y la formación de grandes cárcavas en la época de lluvia.

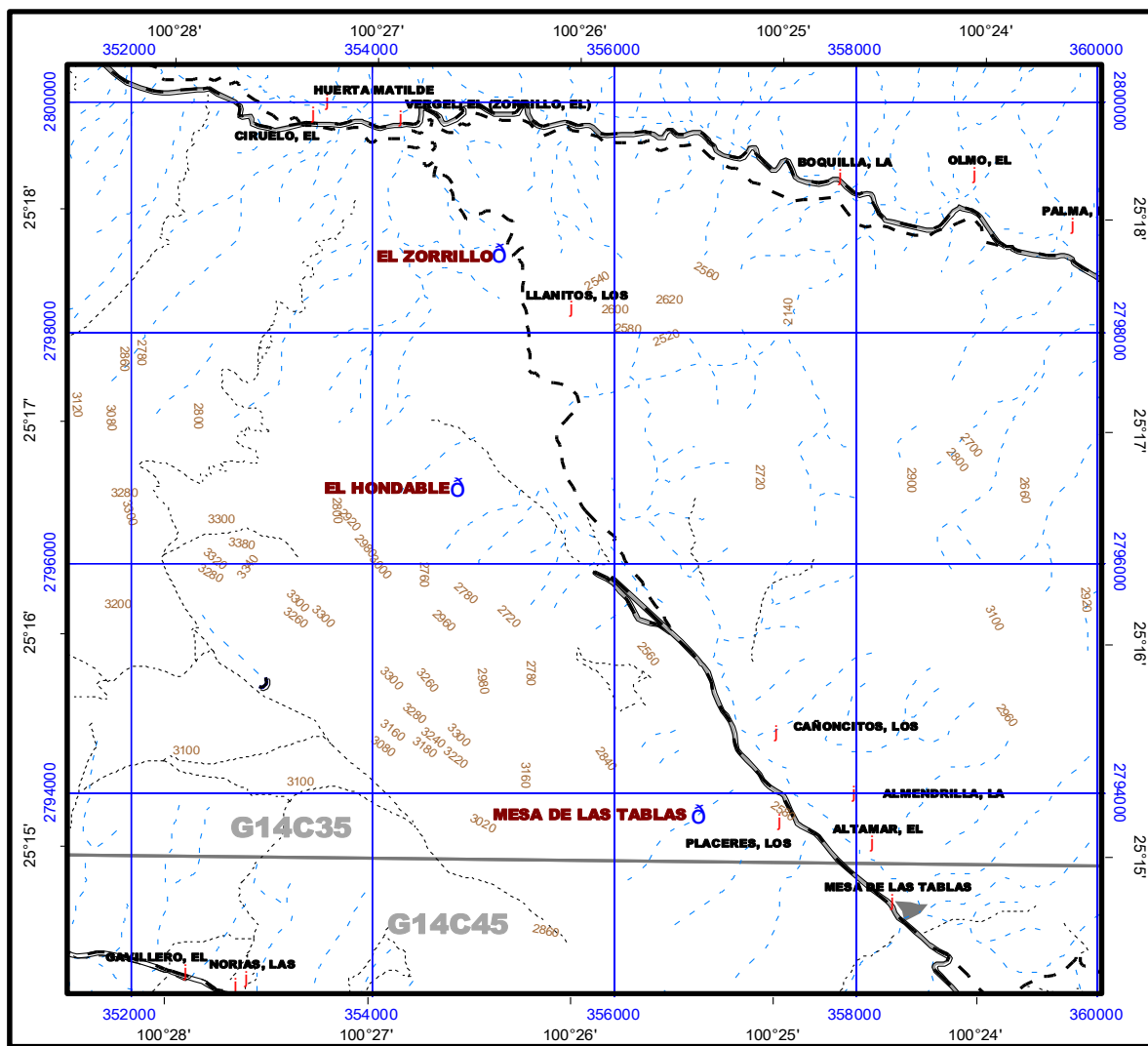
El sitio se localiza en la parte baja de la ladera donde la pendiente mínima es de 25% y una máxima de 38%, y una pendiente promedio de 32%. Presenta la formación de lomeríos en la parte baja y en la parte alta presenta pendientes de hasta un 80%. La exposición predominante es la noroeste. En este tipo 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 2,320 msnm.

La vegetación existente antes del incendio estaba compuesta en un 90% por encino (*Quercus sp*) y madroño (*Arbutus xalapensis*) de poca altura, y el estrato más bajo estaba compuesto por hierbas y arbustos (López, 2010).

Tabla 2. Ubicación geográfica de los sitios de plantación.

Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Exposición
Mesa de las tablas	25° 15' 14.71" N 100° 25' 20.42" O	2,560	35%	N y NO
El Hondable	25° 16' 46.46" N 100° 26' 32.91" O	2,470	32.5%	NO
El Zorrillo	25° 17' 52.43" N 100° 26' 21.11" O	2,320	32%	NO

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



SIMBOLOGÍA

- ┆ Localidades
- Sitios de Muestreo
- Curvas de Nivel I.V. 20 m.
- ▭ Límite de Carta INEGI 1:50,000
- ▬ Asentamientos Humanos

Punto	Long OD	Lat OD	LONG OMS	LAT OMS	LOCALIDAD
1	-100.42233885	25.25408611	-100 25 20	25 15 14	MESA DE TABLAS
2	-100.44247500	25.27957222	-100 26 32	25 16 46	EL HONDABLE
3	-100.43919722	25.29789722	-100 26 21	25 17 52	EL ZORRILLO

UBICACION DE SITIOS DE MUESTREO

MUNICIPIO DE ARTEAGA, ESTADO DE COAHUILA.

LEVANTÓ Y ELABORÓ JUAN GARCÍA PEÑA

ESCALA 1 : 50,000 ZONA UTM: 14N WGS 84

CARTA DE LOCALIZACION GENERAL DE LOS SITIOS
 ELABORACION Y DISEÑO: JUAN GARCÍA PEÑA

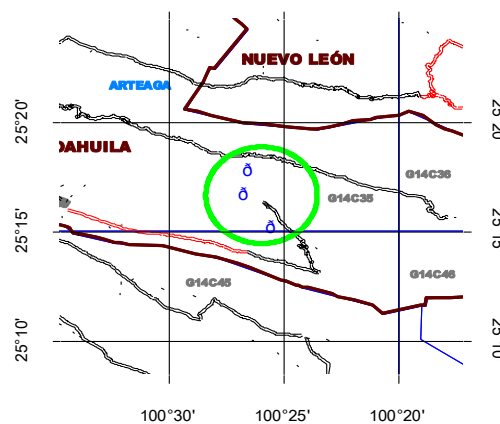


Figura 1. Localización de los sitios de plantación Mesa de las tablas, El Hondable y El Zorrillo, en la Sierra de Arteaga, Coahuila.

3.4 Establecimiento de la plantación

Dadas las existencias de planta en el vivero del departamento Forestal de la UAAAN, y de acuerdo a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación de evaluar la adaptación 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 niveles de fertilización utilizando tres tipos de fertilizantes (Plantex, Micromódulos, y Osmocote) aplicados a especies del género *Pinus*. La Tabla 3 muestra la formulación de los fertilizantes utilizados.

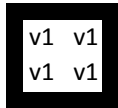
Las especies forestales utilizadas en el presente trabajo de investigación son *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. pinceana* y *P. greggii*, que fueron sembradas el 5 de marzo de 1997, recibieron fertilización desde la siembra hasta el día 15 de diciembre del mismo año, y las plantas fueron establecidas en el sitio final durante los meses de julio y septiembre de 1998.

Tabla 3. Formulación (N-P-K) de los fertilizantes utilizados.

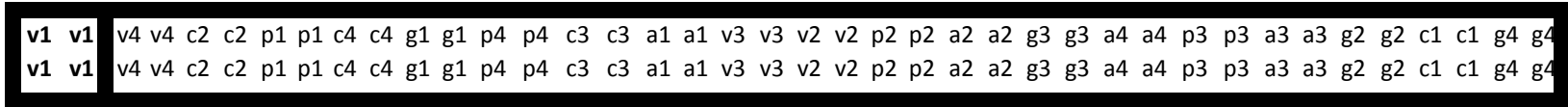
Fertilizante	Formulación (N-P-K)
Plantex	11-41-08
Micromódulos	18-20-10
Osmocote	17-07-12

3.5 Diseño experimental

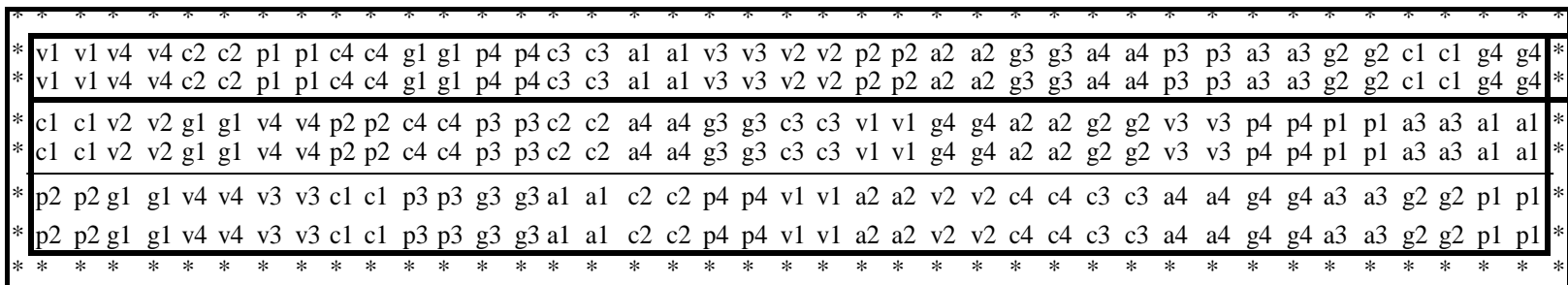
En este trabajo se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones (bloques), en las tres áreas de plantación (Mesa de las tablas, Hondable y Zorrillo), para evitar el probable efecto de la pendiente. Cada unidad experimental está conformada por cuatro plantas, por lo que considerando cinco especies se tiene un factor de 20 tratamientos, cada uno integrado por cuatro plantas, y tres bloques por sitio se tiene un total de 720 plantas al momento de la plantación, más las plantas de borde que no se incluyeron en los análisis. La Figura 2 muestra la distribución de las especies y tratamientos de fertilización.



Unidad experimental



Bloque o repetición



Sitio de plantación

Donde:

- v= *Abies vejari* 1= Osmocote
- p= *Pinus pinceana* 2= Micromódulos
- a= *Pinus ayacahuite* 3= Plantex
- c= *Pinus cembroides* 4= Testigo
- g= *Pinus greggii*

Figura 2. Distribución de las especies y tratamientos de fertilización en los sitios de plantación en la Sierra de Arteaga, Coah.

3.6 Mediciones de variables dendrométricas

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

Los instrumentos utilizados en la mediciones de las variables dendrométricas son: una pértiga plástica de 30 m, la cual fue utilizada para medir la altura total de la planta, que consistió en medir desde la base del suelo o cuello hasta el meristemo apical de la planta; flexómetro metálico para medir el diámetro de copa (mayor y menor), vernier metálico el cual fue utilizado para medir el diámetro basal en centímetros; para el diámetro de individuos mayores se utilizó la cinta diamétrica, en el caso de la sobrevivencia se determinó con los datos tomados de las variables altura y diámetro, ya que solamente se evaluaron plantas vivas por cada tratamiento y se obtuvo el porcentaje de plantas vivas en cada parcela.

IV. RESULTADOS

En la Tabla 4 se presentan los resultados de significancia estadística de las variables sobrevivencia, altura, diámetro y cobertura; por localidad, por especie, por tratamiento de fertilización y por interacción entre especies y tratamientos de fertilización.

En la Tabla 5 se presentan las especies y tratamientos de fertilización que mostraron un mayor desempeño por localidad y para las variables sobrevivencia, altura, diámetro y cobertura.

Tabla 4. Resultados de significancia estadística de las variables sobrevivencia, altura, diámetro y cobertura; por especie, por localidad, por tratamiento de fertilización y por interacción entre especies y tratamientos de fertilización.

Resultados de significancia según el análisis de varianza				
Variable	Localidad	Especies	Tratamientos	Interacción (Esp.*Tra. Fert.)
Sobrevivencia	Mesa de las tablas	AS	AS	NS
	El Hondable	S	AS	NS
	El Zorrillo	AS	S	NS
Altura	Mesa de las tablas	AS	S	NS
	El Hondable	AS	S	NS
	El Zorrillo	AS	NS	NS
Diámetro	Mesa de las tablas	AS	S	NS
	El Hondable	AS	AS	NS
	El Zorrillo	AS	NS	NS
Cobertura	Mesa de las tablas	AS	S	NS
	El Hondable	AS	S	NS
	El Zorrillo	AS	NS	NS

Tabla 5. Especies y tratamientos de fertilización que mostraron valores mayores en las variables sobrevivencia, altura, diámetro y cobertura, por localidad.

Variable	Localidades					
	Mesa de las tablas		El Hondable		El Zorrillo	
	Especie	Trat. Fert	Especie	Trat. Fert	Especie	Trat. Fert
Sobrevivencia	<i>P. cembroides</i> y <i>P. greggii</i>	Plantex y Osmocote	<i>P. cembroides</i>	Osmocote, Micromódulos y Plantex	<i>P. cembroides</i> y <i>P. pinceana</i>	Plantex
Altura	<i>P. greggii</i>	Micromódulos	<i>P. greggii</i>	Plantex	<i>P. greggii</i>	NS
Diámetro	<i>P. greggii</i>	Osmocote	<i>P. greggii</i>	Plantex	<i>P. greggii</i>	NS
Cobertura	<i>P. greggii</i>	Osmocote	<i>P. greggii</i>	Plantex	<i>P. greggii</i>	NS

4.1 Localidad Mesa de las tablas

4.1.1 Sobrevivencia

En la localidad Mesa de las tablas la especie *Abies vejari* presentó la menor sobrevivencia (37.75%), y las demás especies fueron superiores. La Figura 3 presenta los porcentajes de cada especie.

El tratamiento testigo fue inferior a los demás con un promedio de sobrevivencia de 41.83%. La Figura 4 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

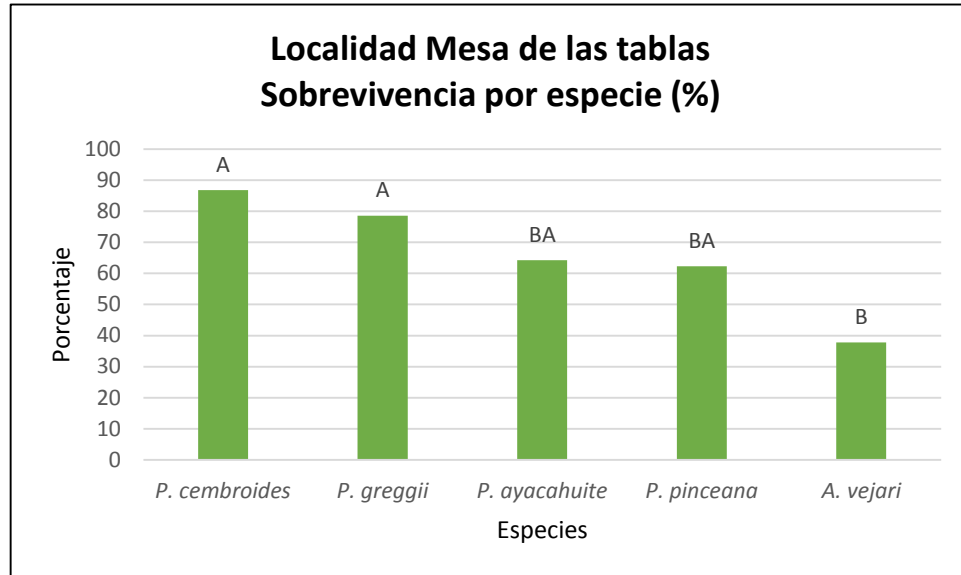


Figura 3. Localidad Mesa de las tablas, sobrevivencia por especie (%). Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

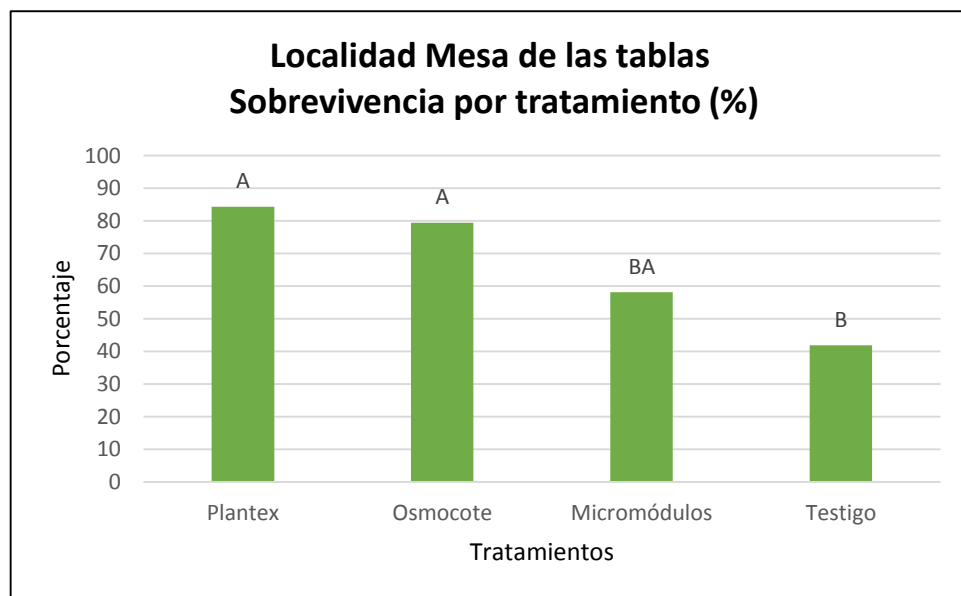


Figura 4. Localidad Mesa de las tablas, sobrevivencia por tratamiento (%) en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

4.1.2 Altura

P. greggii presentó el mayor crecimiento en altura (5.9 m) y las demás especies fueron inferiores. La Figura 5 presenta los promedios de cada especie.

El tratamiento testigo fue inferior a los demás con una altura promedio de 2.31 m. La Figura 6 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

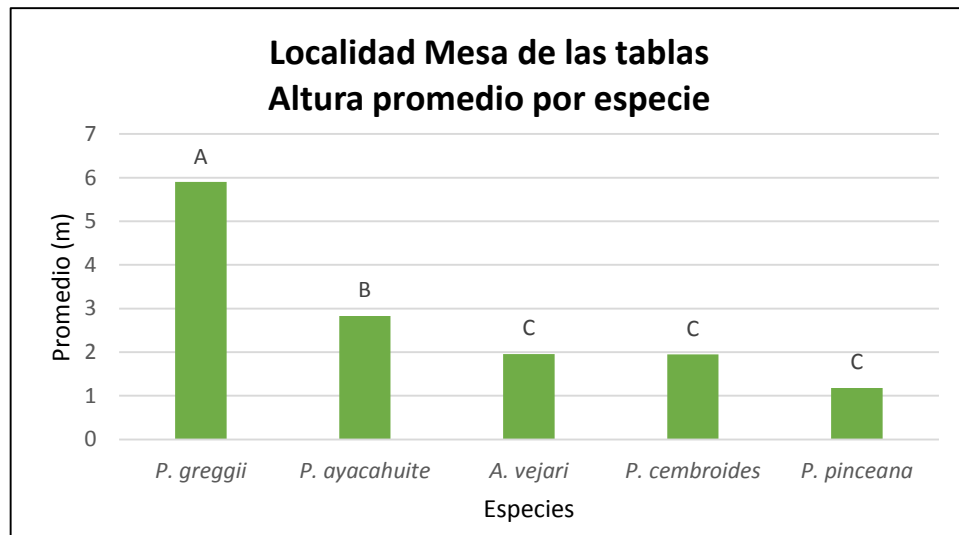


Figura 5. Localidad Mesa de las tablas, altura promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

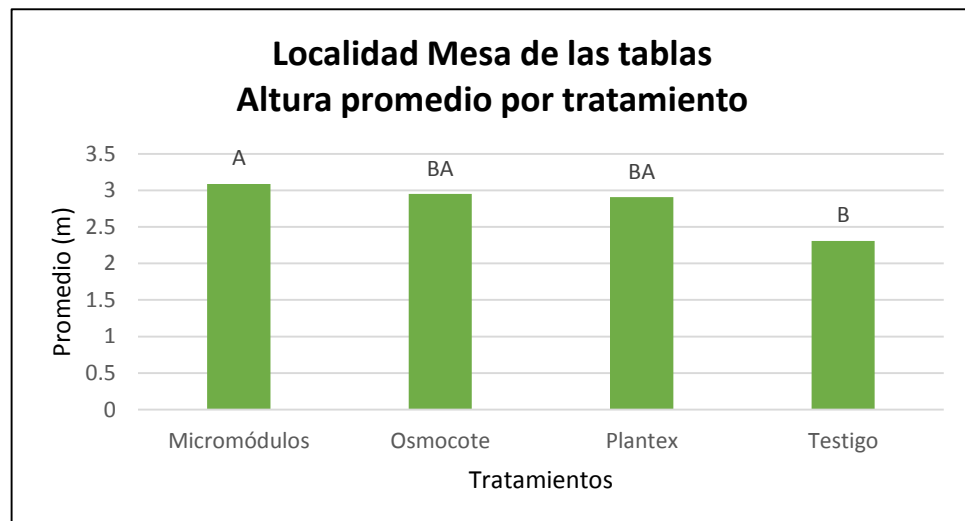


Figura 6. Localidad Mesa de las tablas, altura promedio por tratamiento en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

4.1.3 Diámetro

P. greggii presentó el mayor crecimiento en diámetro (12.4 cm) y las demás especies fueron inferiores. La Figura 7 presenta los promedios de cada especie.

El tratamiento testigo fue inferior a los demás con un diámetro promedio de 4.36 cm. La Figura 8 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

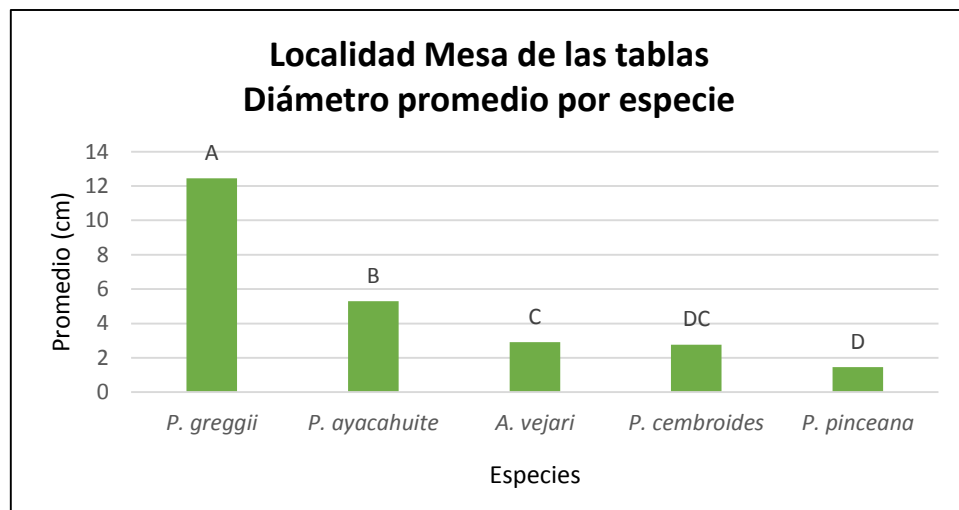


Figura 7. Localidad Mesa de las tablas, diámetro promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

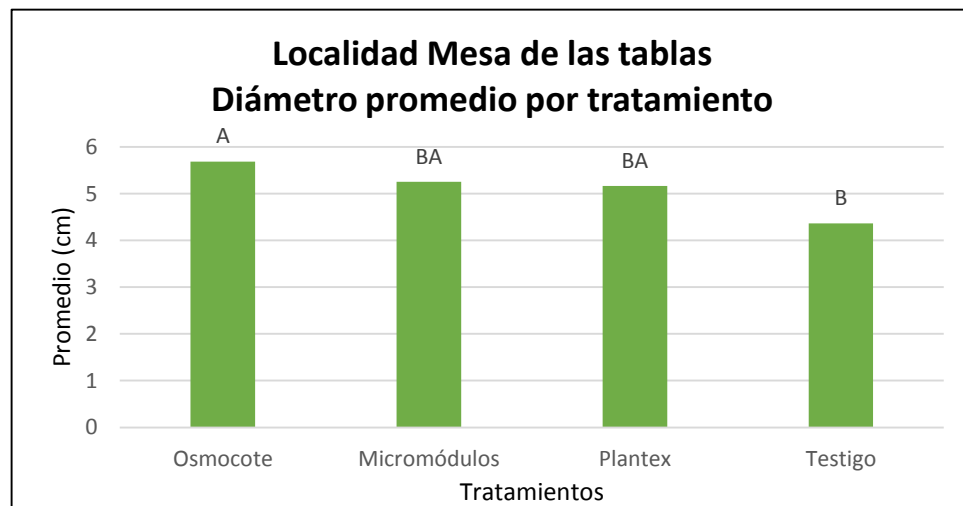


Figura 8. Localidad Mesa de las tablas, diámetro promedio por tratamiento en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

4.1.4 Cobertura

P. greggii presentó la mayor cobertura (95.03 m²) y *P. pinceana* fue la especie con menor crecimiento en esta variable (1.72 m²). La Figura 9 presenta los promedios de cada especie.

El tratamiento testigo fue inferior a los demás con una cobertura promedio de 11.88 m². La Figura 10 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

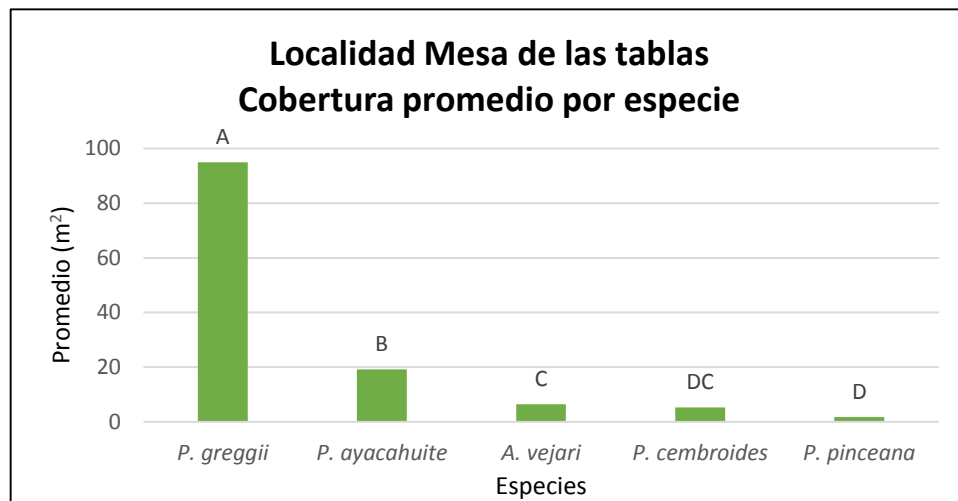


Figura 9. Localidad Mesa de las tablas, cobertura promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

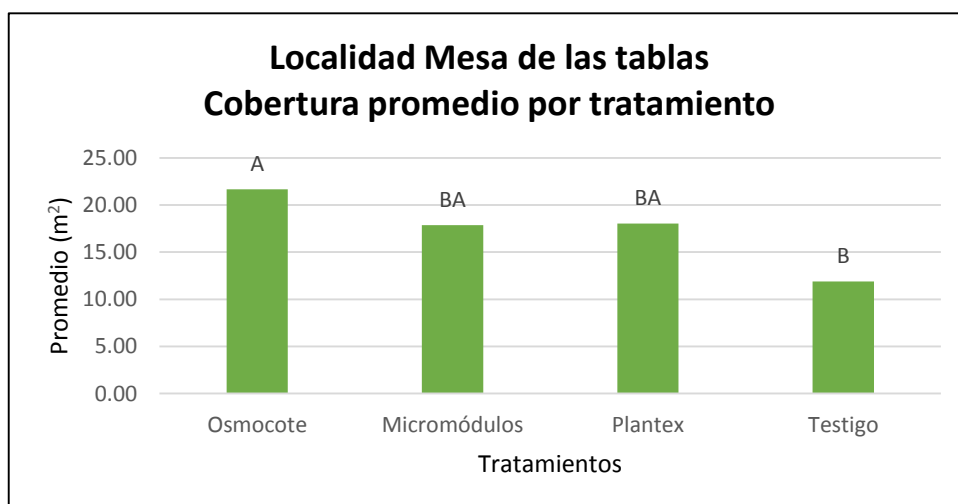


Figura 10. Localidad Mesa de las tablas, cobertura promedio por tratamiento en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

4.2 Localidad El Hondable

4.2.1 Sobrevivencia

En la localidad El Hondable la especie *Abies vejari* presentó la menor sobrevivencia (27.54%) y *P. cembroides* presentó la máxima sobrevivencia (64.29%) pero las otras especies fueron iguales estadísticamente hablando. La Figura 11 presenta los porcentajes de cada especie.

El tratamiento testigo fue inferior a los demás con un promedio de sobrevivencia de 10.8% y 61.4% para los demás tratamientos. La Figura 12 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

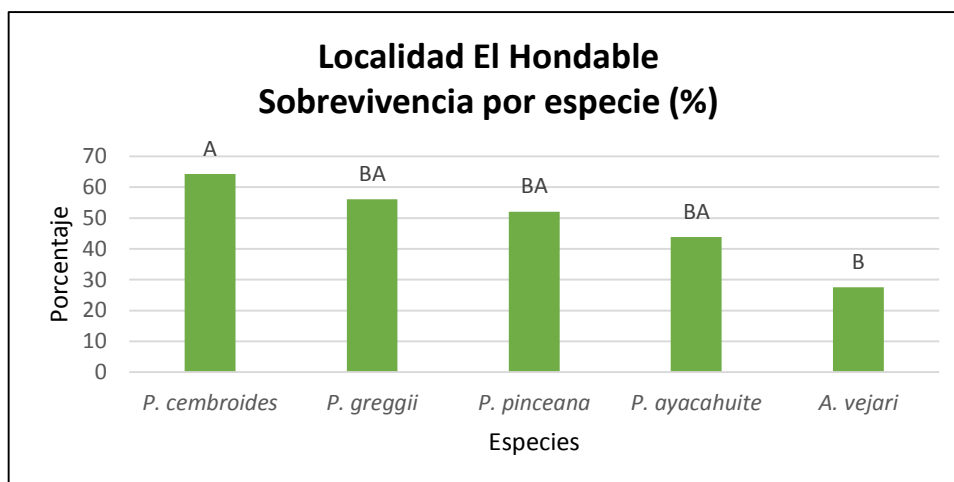


Figura 11. Localidad El Hondable, sobrevivencia por especie (%). Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

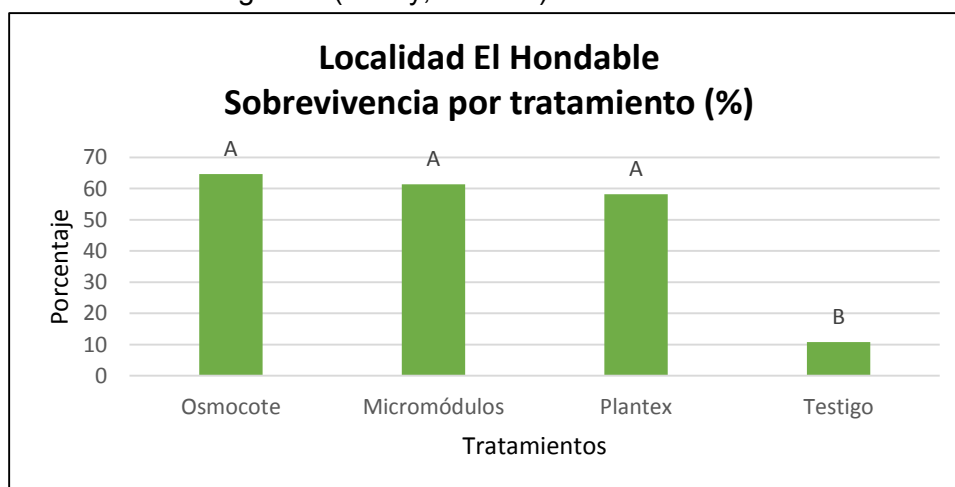


Figura 12. Localidad El Hondable, sobrevivencia por tratamiento en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

4.2.2 Altura

P. greggii presentó el mayor crecimiento en altura (6.14 m) y las otras especies fueron inferiores. La Figura 13 presenta los promedios de cada especie.

El tratamiento con Osmocote fue inferior a los demás con una altura promedio de 2.19 m. El tratamiento Plantex presentó el máximo crecimiento en altura (2.6 m) pero los demás tratamientos fueron iguales estadísticamente hablando. La Figura 14 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

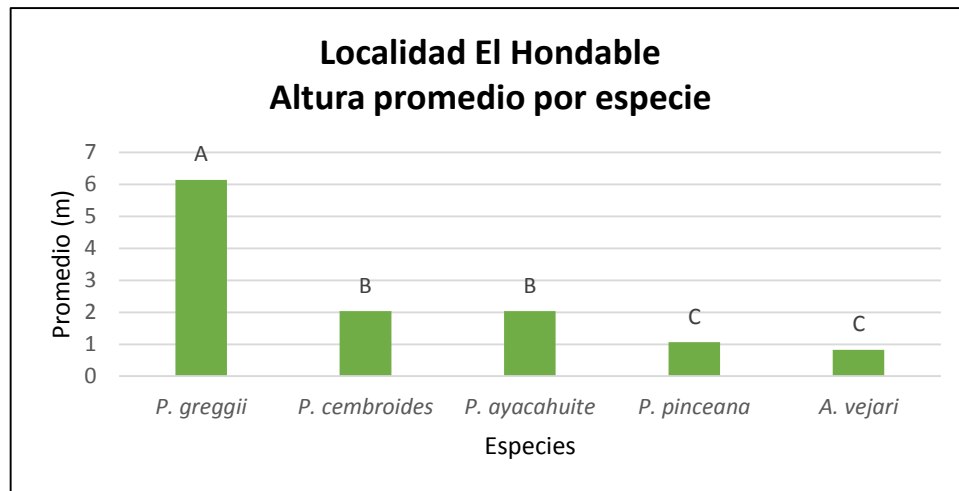


Figura 13. Localidad El Hondable, altura promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

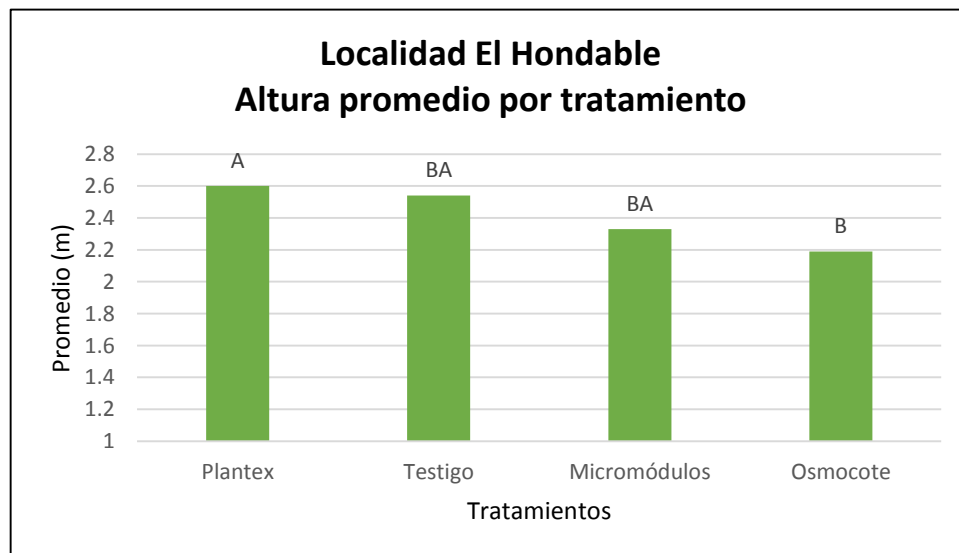


Figura 14. Localidad El Hondable, altura promedio por tratamiento en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (**Duncan**, $\alpha= 0.05$).

4.2.3 Diámetro

P. greggii presentó el mayor crecimiento en diámetro (15.39 cm) y las otras especies fueron inferiores. La Figura 15 presenta los promedios de cada especie.

El tratamiento con Osmocote fue inferior a los demás con un diámetro promedio de 4.69 m. El tratamiento Plantex presentó el máximo crecimiento en diámetro (6.16 m) pero los demás tratamientos fueron iguales estadísticamente hablando. La Figura 16 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

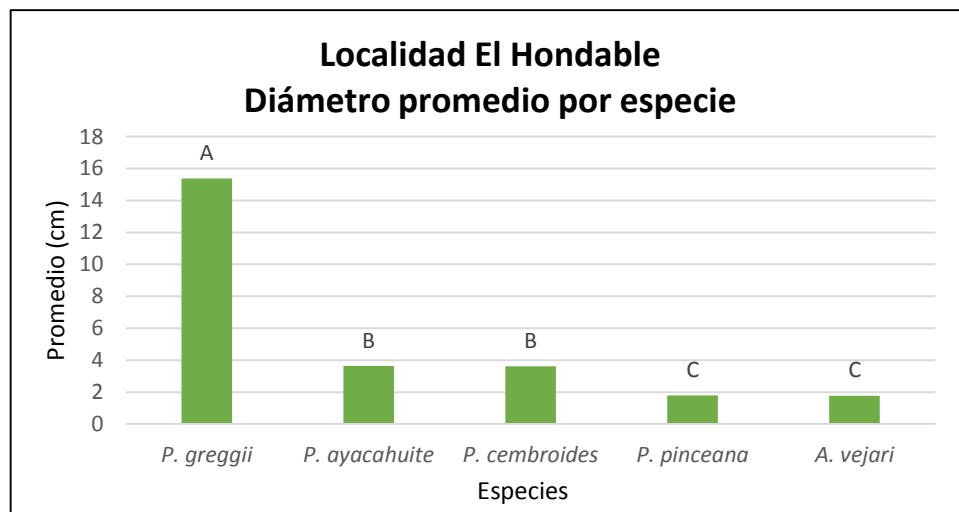


Figura 15. Localidad El Hondable, diámetro promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

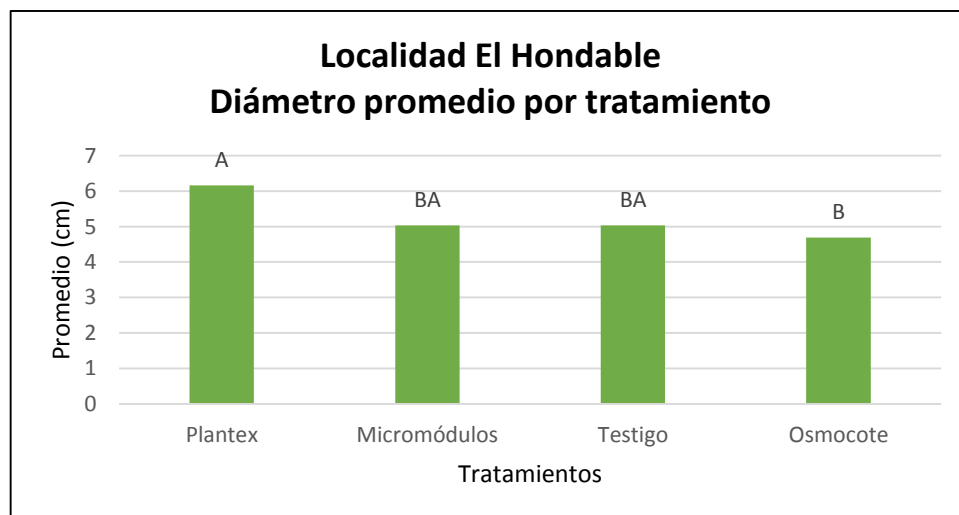


Figura 16. Localidad El Hondable, diámetro promedio por tratamiento en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

4.2.4 Cobertura

P. greggii presentó la mayor cobertura (150.4 m²) y las otras especies fueron inferiores. La Figura 17 presenta los promedios de cada especie.

El tratamiento con Plantex fue superior a los demás con una cobertura promedio de 23.93 m². La Figura 18 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

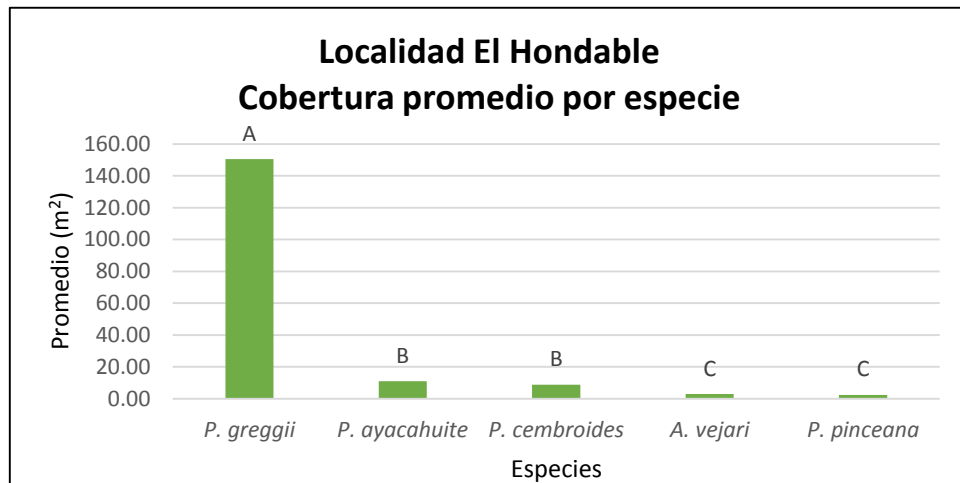


Figura 17. Localidad El Hondable, cobertura promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

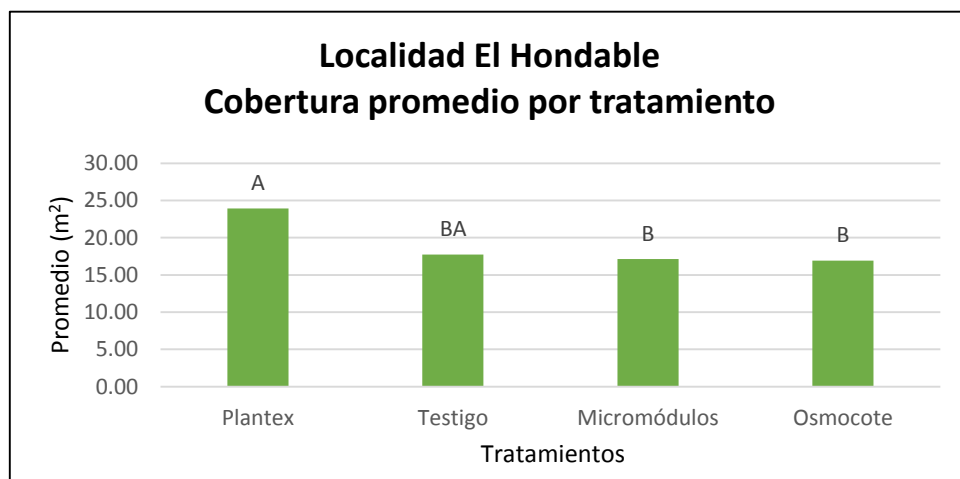


Figura 18. Localidad El Hondable, cobertura promedio por tratamiento en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (**Duncan**, $\alpha = 0.05$).

4.3 Localidad El Zorrillo

4.3.1 Sobrevivencia

En la localidad El Zorrillo la especie *Abies vejari* presentó la menor sobrevivencia (21.42%) y las otras especies fueron superiores. La Figura 19 presenta los porcentajes de cada especie.

El tratamiento testigo fue inferior a los demás con un promedio de sobrevivencia de 38.57%. La Figura 20 presenta los resultados por tratamiento para todas las especies.

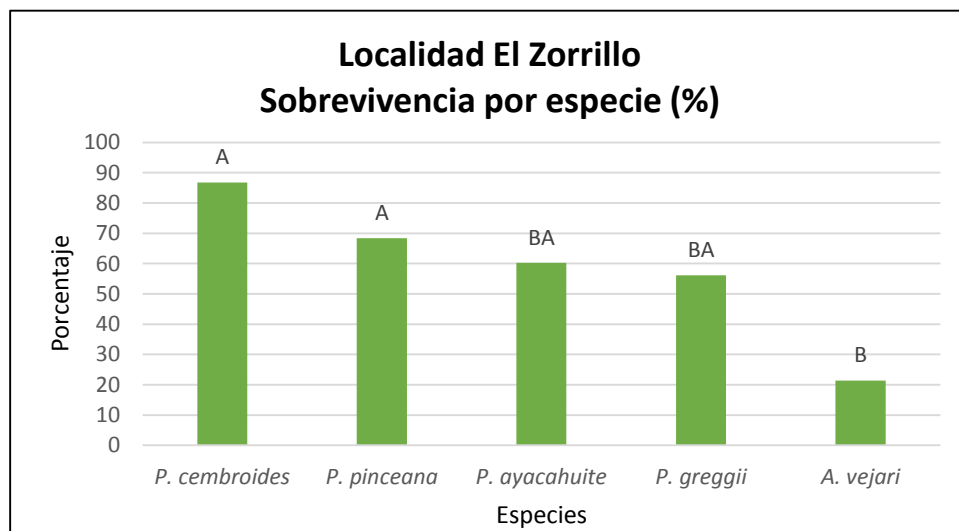


Figura 19. Localidad El Zorrillo, sobrevivencia por especie (%). Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

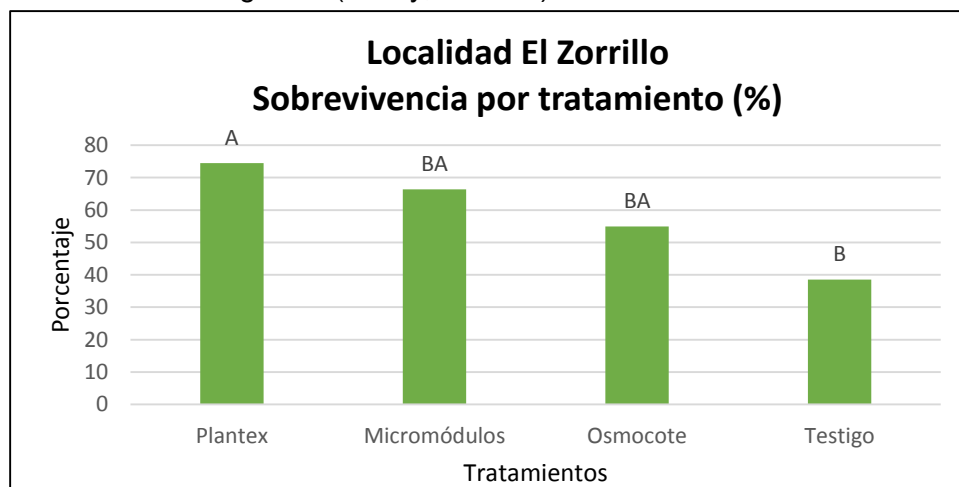


Figura 20. Localidad El Zorrillo, porcentaje de sobrevivencia por tratamiento en todas las especies. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

4.3.2 Altura

P. greggii presentó el mayor crecimiento en altura (5.89 m) y las otras especies fueron inferiores. La Figura 21 presenta los promedios de cada especie.

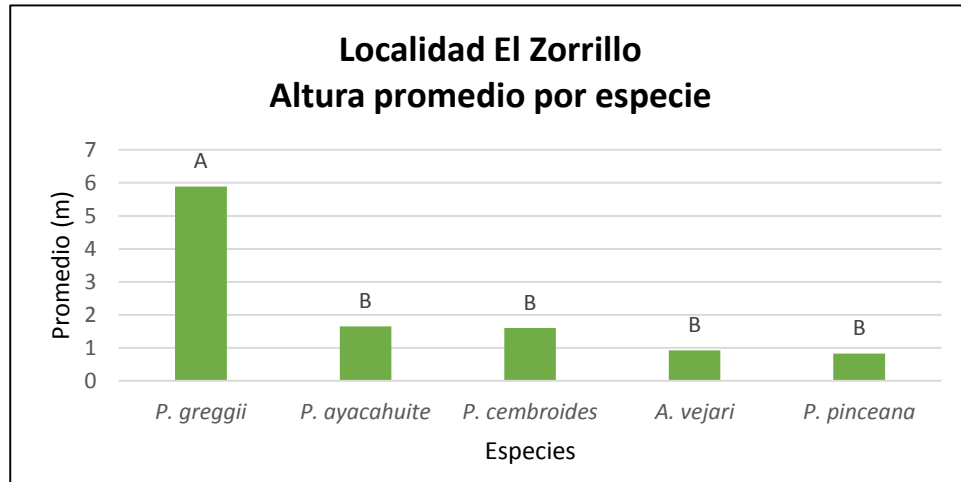


Figura 21. Localidad El Zorrillo, altura promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

4.3.3 Diámetro

P. greggii presentó el mayor crecimiento en diámetro (13.19 cm) y las otras especies fueron inferiores. La Figura 22 presenta los promedios de cada especie.

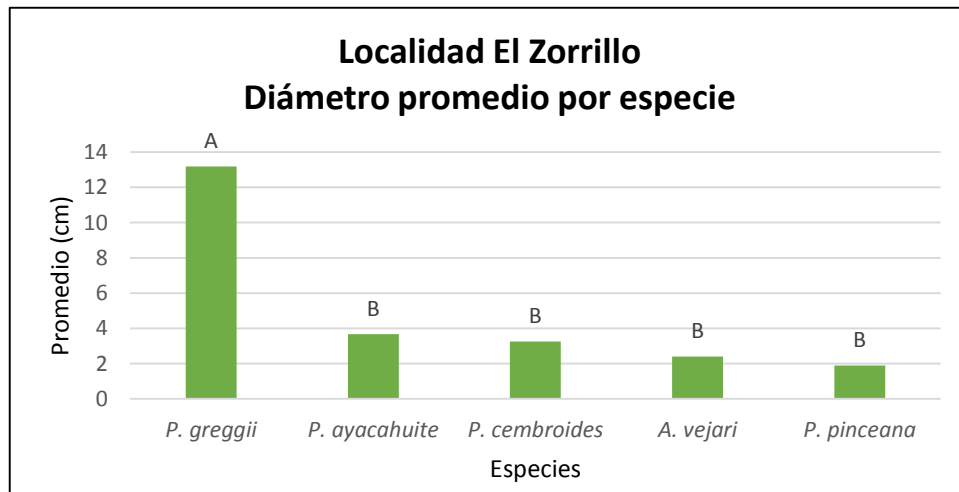


Figura 22. Localidad El Zorrillo, diámetro promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha= 0.05$).

4.3.4 Cobertura

P. greggii presentó la mayor cobertura (134.78 m²) y las otras especies fueron inferiores. La Figura 23 presenta los promedios de cada especie.

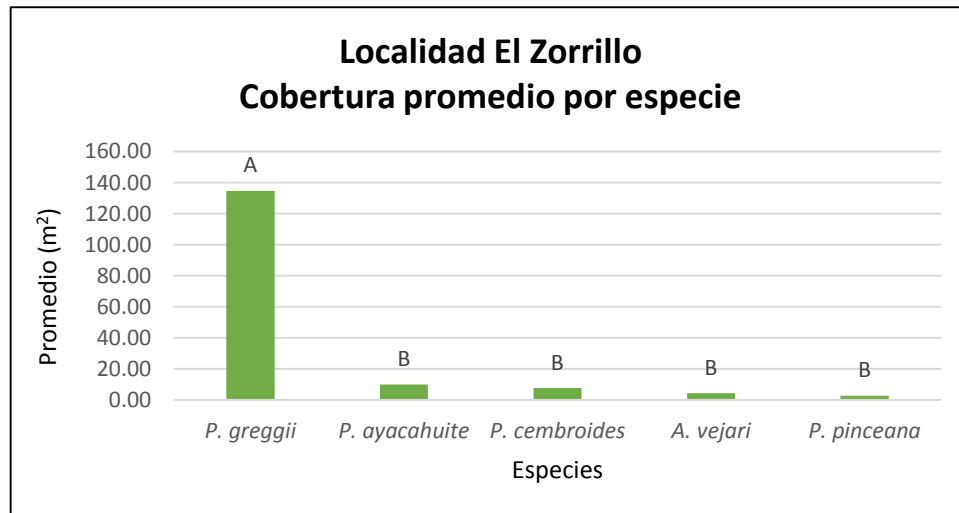


Figura 23. Localidad El Zorrillo, cobertura promedio por especie. Mismas letras significa medias estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

V. CONCLUSIONES GENERALES Y DISCUSIÓN

5.1 Especies

Abies vejari fue la especie con menor sobrevivencia en todas las localidades.

La menor sobrevivencia de *Abies vejari* puede atribuirse a que, en condiciones naturales, esta especie se encuentra sobre terrenos pobres y moderadamente húmedos, requiere sombra para lograr un buen desarrollo y generalmente se encuentra en altitudes de 2,800 a 3,000 msnm (Martínez, 1948). Las condiciones ecológicas que *Abies vejari* requiere para tener éxito en sobrevivencia y crecimiento son muy diferentes a las de los sitios evaluados. Por otra parte, Durán (2003), al evaluar sobrevivencia y crecimiento en cinco especies de coníferas bajo tres tratamientos de fertilización, reporta una sensible mortalidad en las plántulas de *Abies vejari* que fueron fertilizadas con Micromódulos, las causas son desconocidas.

P. cembroides y *P. greggii* tuvieron la mayor sobrevivencia en la localidad Mesa de las tablas; en la localidad El Hondable *P. cembroides* fue la de mayor sobrevivencia y en El Zorrillo fueron las especies *P. cembroides* y *P. pinceana*.

Lo anterior muestra la capacidad de las especies para responder de manera distinta a las condiciones de los diferentes sitios, y así poder usarse estas especies para plantaciones en sitios semejantes a los evaluados. *P. cembroides*, *P. greggii* y *P. pinceana* tienen los mayores porcentajes en sobrevivencia, por lo que son una alternativa para usarlas en futuros programas de restauración. Se considera importante en el caso de *P. cembroides* porque es un pino apto 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). En un ensayo realizado por Ornelas (1997) en el que se probaron 3 procedencias de *Pinus greggii*, se encontró un promedio de sobrevivencia de 68.60 % en el C.A.E.S.A, mientras que Velasco

(2001) en la Mixteca alta de Oaxaca reportó un 96.17 % de sobrevivencia de *P. greggii* de 13 procedencias diferentes. También Hernández (2005) reportó un 65.83 % de sobrevivencia en *Pinus greggii* a un año de su plantación en el ejido 18 de marzo, Galeana, Nuevo León; a su vez *P. pinceana* puede ser encontrado como individuos dispersos en colinas rocosas y montañosas muy secas en la Sierra Madre Oriental, sin embargo, en base a los resultados obtenidos en este trabajo, no es aconsejable su uso en futuros programas de reforestación, ya que muestra un crecimiento limitado en las variables altura, diámetro y cobertura.

P. pinceana fue la especie con menor crecimiento en altura, diámetro y cobertura en la mayoría de los casos. Se trata de una especie de lento crecimiento ya que es de poca altura y muy ramificada que inicia 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 presenta muy cerca de la base de la planta. A su vez se puede atribuir su desarrollo limitado al no presentarse las condiciones ambientales que requiere para su crecimiento, ya que naturalmente crece en sitios con menor altitud que los usados en este trabajo (Perry, 1991).

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

Velasco (2001) reportó un crecimiento en altura estadísticamente diferente entre localidades a 2.5 años de haberse establecida una plantación de *P. greggii*, ya que la altura en la localidad Tlacotetepec Plumas, fue de 129.33 cm y en la localidad Magdalena Zahuatlan, fue de 107.26 cm, a su vez Valencia *et al.*, (2006)

reportan incrementos en altura de 107 a 129 cm y diámetro basal de 30 a 39 mm a dos años y seis años de la plantación de *Pinus greggii* Engelm. en las mismas localidades de la Mixteca alta de Oaxaca.

5.2 Tratamientos

No hubo interacción (especie x tratamiento) en las tres localidades.

Valencia *et al.* (2006) al evaluar un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax. a 2.5 años de la plantación, reportan haber encontrado interacción de localidad por procedencia en altura total, diámetro basal y diámetro de copa, crecimientos que se relacionaron con menores valores de pH, mayor porcentaje de materia orgánica y mayor porcentaje de nitrógeno total, tal efecto influye de manera similar al encontrado en el presente estudio. Por otra parte, López *et al.*, (1999) mencionan que las condiciones de suelo, como la acidez, contenido de materia orgánica influyen en el óptimo desarrollo de las pináceas, es aquí en donde es notable el efecto de la localidad, sobre todo donde las condiciones son favorables para el crecimiento de la especie. Hecho que nos afirma que para una mayor sobrevivencia y crecimiento de las plantas, es de mayor importancia la calidad de sitio para sostener a las plantas.

El tratamiento testigo tuvo la menor sobrevivencia en las tres localidades, 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 aérea. 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, 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 (López, 2010). Lo que confirma que el uso de la fertilización en la producción de planta

en vivero debe considerarse una técnica silvícola común recomendable. 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).

Plantex y Osmocote fueron los tratamientos con mayor sobrevivencia en la localidad Mesa de las tablas, sin embargo en la localidad El Hondable, además de Plantex y Osmocote también lo fue el tratamiento con Micromódulos, y en El Zorrillo sólo fue Plantex.

El tratamiento Plantex mostró buenos porcentajes de sobrevivencia en las tres localidades. 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) en donde las especies que se utilizaron son las mismas que se evalúan en el presente trabajo.

Las plantas fertilizadas con Osmocote demostraron alta sobrevivencia al menos en dos de las localidades. Este efecto puede atribuirse a las dosis de nitrógeno presentes en la fórmula, 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 se presenta en forma granulada 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 en las plantas chicas el porcentaje de mortandad es del 50%.

Micromódulos fue el tratamiento con mayor crecimiento en altura en la localidad Mesa de las tablas, pero en la localidad El Hondable el tratamiento Plantex fue el de mayor altura. 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.

El tratamiento testigo tuvo el menor crecimiento en altura, diámetro y cobertura en la localidad Mesa de las tablas.

Osmocote fue el tratamiento con mayor crecimiento en diámetro en la localidad Mesa de las tablas, pero en la localidad El Hondable el tratamiento Plantex fue el de mayor diámetro.

Capó *et al.* (1993) encontraron diferencias para la variable diámetro a diferentes niveles de nitrógeno comparado con el testigo, resultando mejor para el diámetro en tres de los tratamientos en comparación con el testigo, siendo este un factor que afectó a las plantas en cada localidad donde se desarrolló el experimento por presentar condiciones heterogéneas una de otra, en las cuales fueron ensayados los experimentos y por lo tanto cada localidad presenta condiciones diferentes, dando como resultado una respuesta relativamente diferencial, y de esta forma pueden reducir o aumentar su crecimiento, de acuerdo a la aclimatación o respuesta de la planta en la localidad probada.

Osmocote fue el tratamiento con menor crecimiento en altura y diámetro en la localidad El Hondable, y en cuanto a cobertura, además de Osmocote también lo fue el tratamiento con Micromódulos.

Osmocote fue el tratamiento con mayor crecimiento en cobertura en la localidad Mesa de las tablas, pero en la localidad El Hondable el tratamiento Plantex fue el de mayor cobertura.

Estos resultados indican que se debe ayudar a la planta con un fertilizante, el no hacerlo reduce la sobrevivencia y crecimiento. El fertilizante permite a la planta tener mejor calidad, ayuda a mejorar las características morfológicas como la relación bien proporcionada entre la biomasa de la raíz y tallo, así como la altura total de la planta; características que representan un buen material para la plantación, una planta de tallo grueso esta mejor protegida contra el ataque de roedores y lagomorfos (Capó, 2002).

5.3 Localidades

La sobrevivencia en la localidad Mesa de las tablas fue de 65.9%, en El Hondable 48.7% y en El Zorrillo 58.5% en todas las especies y tratamientos.

Domínguez *et al.* (1995) evaluaron en una plantación de ocho años la sobrevivencia, altura y diámetro de *Pinus halepensis*, *P. brutia*, *P. eldarica* y *P. pseudostrobus* en un campo experimental de la Universidad Autónoma de Nuevo León localizado en el municipio de Iturbide, estado de Nuevo León, cuyos resultados demuestran la capacidad que tiene la especie de *P. halepensis* para adaptarse a condiciones marginales, incluso frente a la especie nativa. La sobrevivencia es uno de los parámetros de mayor importancia en la evaluación de los ensayos de procedencias, ya que esta representa la capacidad de adaptación de las especies a las condiciones del sitio. Los resultados obtenidos en sobrevivencia fueron los siguientes: *P. halepensis* un 72%, *P. eldarica* un 61%, *P. brutia* un 51% y *P. pseudostrobus* un 19%.

El crecimiento en altura en la localidad Mesa de las tablas fue de 2.84 m, en El Hondable 2.39 m y en El Zorrillo 2.3 m en todas las especies y tratamientos.

López (1993), a los 18 meses de establecerse la plantación, encontró incrementos de altura de 11.8 cm en la sierra de Arteaga y Samano (1995) encontró incrementos de altura de 11.19 cm a cuatro años de la plantación en los Lirios Arteaga. Ornelas (1997) encontró incrementos en altura de 72.60 a 82.60 cm a 5 años de su plantación en los Lirios Coah. y Serrato (2000) a cinco años

de su plantación en dos localidades, encontró incrementos de altura de 26.9 cm en el predio Tarihuanes del Cañón de Jamé, Arteaga Coah. La razón por lo cual reportan bajos incrementos es debido a las bajas precipitaciones.

El crecimiento en diámetro en la localidad Mesa de las tablas fue de 5.16 cm, en El Hondable 5.29 cm y en El Zorrillo 5.1 cm en todas las especies y tratamientos.

López (2010) reporta diferencias estadísticamente significativas entre sitios de plantación en cuanto a crecimiento en diámetro de cinco especies de coníferas, que son las mismas evaluadas en este estudio, destacando el tratamiento con Osmocote en la mayoría de las especies, excepto en *P. pinceana*. 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.

El crecimiento en cobertura en la localidad Mesa de las tablas fue de 17.5 m², en El Hondable 19.1 m² y en El Zorrillo 19.8 m² en todas las especies y tratamientos.

Velasco (2001) reporta una diferencia de crecimiento en cobertura de 93.71 cm y 62.20 cm en promedio en dos plantaciones establecidas en la mixteca alta Oax. a cinco meses de plantación.

Con los presentes resultados tanto en sobrevivencia, altura, diámetro y cobertura 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. cembroides*, y *P. greggii* al haber presentado la mayor sobrevivencia y crecimiento. Se trata de especies nativas, evolucionadas, rústicas y pioneras con gran potencial de crecimiento, principalmente en áreas donde han ocurrido

eventos adversos dejándolas en procesos de erosión o degradadas, y además son especies que toleran la sequía (Cetina *et al.*, 1999).

VI. RECOMENDACIONES

1. No usar *P. pinceana* ni *Abies vejari* en ninguna de las localidades estudiadas en futuras plantaciones.
2. Las especies más recomendables para plantar en las localidades evaluadas son *P. greggii* y *P. cembroides*.
3. Según los resultados de este trabajo, es de suma importancia utilizar un fertilizante en el sustrato durante la etapa de vivero que sea Osmocote, Plantex o una combinación de ambos. No aplicar un fertilizante disminuye la sobrevivencia y el crecimiento.

VII. 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. 145-159 pp.

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. 139-165 pp.

Binkley, D. 1993. Nutrición Forestal. Prácticas de Manejo. 1ª. Edición, Editorial Limusa, México. 286 pp.

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 pp.

Cannon, P. G. 1982. Efecto del tamaño inicial de plántulas de *Eucaliptus camaldulensis* en la supervivencia y crecimiento inicial. Informe de Investigación Forestal. No. 68. Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 5 pp.

Capó A., M. A. 2002. Establecimiento de plantaciones forestales: los ingredientes del éxito. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 207 pp.

Capó A., M. A., R. López A. y E. H. Cornejo O. 1993. Crecimiento de *Pinus greggii* en suelos de ocho localidades. En: memoria I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de ponencias. SOMERFO. Saltillo, Coah., México. 75 pp.

Cetenal. 1977. Carta topografica. G14C35. San Antonio de las Alazanas. Coahuila. Escala 1:50000. Segunda edición. Secretaria de la Presidencia.

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 pp.

CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México. Estudio del país, 1998. Comision Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad. México. 341 pp.

CONABIO. 2000. Regiones prioritarias de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de las Biodiversidad. México. 345-348 pp.

Cozzo, D. 1995. Silvicultura de plantaciones forestales maderables. Tomo I. Editorial S.R.L. Buenos Aires, Argentina. 438 pp.

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. 132-139 pp.

Domínguez A., Navar J., Jiménez J. y Aguirre O. 1995. *Pinus halepensis* Mill.: Una alternativa para la recuperación de terrenos marginales en la sierra madre oriental del noroeste de México. Facultad de Ciencias Forestales – UANL

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. 55 pp.

FAO. 1978. Técnicas 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 pp.

García, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. Tercera Edición. Editorial Larrios. México. 71 pp.

Godínez R., J. 2005. Procedencias y progenies de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, Nuevo León. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 27 pp.

Gunia, S. 1976. Mineral nutrition. Outline of physiology of scocht pine. U.S.D.A. and the National Science Foundation, Washington, D.C. USA. 121-141 pp.

Hernández B., E. 2005. Ensayos de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el Ejido 18 de Marzo., Galeana Nuevo León. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 53 pp.

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 pp.

López U., J., Jasso M., J. J. Vargas H. Ayala S. 1993. Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*. Agrocienza. 3(1):81-95 pp.

López A., J. L., J. J. Vargas H., C. Ramírez H. y J. López U. 1999. Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal en *Pinus greggii* Engelm. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 5(2):133-140 pp.

López L., M. 2010. Sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de coníferas plantadas en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 24 pp.

López O, L. A. 2010. Sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de coníferas en tres localidades de la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 39 pp.

Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda Edición. Ediciones Botas. México. 431 pp.

Martínez, M. 1953. Las pináceas mexicanas. Secretaría de agricultura y ganadería. Subsecretaría de recursos forestales y de caza. México, D.F. 363 pp.

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 pp.

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 pp.

Nájera D., A. 1983. Ensayo de adaptación de seis especies de *Pinus* en la Sierra de San José de Boquillas, N.L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista saltillo, Coahuila, 66 pp.

Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. En memoria Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales.

Ornelas H., G. 1997. Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el C.A.E.S.A., Arteaga, Coahuila. Tesis profesional UAAAN. Saltillo, Coahuila. 59 pp.

Perry, P. J. 1991. The Pines of México and Central America. Timber Press. portland, Oregon. 231 pp.

Plancarte B., A. y Cigarrero C. C. 1993. Evaluación de la diversidad genética en poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. Tesis en Maestría en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillos, México. 90 pp.

Raghavendra, A. S. 1991. Growth and nutrition of tree seedling. Physiology of trees. A Wiley-Interscience publication John Wiley Sons, Inc. USA. 199-219 pp.

Rodríguez S., R. 1989. Ensayo de adaptación de cinco especies del género *Pinus* en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 75 pp.

Russell, R.S. 1968. Condiciones del suelo y Crecimiento de las plantas. Cuarta Edición. Editorial Aguilar. Madrid España. 766 pp

Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 431 pp.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Sámano D., J. L. 1995. Sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de pinos establecidos en el invierno y bajo diferentes tratamientos a la vegetación en la Sierra de Arteaga. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 84 pp.

SARH. 1985. Inventario forestal del estado de Coahuila. Publicación especial No. 51. México, D.F. 79 pp.

Serrato C., J. A. 2000. Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. En el predio de los Tarihuanes, Cañón de Jame, Arteaga Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buena Vista, Saltillo, Coahuila. México 67 pp.

SEMARNAP. 1998. Programa de restauración de áreas afectadas por los incendios forestales en el Municipio de Arteaga, Coahuila. Saltillo, Coah. 48 pp.

SEMARNAP. 1999. Anuario estadístico de la producción forestal. Primera edición. México. 144 pp.

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.

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 pp.

Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. 1982. Fertilidad de los suelos y Fertilizantes. Editorial Hispano-Americana, S.A: de C.V. Primera Edición en español. DF., México.

Touzet, G. 1985. Plantaciones forestales para fines industriales en IX Congreso Forestal Mundial. Resumen de Ponencias. SARH-FAO. México. E-1.3.1.

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 pp.

Valencia M., S., M.V. Velasco G., M. Gómez C., M. Ruiz M. y M.A. Capó A. 2006. Ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta de Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29(1):27-32 pp.

Velasco G., M. V. 2001. Ensayo de trece procedencias de *Pinus greggii* en dos localidades de la Mixteca alta Oaxaca. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 75 pp.

Venator, C. R.; Liegel, L. H.; and Barnett, J. P. 1985. Bare root versus container production in pines in the American Tropics. In: South, D. B. ed. Proceedings, International Symposium on Nursery Management Practices for the Southern Pines; 1985 August 4-9: Montgomery, Alabama. 72-82 pp.

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.122-131 pp.

Zobel, B. J.J. Talbert. 1998. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 pp.

VIII. APÉNDICE

Resultados del Método de la Diferencia Significativa Honesta de Tukey

Localidad Mesa de las tablas

Sobrevivencia (%) por especie (Pr>F 0.0032)

Tukey	Media	N	Especie
A	86.75	12	<i>P. cembroides</i>
A	78.58	12	<i>P. greggii</i>
BA	64.29	12	<i>P. ayacahuite</i>
BA	62.25	12	<i>P. pinceana</i>
B	37.75	12	<i>A. Vejari</i>

Sobrevivencia (%) por tratamiento de fert. (Pr>F 0.0011)

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	84.30	15	Plantex
A	79.40	15	Osmocote
BA	58.17	15	Micromódulos
B	41.83	15	Testigo

Altura (m) por especie (Pr>F <.0001)

Tukey	Media	N	Especie
A	5.90	11	<i>P. greggii</i>
B	2.83	9	<i>P. ayacahuite</i>
C	1.96	7	<i>A. Vejari</i>
C	1.95	12	<i>P. cembroides</i>
C	1.18	10	<i>P. pinceana</i>

Altura (m) por tratamiento de fertilización (Pr>F 0.0303)

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	3.09	12	Micromódulos
BA	2.95	13	Osmocote
BA	2.91	14	Plantex
B	2.31	10	Testigo

Diámetro (cm) por especie (Pr>F <.0001)

Tukey	Media	N	Especie
A	12.44	11	<i>P. greggii</i>
B	5.30	9	<i>P. ayacahuite</i>
C	2.91	7	<i>A. Vejari</i>
DC	2.77	12	<i>P. cembroides</i>
D	1.45	10	<i>P. pinceana</i>

Diámetro (cm) por tratamiento de fert. (Pr>F 0.0478)

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	5.68	13	Osmocote
BA	5.25	12	Micromódulos
BA	5.16	14	Plantex
B	4.36	10	Testigo

Cobertura (m²) por especie (Pr>F <.0001)

Tukey	Media	N	Especie
A	95.03	11	<i>P. greggii</i>
B	19.17	9	<i>P. ayacahuite</i>
C	6.47	7	<i>A. Vejari</i>
DC	5.27	12	<i>P. cembroides</i>
D	1.72	10	<i>P. pinceana</i>

Cobertura (m²) por tratamiento de fert. (Pr>F 0.0119)

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	21.65	13	Osmocote
BA	17.87	14	Plantex
BA	18.02	12	Micromódulos
B	11.88	10	Testigo

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

Localidad El Hondable

Sobrevivencia (%) por especie (Pr>F 0.0326)

Tukey	Media	N	Especie
A	64.29	12	<i>P. cembroides</i>
BA	56.13	12	<i>P. greggii</i>
BA	52.04	12	<i>P. pinceana</i>
BA	43.88	12	<i>P. ayacahuite</i>
B	27.54	12	<i>A. Vejari</i>

Sobrevivencia (%) por tratamiento de fert. (Pr>F <.0001)

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	64.70	15	Osmocote
A	61.43	15	Micromódulos
A	58.17	15	Plantex
B	10.80	15	Testigo

Altura (m) por especie (Pr>F <.0001)

Tukey	Media	N	Especie
A	6.14	9	<i>P. greggii</i>
B	2.04	10	<i>P. cembroides</i>
B	1.72	9	<i>P. ayacahuite</i>
C	1.07	10	<i>P. pinceana</i>
C	0.83	7	<i>A. Vejari</i>

Altura (m) por tratamiento de fertilización (Pr>F 0.0261)

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	2.60	15	Plantex
BA	2.54	14	Testigo
BA	2.33	13	Micromódulos
B	2.19	9	Osmocote

Duncan, $\alpha= 0.05$

Diámetro (cm) por especie (Pr>F <.0001)

Tukey	Media	N	Especie
A	15.39	9	<i>P. greggii</i>
B	3.63	9	<i>P. ayacahuite</i>
B	3.62	10	<i>P. cembroides</i>
C	1.80	10	<i>P. pinceana</i>
C	1.77	7	<i>A. Vejari</i>

Diámetro (cm) por tratamiento de fert. (Pr>F 0.0093)

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	6.16	14	Plantex
BA	5.03	4	Micromódulos
BA	5.03	14	Testigo
B	4.69	13	Osmocote

Cobertura (m²) por especie (Pr>F <.0001)

Tukey	Media	N	Especie
A	150.44	9	<i>P. greggii</i>
B	10.87	9	<i>P. ayacahuite</i>
B	8.71	10	<i>P. cembroides</i>
C	2.84	7	<i>A. Vejari</i>
C	2.35	10	<i>P. pinceana</i>

Cobertura (m²) por tratamiento de fert. (Pr>F 0.0232)

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	23.93	14	Plantex
BA	17.72	4	Testigo
B	17.13	14	Micromódulos
B	16.91	13	Osmocote

Duncan, $\alpha= 0.05$

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

Localidad El Zorrillo

Tukey	Media	N	Especie
A	86.75	12	<i>P. cembroides</i>
A	68.38	12	<i>P. pinceana</i>
BA	60.21	12	<i>P. ayacahuite</i>
BA	56.13	12	<i>P. greggii</i>
B	21.42	12	<i>A. Vejari</i>

Tukey	Media	N	Trat. Fert.
A	74.50	15	Plantex
BA	66.33	15	Micromódulos
BA	54.90	15	Osmocote
B	38.57	15	Testigo

Tukey	Media	N	Especie
A	5.89	10	<i>P. greggii</i>
B	1.65	9	<i>P. ayacahuite</i>
B	1.60	12	<i>P. cembroides</i>
B	0.92	5	<i>A. Vejari</i>
B	0.83	10	<i>P. pinceana</i>

Tukey	Media	N	Especie
A	13.19	10	<i>P. greggii</i>
B	3.66	9	<i>P. ayacahuite</i>
B	3.25	12	<i>P. cembroides</i>
B	2.39	5	<i>A. Vejari</i>
B	1.88	10	<i>P. pinceana</i>

Tukey	Media	N	Especie
A	134.78	10	<i>P. greggii</i>
B	9.90	9	<i>P. ayacahuite</i>
B	7.60	12	<i>P. cembroides</i>
B	4.26	5	<i>A. Vejari</i>
B	2.81	10	<i>P. pinceana</i>

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