

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÒN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Crecimiento y Supervivencia en una Plantación de *Pinus greggii* Engelm. Sujeta a
Tratamientos de Nutrición Orgánica y Química en Saltillo, Coahuila

Por:

ANAI MARTÍNEZ MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Crecimiento y Supervivencia en una Plantación de *Pinus greggii* Engelm.
Sujeta a Tratamientos de Nutrición Orgánica y Química en Saltillo, Coahuila

Por:

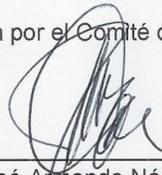
ANAI MARTÍNEZ MARTÍNEZ

TESIS

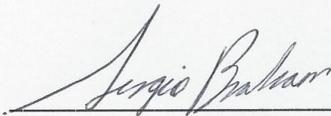
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



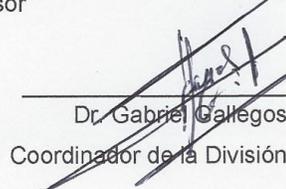
M.C. José Armando Nájera Castro
Asesor Principal



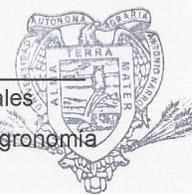
Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor



M.C. Jorge David Flores Flores
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2016

DEDICATORIA

A mis padres **Rafael Martínez López y Gloria Martínez Flores**, por siempre darme su apoyo incondicional, por todos esos consejos, por creer en mí. Por esas desveladas, que no solo yo pase, que también ustedes lo vivieron, trabajando duro para poder cubrir mis gastos. No hay manera alguna de agradecerles el sacrificio tan grande que han hecho por mí. Les dedico este pequeño libro, que parece insignificante, pero que tiene un gran valor y esfuerzo logrado, no solo mío, sino de nosotros. Los amo mis queridos padres y GRACIAS por todo.

A mi querido esposo **Michel Torres Santoyo**, por esos regaños, que a veces me hacían enojar, pero que siempre me sirvieron. Por enseñarme cosas de la vida que desconocía, por hacerme más fuerte. Esta tesis no solo es mía, es de los dos, hemos sido un gran equipo. Gracias por ayudarme en mis tareas, por tenerme paciencia, y sobre todo por hacerme reír a cada momento. Te Amo mi Pequeño, y estés en donde estés siempre estaré contigo apoyándote, Fighting!!!!!!!.

A mis hermanos **Jesús Martínez Martínez y Dulce Maleni Martínez Martínez**, que han sido una parte importante en mi vida, me han enseñado muchas cosas, me he divertido con ustedes, no solo han sido mis hermanos, también han sido los mejores amigos. Por ayudarme a salir de situaciones que me hacían mal, por perdonarme por lo malo que les hecho. Siempre contarán conmigo, los amo mis Mugrestars.

A mis abuelitos **Juan Martínez y Julia López Lorenzo** porque siempre ha sido unos padres para mí, por cuidar de mi cuando era pequeña, por darme consejos y amor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud, la vida para lograr las metas que me he propuesto, y por hacer que las cosas salgan mejor de lo que espero.

A MI ALMA MATER, por darme la oportunidad de culminar una etapa más de mi vida, por brindarme los servicios esenciales.

Al M.C. José Armando Nájera Castro, por darme la oportunidad de realizar mi tesis bajo su asesoramiento.

Al M.C. Jorge David Flores Flores, por contribuir a revisar esta tesis.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por asesorarme en este proyecto.

A mis amigos, **María de los Ángeles Covarrubias Gonzales** porque siempre fuiste mi confidente, platicas largas y experiencias que vivimos juntas que jamás olvidare, a **María Sánchez Hernández** por ser sincera, y brindarme una linda amistad, a **Rigoberto Otoniel Vázquez** por ayudarme con tantas dudas en la escuela, ser paciente conmigo y ser un gran amigo, a **Jesús Gómez Pacheco** por esos consejos y platicas que fueron sinceras, y por tu gran amistad, a **Adilene Bonilla Ramírez**, por ayudarme siempre en lo que necesitara, te llegaste a convertir en una gran amiga, **Catalina Butrón Rojas**, porque aprendí mucho de ti, al ser dedicada y responsable, eres una gran amiga y **Guadalupe Cruz Barrera**, por brindarme una linda amistad. Les deseo lo mejor del mundo y espero esta amistad nunca muera. Los quiero mucho.

A mis compañeros **Alberto Solano Montoya, Nicasio Avendaño y Eliud Salazar Guerrero**, por apoyarme en la evaluación, delimitación de sitio y en mi plantación, se los agradezco, y les deseo lo mejor.

A mis compañeros de generación por los momentos que vivimos a lo largo de la carrera, aprendí cosas buenas de cada uno, les deseo éxito en lo que realicen.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Plantaciones forestales	4
2.1.1 Tipos de plantaciones forestales	4
2.1.2 Sistemas de plantación	6
2.2 Descripción de la especie.....	11
2.2.1. Valor e importancia	12
2.2.2. Distribución	13
2.3 Aspectos de nutrición de árboles	14
2.3.1 Necesidades nutritivas de árboles.....	15
2.3.2 Efecto de macro y micro elementos en las plantas (función)	15
2.3.3 Tipos de nutrición forestal en plantaciones	18
2.3.4 Fertilización química	18
2.3.5 Fertilización orgánica	20
2.4 Trabajos afines.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 Ubicación geográfica	28
3.1.1 Hidrografía	28
3.1.2 Clima	29
3.1.3 Fauna	29
3.1.4 Vegetación	29
3.1.5 Geología.....	30
3.2 Procedimiento de estudio	30
3.2.1 Superficie del área experimental	30
3.3 Unidad experimental.....	31
3.4 Descripción de tratamientos aplicados	32

3.5 Variables evaluadas	34
3.6 Levantamiento de datos	34
3.7 Diseño experimental.....	35
3.8 Análisis de datos	35
3.9 Manejo de la plantación.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1 Crecimiento en altura	42
4.2 Crecimiento en diámetro basal	44
4.3 Crecimiento en diámetro de copa	47
4.4 Supervivencia	50
4.5 Discusión general	52
V. CONCLUSIONES	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. LITRATURA CITADA.....	56
APÉNDICE.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de plantaciones forestales (Jasso y Villareal, 1978).	5
Tabla 2. Distribución de <i>Pinus greggii</i> (Eguiluz, 1978).....	14
Tabla 3. Dosificación de tratamientos y aplicación por planta.....	32
Tabla 4. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable altura.....	42
Tabla 5. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en altura en porcentaje en el segundo período.....	44
Tabla 6. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en altura en porcentaje en el tercer período.	44
Tabla 7. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable diámetro basal.....	45
Tabla 8. Porcentaje de medias de Tukey para crecimiento en diámetro basal en porcentaje en el segundo período.	46
Tabla 9. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en diámetro basal en porcentaje en el tercer período.....	47
Tabla 10. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable diámetro de copa.	48
Tabla 11. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en diámetro de copa en porcentaje en el segundo período.....	49
Tabla 12. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en diámetro de copa en porcentaje en el tercer período.....	50
Tabla 13. Prueba de comparación de medias de Tukey para sobrevivencia en porcentaje en la segunda evaluación.	50
Tabla 14. Prueba de comparación de medias de Tukey para la sobrevivencia en porcentaje en la tercera evaluación.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Forma de construcción de una cepa común. a) Tierra superficial. b) Tierra profunda.....	7
Figura 2. Cilíndrica. a) Tierra superficial. b) Tierra profunda.....	7
Figura 3. Cono truncado.....	8
Figura 4. Sistema español.....	9
Figura 5. Zanja Trinchera.....	10
Figura 6. Características morfológicas de <i>Pinus greggii</i>	12
Figura 7. Capas de una composta.....	21
Figura 8. Elaboración de abono tipo bocashi.....	22
Figura 9. Proceso de elaboración de composta.....	23
Figura 10. Ubicación de san juan de la vaquería, Saltillo, Coahuila.....	28
Figura 11. Diseño del área experimental.....	31
Figura 12. Unidad experimental.....	32
Figura 13. Árboles evaluados.....	33
Figura 14. Distribución de los tratamientos.....	33
Figura 15. Sistema de plantación cepa común.....	36
Figura 16. Suelo agregado.....	37
Figura 17. Plantación.....	37
Figura 18. Tierra agregada.....	38
Figura 19. Aplicación de humus líquido.....	39
Figura 20. Mezcla de humus sólido.....	40
Figura 21. Aplicación de fertilizante triple 17.....	41
Figura 22. Representación de crecimiento en la altura.....	43
Figura 23. Crecimiento en diámetro basal.....	46
Figura 24. Crecimiento en diámetro.....	49
Figura 25. Supervivencia final.....	52

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en una plantación de *Pinus greggii* Engelm. en el Ejido San Juan de la Vaquería, municipio de Saltillo, Coahuila, la cual se estableció en junio de 2015. Se evaluaron cuatro tratamientos de nutrición: tratamiento 1 (humus sólido), tratamiento 2 (humus líquido), tratamiento 3 (fertilizante triple 17) y tratamiento 4 (testigo).

Los parámetros evaluados fueron: crecimiento en altura, crecimiento en diámetro basal, crecimiento en diámetro de copa y la sobrevivencia.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los datos se capturaron en Excel, para posteriormente analizarlos en el programa estadístico SAS.

Los resultados arrojaron que el tratamiento 2 (humus líquido), respondió mejor al crecimiento en altura. Para el crecimiento en diámetro basal, los tratamientos: 3 (Fertilizante triple 17) y 1 (humus sólido), presentaron crecimiento mayor en los tres períodos de evaluación; el tratamiento 2 (humus líquido), no mostró un crecimiento considerable en esta variable. En cuanto al crecimiento en diámetro de copa, el tratamiento 3 (fertilizante triple 17) fue el que mejor resultado obtuvo. Para la sobrevivencia el mejor tratamiento fue el 2 (humus líquido), teniendo un porcentaje del 80%, el tratamiento con menos sobrevivencia fue el 3 (fertilizante triple 17), ya que solo se obtuvo el 20%.

En las variables evaluadas no se encontraron diferencias estadísticas entre ninguno de los tratamientos. Se requiere más tiempo para poder observar diferencias significativas entre los tratamientos.

Correo electrónico; anai martinez martinez, strellita_hemoxa@yahoo.com

Palabras claves: *Pinus greggii* Engelm., fertilizante triple 17, sobrevivencia, crecimiento en altura, diámetro basal, diámetro de copa.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques juegan un papel muy importante en el sostenimiento de los estándares de la calidad de vida, puesto que proporcionan un gran número de beneficios tangibles e intangibles. También, son componentes básicos de los ecosistemas. Sin embargo, el crecimiento de la demanda de madera ocasionado por el aumento de la población mundial, ha puesto en peligro la permanencia de los mismos, por lo que grandes áreas forestales se pierden anualmente como consecuencia de la tala inmoderada de los bosques (Musalem, 2006).

De acuerdo a la Cámara de las Industrias Derivadas de la Silvicultura (CNDIS, 1979, 1982, 1989 y 1991), entre 1982 y 1989 en México se perdieron 295,000 hectáreas anuales de bosques y selvas, mientras que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), indica que México perdió 155,000 hectáreas anuales de bosques y selvas entre los años 2005 y 2010.

El cambio de uso de suelo forestal, es uno de los problemas de la deforestación, esta ha sido la causa principal de la eliminación de la vegetación por la expansión de las fronteras agrícolas, pecuarias, así como la tala clandestina (Musalem, 2006).

Para solucionar el problema de la deforestación, se ha recurrido a las plantaciones forestales con especies nativas y exóticas. Las de pino son las que mejores resultados han tenido en cada localidad, de tal manera que hay preferencia por las nativas sobre las introducidas (García *et al.*, 2006).

Los problemas que aquejan a las plantaciones forestales, es que son vulnerables al ataque de plagas y enfermedades e incendios, se requieren altas inversiones iniciales y el riesgo de afectar las propiedades del suelo a largo plazo (erosión, extracción de nutrientes, etc.) (Rodríguez, 2001).

El crecimiento inicial y la sobrevivencia de las plantaciones forestales se pueden aumentar por medio de prácticas de fertilización ya sea química u orgánica (Miller, 1981).

Con base a lo anterior se planteó realizar la presente investigación que tiene como propósito evaluar en una plantación de *Pinus greggii* Engelm., el efecto de la nutrición utilizando abonos orgánicos, como el humus de lombriz sólido y líquido, así como algún fertilizante químico de uso común en la agricultura, como el triple 17.

La investigación se realizó en el Ejido San Juan de la Vaquería, ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Evaluar el crecimiento y la sobrevivencia en una plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida en el municipio de Saltillo, Coahuila, sujeta a fertilización orgánica y química.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de los tratamientos de nutrición orgánica y química en el crecimiento en altura, diámetro de copa y diámetro de tallo.
- Evaluar el efecto de los tratamientos de nutrición orgánica y química en la sobrevivencia de la plantación.

1.2 Hipótesis

Ho: No existen diferencias en el crecimiento de las variables evaluadas ni en la sobrevivencia de la plantación, entre ninguno de los tratamientos evaluados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Plantaciones forestales

Una plantación forestal es un tipo de bosque especial. En comparación con muchos bosques naturales, en particular los tropicales, la plantación es simple y uniforme en cuanto a su estructura, la composición de especies y en su capacidad para aprovechar la energía solar y el reciclaje del agua y de los nutrientes. En estas condiciones, el ser humano puede controlar la genética, el crecimiento, la fertilidad, las relaciones hídricas y en general, el desarrollo de los árboles. (Richter *et al.*, 1995)

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (2002), las plantaciones forestales se definen como aquellas formaciones forestales sembradas en el contexto de un proceso de forestación o reforestación. Estas pueden ser especies introducidas o nativas que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10% de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m.

2.1.1 Tipos de plantaciones forestales

Según Jasso y Villareal (1978) en la Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales, proponen una clasificación muy detallada que comprende cinco grandes grupos: comerciales; protectoras; escénicas, recreativas y sociales; investigación, experimentales y demostrativas, y faunístico (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de plantaciones forestales (Jasso y Villareal, 1978).

Clasificación		Objetivo	
I. Comerciales.	A. Industriales.	1. Aserrío.	Construcción, mueblería, embarcaciones, chumaceras, tonelería, zapatas para el metro, postes, pilotes, durmientes, dimensionales, etc.
		2. Pulpa y papel.	Todos tipos.
		3. Triplay.	
		4. Extractivos.	Resina, huelle, taninos, aceites, colorantes, ceras, etc.
		5. Fibras.	Lechuguilla, palma samandoca, etc.
	B. Artesanales.	Juguetería, decoración, herramientas, instrumentos musicales, etc.	
	C. Energéticos.	Leña, carbón, etc.	
	D. Alimenticios.	Piñón, chicozapote, nuez, avellana, canela, pimienta, orégano, clavo, eucaliptos, etc.	
	E. Propagación.	Producción de germoplasma sexual y asexual certificado.	
	F. Ornamentales.	Árboles de navidad, setos vivos, jardinería habitacional, alegorías, etc.	
G. Agropecuarias.	Sombras, media sombra, espaldilla para frijol, vara para jitomate, rodrigones para vid, horqueta para plátano, forraje, cercas, cajas de empaque, etc.		
H. Vivienda rural.	Morillos, estructuras y acabados.		
II. Protectoras.	A. Cuenca hidrológicas e hidrográficas en general.		
	B. Vasos de almacenamiento para riego, aguajes, etc.		
	C. Vasos de almacenamiento para energía eléctrica.		
	D. Centros de población.		
	E. Vías públicas.		
	F. Recuperación de áreas erosionadas.		
	G. Nacimientos acuíferos.		
	H. Azolves y tolveras.		
	I. Fijación.		
	J. Cortina rompevientos.		
III. Escénicas, recreativas y sociales.	A. Turismo.	1. Cortinas rompevientos.	
		2. Cortinas para disminución de ruidos.	
		3. Arquitectura de paisaje.	
		4. Juegos infantiles.	
		5. Rotación para recuperación de áreas.	
		6. Merenderos o paraderos para recreación.	
	B. Ornamentales.	1. Árboles de alineación en ciudades.	
		2. Parques y jardines, plantaciones urbanas.	
		3. Cementerios.	
C. Parques nacionales.	1. Áreas silvestres.		

IV. Investigación, experimentales y demostrativas.	A. Arboretos.
	B. Estudios de progenie
	C. Estudios de heredabilidad.
	D. Jardín botánico.
	E. Estudios de eliminación de especies.
	F. Estudios de procedencia.
	G. Reservorios de acervo genético.
	H. Bancos clonales.
V. Faunístico.	A. Protección, refugio.
	B. Melíferas.
	C. Criaderos.

2.1.2 Sistemas de plantación

El éxito de toda plantación forestal está basado fundamentalmente, en dos aspectos: la preparación del terreno en sí y la especie que se plante (Pimentel, 2007).

De acuerdo con Pimentel (2007) los sistemas de plantación son en aspectos forestales los siguientes:

2.1.2.1 Cepa común

Este sistema es el método más usado en México, debido posiblemente a la factibilidad de su construcción; es recomendable usarlo en aquellos terrenos que tengan suelos profundos, pedregosos (no rocosos) o arenosos, y nunca en terrenos erosionados o con suelos delgados.

Este método, consiste en hacer hoyos cúbicos de 40 cm de largo, 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad (Figura 1). La distribución de las cepas puede ser regular o irregular, según se presten las condiciones del terreno, procurando que la separación entre ellas sea de 1.50 a 3.00 m; y entre hileras, de 2.50 a 3.50 m.

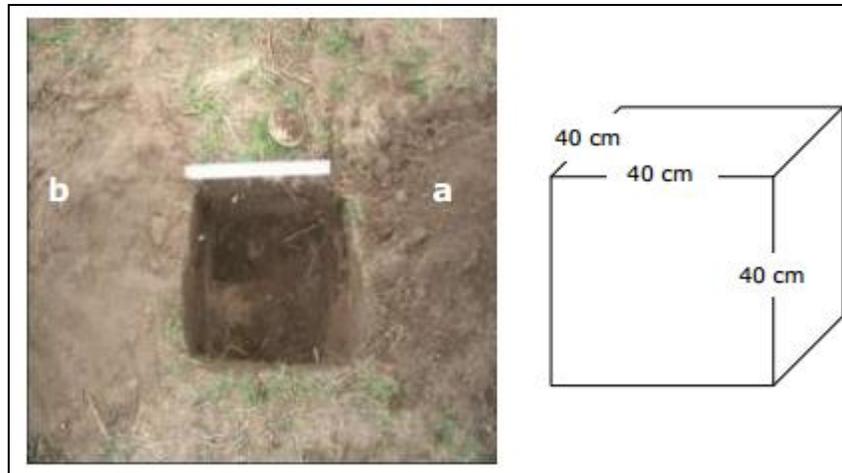


Figura 1. Forma de construcción de una cepa común. a) Tierra superficial. b) Tierra profunda.

2.1.2.2 Cilíndrica

Este sistema consiste en trazar una circunferencia de 40 cm de diámetro (D), con una profundidad de 40 cm (h) (Figura 2).

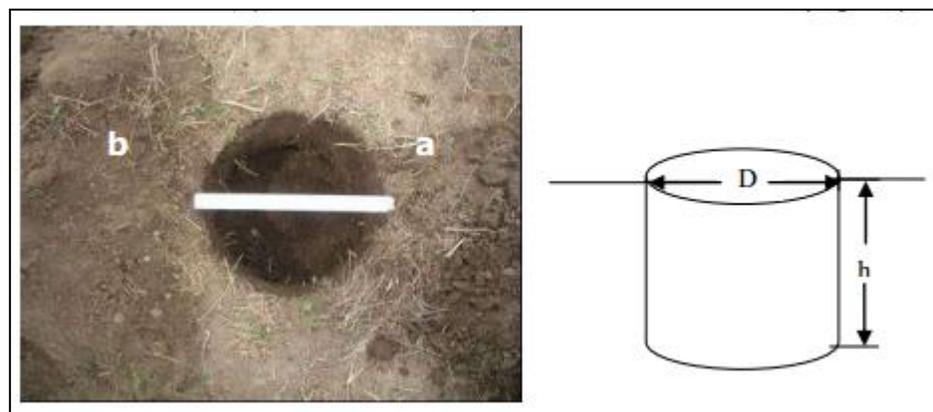


Figura 2. Cilíndrica. a) Tierra superficial. b) Tierra profunda.

2.1.2.3 Cono truncado

Para realizar este método hay que trazar la base superior de 30 cm de diámetro (d), y a medida que se va profundizando, se va ensanchando la excavación, para que, al llegar a los 40 cm de profundidad, se alcance también un diámetro (D) de 40 cm (Figura 3). Este tipo de cepa tiene menor volumen de excavación, conserva mejor la humedad y propicia mejor el encajamiento del sistema radical.

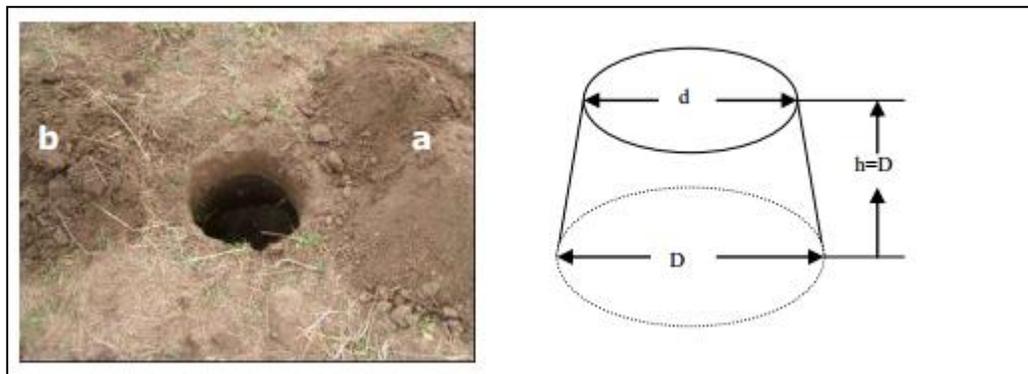


Figura 3. Cono truncado.

2.1.1.4 Sistema Español

Es ideal para terrenos con pendiente de moderada a plana y que presenten escasa precipitación y suelos compactos. Consiste en hacer una cepa de 40 cm de ancho por igual profundidad. En torno a ella se construye un cajete de más o menos 1 m de diámetro con una profundidad de 10 a 15 cm en su parte más honda. La finalidad del cajete como se muestra en la Figura 4, es captar el agua para la planta introducida. Se debe cuidar que el centro de la cepa (donde se coloca la planta), no esté en la parte más honda del cajete, para evitar que el agua captada inunde la cepa, o al menos lo haga de forma temporal. Por ello, la planta

debe quedar ubicada en la pared inclinada del cajete queda pendiente abajo (Arriga *et al.*, 1994).

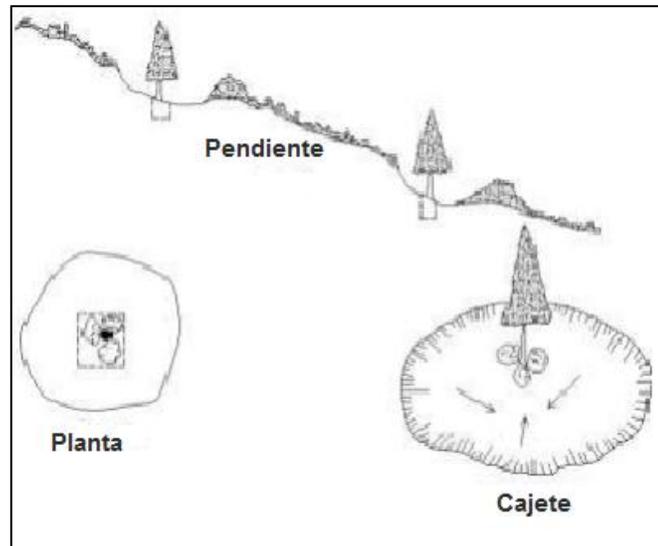


Figura 4. Sistema español.

Una vez introducida la planta se colocan tres piedras, o más dependiendo del tamaño, en torno a su base (Figura 4), con la finalidad de evitar la evaporación del agua contenida en el suelo subyacente, impedir el brote de malezas, proteger a la planta de los incendios y pisoteo de los animales, amortiguar las bajas temperaturas del invierno y retener el calor del sol (Arriga *et al.*, 1994).

2.1.1.5 Zanja trinchera

En este sistema la disposición de la zanja se hace siguiendo las curvas de nivel del terreno; su longitud puede variar de 3 a 6 m dejando entre zanja y zanja de la misma hilera, un tabique divisor de más o menos 50 cm. de longitud, que bien

puede ser a nivel del terreno natural o un poco más abajo, para que haya comunicación de agua entre las zanjas, evitando al mismo tiempo escurrimiento con velocidad. La construcción se basa en una zanja de 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, depositando la tierra producto de la excavación aguas debajo de la zanja, de tal manera que forme un borde de unos 30 cm de altura (Figura 5), latitudes que van de 1:1 a 1:2, según el material del terreno (Pimentel, 1978).

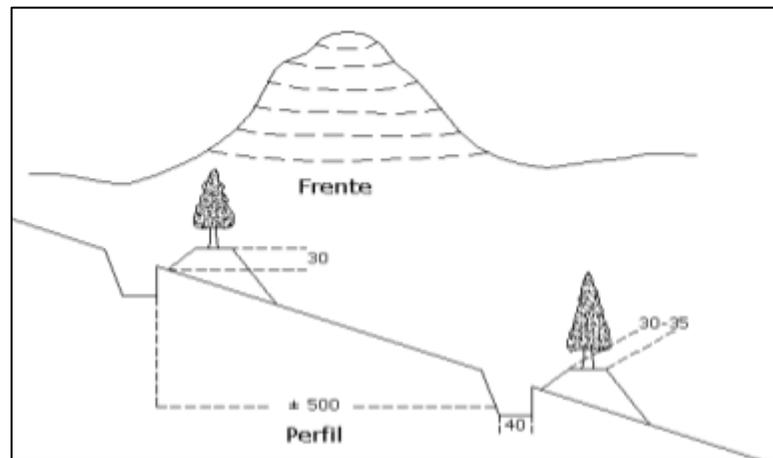


Figura 5. Zanja Trinchera.

Es muy recomendable que la disposición de las zanjas entre las hileras se lleve al tresbolillo, para que exista una eficiente captación del agua por escurrimiento; la equidistancia vertical entre las hileras varía con la pendiente y las condiciones del terreno, pero generalmente se ponen a una equidistancia horizontal de más o menos 5 metros (Pimentel, 1978).

2.2 Descripción de la especie

Nombre científico

Pinus greggii Engelm.

Es una especie nativa de México parecida a *P. patula*, pero se diferencia por sus hojas cortas, derechas y gruesas; aunque pertenecen al mismo grupo botánico. Se le conoce como: “pino prieto” en Coahuila, “pino ocote” en Hidalgo, en los estados del norte como “pino garabatillo”, y en las poblaciones del centro como “ocote” u “ocote chino” (Eguiliz, 1978).

Según Perry (1991), *Pinus greggii* cuando se asocia lo hace con *Pinus patula*, *P. teocote*, *P. cembroides*, *P. arizonica*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Juniperus* sp., en ocasiones lo hace con *Pinus pseudostrobus*, *Limquidambar styraciflua*, *Plantanus* sp., *Cupressus* sp., y *Quercus* sp. Cuando *Pinus greggii* crece arriba de 3000 metros de altitud se ha visto asociado con *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*, *Pinus rudis* y *Abies vejari*.

Es un árbol de tronco recto y copa amplia de 10 a 25 metros de alto y hasta 40 cm de diámetro, corteza gruesa, áspera de color café grisácea dividida por profundas fisuras verticales en arboles maduros, en los arboles jóvenes la corteza es lisa de color café grisácea. Hojas en grupo de tres raramente dos y cuatro, de 7 a 15 cm de largo. La vaina tiene una longitud de 5 a 14 mm de color café pálido grisáceo, persistente pero cuando son viejas ocasionalmente son deciduas (Figura 6).

Cono fuerte y persistente, duros casi sésiles, oblongos cónicos, oblicuos, algo encorvados, de color ocre, lustrosos, agrupados por pares de 3.8, miden de 6 a 12 cm de largo con aspecto muy parecido al de *Pinus patula*. Semillas de color gris a café-negrusco, miden de 5 a 7 mm de largo, de 3 mm de ancho, 1.9 mm de grueso. La madera no es muy resinosa, color amarillenta pálida y tiene una densidad media (Musalem, 2003).



Figura 6. Características morfológicas de *Pinus greggii*.

2.2.1. Valor e importancia

La madera de *P. greggii* se destina al aserrío, en su mayor parte, se usa para durmiente, pilotes para minas, vigas y postes para cercas, muebles y leña. La recomienda para construcción, ebanistería, decoración de interiores, lambrin y duelas para cielos rasos (Eguiluz, 1978).

En México es la cuarta especie de pino en términos de importancia en plantaciones del Programa Nacional de Reforestación (Dvorak y Donahue, 1993).

Normalmente *Pinus greggii* produce poca resina y normalmente no se explota. Se le ha observado buena adaptación en suelos degradados del Valle de México, donde se ha utilizado en reforestaciones para recuperar suelos erosionados. Es una especie ornamental, recomendándose para parques y campos deportivos abiertos. Actualmente se ha probado en plantaciones forestales fuera de su área de distribución natural, donde ha demostrado buena adaptación a suelos degradados, resistencia a plagas, enfermedades y sequias; así como buen

crecimiento durante sus primeros años de establecimiento (Gonzales, 1978; Eguiluz, 1978; Saldivar, 1982; Vargas, 1985).

Por su rusticidad, rápido crecimiento y precocidad en la floración, a *Pinus greggii* lo hacen atractivo para realizar programas de mejoramiento genético y el establecimiento de plantaciones forestales, ya sea con fines comerciales, de recuperación de suelos, o de protección de cuencas (Eguiluz, 1978; Placarte, 1988).

2.2.2. Distribución

El *Pinus greggii* Engelm. es un pino de cono serótino, con una distribución restringida a la Sierra Madre Oriental del Centro y Norte de México; se le ha reportado por diferentes autores desde la parte Norte del estado de Puebla, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León, entre los paralelos 20° 00' a 25° 40' de latitud Norte y meridianos 97° 40' a 101° 20' de longitud Oeste (Eguiluz, 1978; Dvorak y Donahue; Perry, 1991).

El rango de distribución altitudinal varía de acuerdo a los autores, que lo ubican de 1200 a 2700 msnm (Din, 1958; Eguiluz, 1978; Dvorak y Donahue, 1993) cubriendo condiciones subtropicales hasta templado frías en la carretera Zimapán-Jacala, Hidalgo (Plancarte, 1988).

Más específicamente Dvorak (1996) reporta que *Pinus greggii*, se distribuye en dos distintas regiones geográficas de México: en los estados de Coahuila y Nuevo León (24° a 25° de Latitud Norte) en la parte Noreste del país; y en los estados de Querétaro, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz (20° a 21° de Latitud Norte) en la región Central del país.

Tabla 2. Distribución de *Pinus greggii* (Eguiluz, 1978).

Estado	Localidad
Coahuila	San Antonio de las Alazanas. En las montañas cercanas a Saltillo. En cañón de Iglesias. Los Lirios.
Hidalgo	Tlanchinol. Minas Viejas, entre La Encarnación y Jacala. Apulco y Lolotla, cerca de Molango.
Nuevo León	La Joya a 25 km al N de Galeana; Cañón de Torrillal NE y SE de Cerro del Potosí, cerca de 18 de marzo. Cerro de la Ascensión y Cerro del Potosí.
Puebla	Patoltecoya, carr. Huachinango-Pueble-Necaxa.
Querétaro	La parada. Parador Santa Marta km 230 Carr. Jalapa-Xilitla y El lobo.
San Luis	Las Tablas, al SE de San Luis Potosí. Ahuacatlán.

Placarte (1990) observo en su estudio que la mayoría de las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. en el Centro de México son reducidas, aisladas y perturbadas por procesos antropogénicos. Sin embargo, Dvorak 1996 menciona que las poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. del Norte ocurren generalmente en pequeños manchones degradados de 20 hectáreas.

2.3 Aspectos de nutrición de árboles

Los arboles al igual que otras plantas requieren extraer del suelo y de la atmosfera los elementos necesarios para completar el ciclo de las mismas para sobrevivir, crecer, reproducirse y generar varios productos como madera, frutos, etc.

Los recursos para el crecimiento vegetal son factores del medio que directamente son consumidos por las plantas; estos incluyen: luz, agua, nutrientes y gases necesarios para la fotosíntesis y la respiración. Por otra parte, las condiciones del medio, son factores que influyen la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas, pero no son directamente consumidas por ellas, estos son: temperatura, compactación, aireación y penetrabilidad del suelo, entre otros. La conjugación de estos elementos conforma el microambiente de desarrollo de las plantas (Radosevich y Osteryoung, 1987).

2.3.1 Necesidades nutritivas de árboles

La productividad de los bosques depende de una serie de factores ambientales que comprenden: radiación, temperatura, agua y disponibilidad de nutrientes. Este último factor depende de dichas condiciones ambientales, y en la mayoría de los bosques, la productividad está relacionada con la absorción y disponibilidad de nutrientes (Blinkley, 1993).

Casi el 95% de la biomasa vegetal (utilizando como base el peso) está formada por carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), elementos que abundan en la naturaleza en forma de dióxido de carbono y agua. Los seis elementos siguientes (N, P, S, K, Ca y Mg) con frecuencia se denominan macronutrientes, y cada uno de ellos se limita al crecimiento de los bosques en algunas localidades del mundo. Por otro lado, los otros micronutrientes se necesitan en cantidades pequeñas (Blinkley, 1993).

2.3.2 Efecto de macro y micro elementos en las plantas (función)

De acuerdo con Blinkley (1993), la función de los macro y micronutrientes en los árboles forestales es de la siguiente manera:

El nitrógeno (N) es el componente más importante de todos los aminoácidos, los cuales son unidades estructurales de las proteínas. Las proteínas desempeñan una gran variedad de funciones, que van desde la formación de las paredes celulares hasta la regulación de la velocidad de las reacciones químicas, también forma una parte muy importante de los ácidos nucleicos: el ADN y el ARN que constituye la base de la herencia genética.

El contenido de nitrógeno de las plantas varía de acuerdo a los tejidos. Típicamente, el follaje contiene de 0.9 a 2.0% de N, mientras que la madera tiene menos del 0.5% de este elemento.

El Fósforo (P), en los suelos se encuentra en las rocas en forma de fosfato inorgánico, y en la materia orgánica no descompuesta. En las plantas, el P permanece de forma libre o unido a los azúcares y lípidos, desempeña una importante función en las transformaciones de energía de las células en forma de adenosín trifosfato (ATP). Las plantas requieren casi de 10 al 15% tanto de P como de N.

La limitación que el fosfato ejerce sobre el crecimiento de los árboles es común en los suelos viejos expuestos a un alto grado de intemperismo que tiende a contener un alto contenido de aluminio y hierro.

El azufre (S) existe en varias formas en los ecosistemas, desde la forma mineral de sulfuro de hierro hasta la gaseosa como el ácido sulfhídrico. La mayor parte del S orgánico de las plantas existe en tres aminoácidos (cisteína, cistina y metionina), que son los componentes más importantes de la mayoría de las grandes proteínas. Cuando el suministro de S excede a las demandas de las plantas se acumula sulfato inorgánico en las hojas. Las concentraciones de S orgánico del follaje de las plantas comúnmente son del 7 al 10% de la concentración de N. La disponibilidad limitada del S perjudica la capacidad de los rodales para responder a la fertilización con N.

Los minerales del potasio (K) comúnmente se encuentran en las rocas y en las partículas del suelo y el intemperismo de estos minerales constituye una fuente importante de K para los bosques. Parte del K se incorpora también en los ecosistemas en forma de sales disueltas en la precipitación pluvial. Una de las funciones principales del potasio es la de activar a muchas enzimas. Por lo común, las concentraciones de potasio en el follaje de las plantas son del 50 al 75% de las concentraciones de N.

El calcio (Ca) es uno de los minerales más abundantes que hay en las rocas. Los suelos que tienen un pH mayor de 6 o 7 tienen grandes cantidades de Ca precipitado, en forma de sales. Las concentraciones de calcio en las hojas son por lo general de 5 al 10% (en peso) respecto de las concentraciones de N. El Ca,

también se añade en forma de cal para aumentar el pH del suelo a niveles más favorables.

El contenido de magnesio (Mg) en las rocas es casi la mitad del contenido de calcio, correspondiente a la misma proporción que necesitan las plantas. La función más conocida del Mg es la de formar parte de la estructura de la molécula de la fotosíntesis, la clorofila. El contenido del Mg en este pigmento fotosintético representa solo del 15 al 20% del contenido total de este nutriente en las plantas. Las concentraciones del magnesio en el follaje son casi del 3 al 6% respecto de las concentraciones de N.

En cuanto a los micronutrientes, rara vez son necesarios; sin embargo, en los casos donde los micronutrientes limitan la productividad de los bosques, la respuesta a la demanda de cantidades muy pequeñas de fertilizantes puede ser muy sorprendente.

El manganeso (Mn) se libera de los minerales mediante el intemperismo, su disponibilidad aumenta al disminuir las condiciones anaeróbicas de suelo. Dentro de las plantas, el Mn a menudo se encuentra firmemente unido entre las proteínas, proporcionando estabilidad estructural a estas moléculas, este elemento es importante para la fotosíntesis.

El hierro (Fe) constituye cerca del 5% de la corteza terrestre y está presente en todos los suelos. La mayor parte de este elemento se encuentra en las rocas y en los minerales del suelo y, en algunos casos, la carencia en el suministro de éste para las plantas podría limitar su crecimiento.

El cobre (Cu) está presente en los minerales principalmente en su forma reducida, la disponibilidad de este nutriente en los suelos, depende en gran parte de su interacción con las moléculas orgánicas. La principal función del cobre en la fisiología de las plantas es la de llevar a cabo un cambio en el estado redox, el cual es necesario para que se produzca la reducción del oxígeno.

El cinc (Zn) controla la producción de importantes reguladores de crecimiento que afectan el crecimiento y desarrollo de tejido nuevo.

La deficiencia de boro (B) causa el cese del crecimiento del brote terminal, seguido de la muerte de las hojas verdes.

El cobalto (Co), a veces se considera como un nutriente esencial para las plantas, pero sus requerimientos al parecer sólo son para el beneficio de los microorganismos simbióticos que llevan a cabo la fijación del N en los nódulos de la raíz de las leguminosas y algunas otras clases de plantas.

2.3.3 Tipos de nutrición forestal en plantaciones

Los arboles al igual que las personas, necesitan una “alimentación balanceada”. Requieren de los nutrientes para estar sanos. Si falta uno, el árbol no crecerá bien. La deficiencia de nutrientes en los arboles hace que estos crezcan con lentitud y sean más sensibles a las enfermedades.

Los puntos más importantes de la aplicación de diferentes tipos de abonos en los arboles forestales son: la enmienda de los suelos (antes de la plantación de los árboles, o en zonas ya establecidas); el objetivo es intensificar el ciclo de los nutrientes; mejorar específicamente la nutrición y el crecimiento de los arboles; el objetivo de la nutrición no es solamente que aumente la producción de madera, sino también que se haga más seguro y homogéneo el desarrollo de los árboles y que aumente su resistencia (Finck, 1998).

2.3.4 Fertilización química

Un fertilizante es cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P_2O_5 , K_2O) (FAO, 2002).

Las razones del uso de los fertilizantes han sido presentadas por (Boosma y Hunter, 1990), estas incluyen:

1. Aumentar los niveles naturales de fertilidad del suelo y permitir un balance entre los nutrientes.
2. Proveer cantidades de nutrientes que permitan producir tasas de crecimiento aceptables predeterminadas.
3. Mantener tasas de crecimiento aceptables en el corto y largo plazo.

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

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

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

1. Corrección de deficiencias nutricionales inherentes que mejoran el crecimiento durante toda la rotación. La falta de fertilización en el establecimiento en sitios con deficiencias importantes, impide la obtención de máxima productividad del sitio en el largo plazo.
2. En muchos casos la sobrevivencia inicial es mejorada significativamente.
3. Los costos de aplicación son mínimos si se realiza en conjunto con la preparación de suelo.
4. Si se aplica durante la formación de camellones se permite una incorporación total del fertilizante en el suelo donde éste se encuentra más accesible al sistema radical de la planta.

2.3.5 Fertilización orgánica

En el medio rural existen grandes volúmenes de residuos orgánicos tales como estiércoles de animales, pajas, etc., que en algunos casos representan problemas de manejo y contaminación ambiental. Todos estos materiales orgánicos manejados adecuadamente pueden servir para elaborar compostas, las cuales a su vez ayudan a mejorar la productividad de los suelos (Valenzuela, 2008).

2.3.5.1 Tipos de abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas (Trinidad, 1987).

De acuerdo con Picado y Añasco (2005), los tipos de abonos orgánicos son los siguientes:

- A. **Composta:** Es un proceso de descomposición de diferentes clases de materiales orgánicos (restos de cosechas, excremento de animales, entre otros), realizado por microorganismos en presencia de aire. La figura 7, muestra las capas que puede tener una composta.

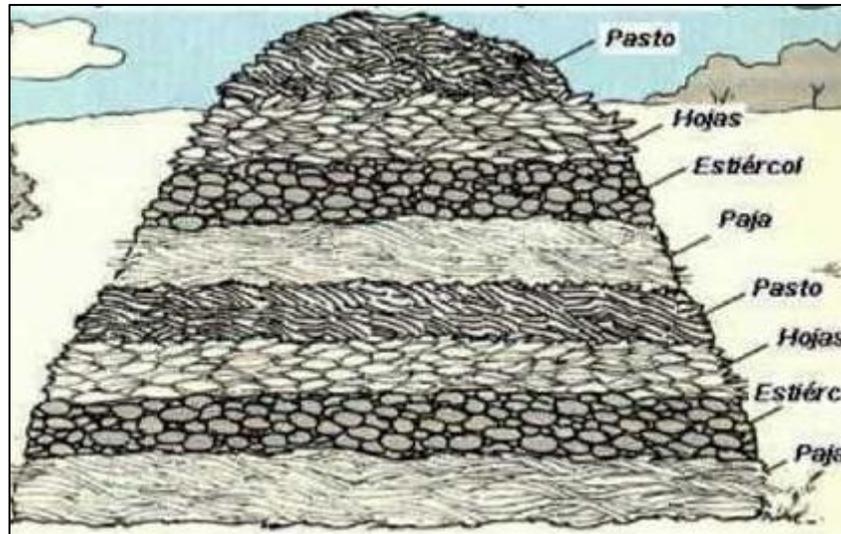


Figura 7. Capas de una composta.

- B. **Bocashi**: Es un abono orgánico, rico en nutrientes, se obtiene a partir de la fermentación de materiales secos (gallinaza, carbón quebrado, salvado de arroz, cascarilla de arroz, ceniza de fogón, melaza, levadura para pan, tierra arcillosa y agua) convenientemente mezclados. La Figura 8 muestra la elaboración de este tipo de abono. Su preparación puede requerir no más de 10 o 15 días para estar listo, lo conveniente es aplicarlo después de los 15 días, para dar tiempo a que madure. Se considera provechoso porque es de corta duración. Una de las desventajas de este tipo de abono es que sus componentes son difíciles de conseguir.

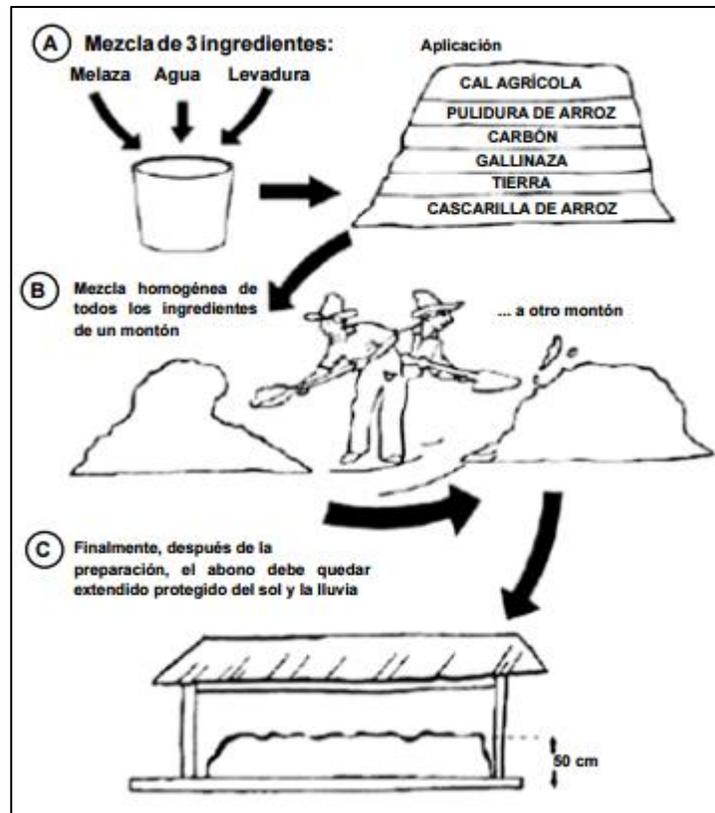


Figura 8. Elaboración de abono tipo bocashi.

- C. **Lombricomposta:** El uso de lombrices es muy apropiado para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, ya que ellas trabajan día y noche logrando procesar una cantidad igual a su peso por día. Por el fácil manejo y la alta reproducción de este animal, es una actividad factible de ser practicada. Este abono es muy rico en vida microbial, además las lombrices ayudan a neutralizar el pH del suelo y hacen que los elementos nutritivos se solubilizan.
- D. **Abonos orgánicos foliares o biofermentos:** estos abonos, a diferencia de los anteriores, son líquidos, no requieren mucha mano de obra, además se pueden hacer en grandes volúmenes y a su vez, se diluyen para su aplicación en una proporción del 4 al 10%, lo que los hace más baratos. Se obtiene mediante biofermentación, en forma líquida de estiércol de animales, principalmente vacuno, hojas de plantas y frutas con estimulantes

como: leche, suero, maleza, jugo de caña, jugo de frutas o levaduras. Además de nutrientes aportan vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos y antibióticos que contribuyen a equilibrar dinámicamente el suelo y la planta, haciéndola resistente a insectos dañinos y a enfermedades.

2.3.5.2 Composta

El compostaje es un proceso que es realizado por microorganismos que consumen oxígeno (O_2) y agua, al mismo tiempo se alimentan de los materiales orgánicos crudos. La actividad de los microorganismos da como resultado la liberación de una gran cantidad de calor, vapor de agua y carbono en forma de bióxido de carbono (CO_2). La pérdida de agua y CO_2 pueden representar la mitad o más del peso inicial de los materiales. Por lo tanto, el compostaje reduce el volumen y el peso de los materiales crudos originales. El resultado del proceso es un producto que contiene una gran cantidad de humus, nutrientes agua y microorganismos (Valenzuela, 2008). La figura 9 muestra el proceso de compostaje.



Figura 9. Proceso de elaboración de composta.

Según Valenzuela (2008) las ventajas de utilizar composta son las siguientes:

- La obtención de un producto con un alto contenido de materia orgánica estabilizada (humus).
- La eliminación casi completa de las semillas de malezas y patógenos.
- Una disminución de entre el 50 y el 75% del volumen de los materiales orgánicos originales, lo que facilita su manejo.
- Es un material que contiene nutrientes en forma orgánica, lo que lo hace más estable y difícil de perder, estos son liberados lentamente, facilitando que las raíces de la planta lo aprovechen.

2.3.5.3 Lombricomposta

La lombricomposta o crianza de lombrices, o vermicomposteo como se le ha llamado también, es una ecotecnología sencilla, viable y fructífera para la producción intensiva de abono orgánico. Es el conjunto de excretas o heces fecales de las lombrices; tiene la misma apariencia y olor de la tierra negra y fresca, es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y con una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad. Durante el proceso no se generan desperdicios, malos olores o atracción de organismos indeseables, además no requiere de equipos costosos, conocimientos profundos o controles estrictos (Zaragoza, 2012).

2.3.5.4 Características físicas y químicas de la lombricomposta sólida y líquida

Las características físicas de la lombricomposta sólida, es que ejerce una acción más favorable sobre la estructura del suelo, lo cual permite una buena circulación del agua y menor unión del suelo. Una tierra bien provista de lombricomposta

solida es más esponjosa, más aireada, menos pesada y menos sensible a la sequía. En cuanto a las características químicas, aumenta la capacidad del cambio de iones del suelo, funciona como regulador de la nutrición de la planta, es fuente y reserva de alimentos para la planta; bajo la acción de los microorganismos, este mineraliza poco a poco liberando así, no solamente el nitrógeno sino también el conjunto de elementos fertilizantes que se encuentran integrados en la materia orgánica. Además, contiene sustancias fitorreguladoras que aumentan la capacidad inmunológica de las plantas, por lo que ayuda a controlar la aparición de plagas.

La lombricomposta líquida es una solución compuesta por ácidos húmicos disueltos en agua, que permite entregar materia orgánica al suelo a través del riego. Las características físicas son que favorece la estructura del suelo, da un color oscuro al suelo, lo que provoca un aumento de su temperatura, aumenta la capacidad de retención de humedad en el suelo, mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, evitando la erosión producida por el escurrimiento superficial. Y en las características químicas elevan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos al unirse con las arcillas para formar el complejo arcillo- húmico, favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes en la planta y es importante fuente de carbono (Sabala, 2003).

2.4 Trabajos afines

Nájera *et al.* (2003) evaluaron el crecimiento de tres especies de *Pinus* (*Pinus halepensis*, *Pinus cembroides* y *Pinus pinceana*) en una plantación de árboles de navidad, realizado en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, dentro de los terrenos del vivero en el Departamento Forestal, sujeta a fertilización con dos dosis de fertilizante 17-17-17 (con 150 gr de NPK mas riego y 300 gr de NPK mas riego, por planta) y una dosis de fertilizante de lenta liberación, osmocote 14-14-14. En el primer año de crecimiento no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, la especie que mostró mejor crecimiento en

altura con el tratamiento de 300 gr de 17-17-17 fue *Pinus cembroides*, mientras que *Pinus halepensis* respondió mejor a la fertilización con osmocote en crecimiento en diámetro de copa. Para *Pinus pinceana* se obtuvo ligeramente mayor crecimiento en altura con la dosis de 150 gr de 17-17-17.

En una plantación de *Pinus cembroides*, y *Pinus halepensis*, para árboles de navidad, se utilizó un diseño completamente al azar, para probar tres aplicaciones de fertilizantes: 75 gr de NPK (triple 17) por planta más riego, 107 gr de NPK (osmocote 14-14-14) más riego por planta y 150 gr de NPK (triple 17) por planta, más riego y dos testigos: testigo 1 sin tratamiento y testigo 2 solo con riego. *Pinus halepensis* *Miller* respondió mejor a la fertilización de 107 gr de NPK (osmocote 14-14-14), más riego, mostrando mejores resultados en las variables diámetro de copa, diámetro basal y altura. *Pinus cembroides* no presenta una respuesta inmediata en cuanto a crecimiento y desarrollo, con respecto a la fertilización en poco tiempo (Mendoza, 2004).

Tzanahua (2006), evaluó la respuesta del crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc. en plantaciones de árboles de navidad en tres localidades del noreste de México (Buenavista, Saltillo, San Antonio de las Alazanas, Arteaga y en Santiago, Nuevo León). Los tratamientos aplicados fueron: T1 igual a 10gr por litro de agua de 0-44.0 NPK de Lobi*44 fertilizante foliar; T2 igual a 15 gr por litro de agua de 0-44-0 NPK de Lobi*44 fertilizante foliar, y T3 una tableta de 21 gr por cada cm de diámetro por árbol de 20-10-5 NPK Agriform, fertilizante de liberación controlada) y T4 (testigo sin fertilizante). Las variables evaluadas fueron crecimiento en diámetro basal, crecimiento en altura y crecimiento en diámetro de copa. Los resultados arrojaron que el T1 (dosis menor de urea foliar) mostró mejor desempeño en las tres localidades, para la variable crecimiento en diámetro basal. El T3 (fertilizante de liberación controlada Agriform), obtuvo mayor crecimiento en la misma variable, pero en la localidad de San Antonio de las Alazanas. Para las variables

crecimiento en altura y crecimiento en diámetro de copa no se encontraron diferencias estadísticas en ninguna de las localidades.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra ubicado en el Ejido San Juan de la Vaquería, Saltillo, Coahuila; el cual se ubica las coordenadas 25° 15'11" de latitud Norte y 101° 13'05" de latitud Oeste, a una altitud de 1840 m.s.n.m. (INEGI, 2000).

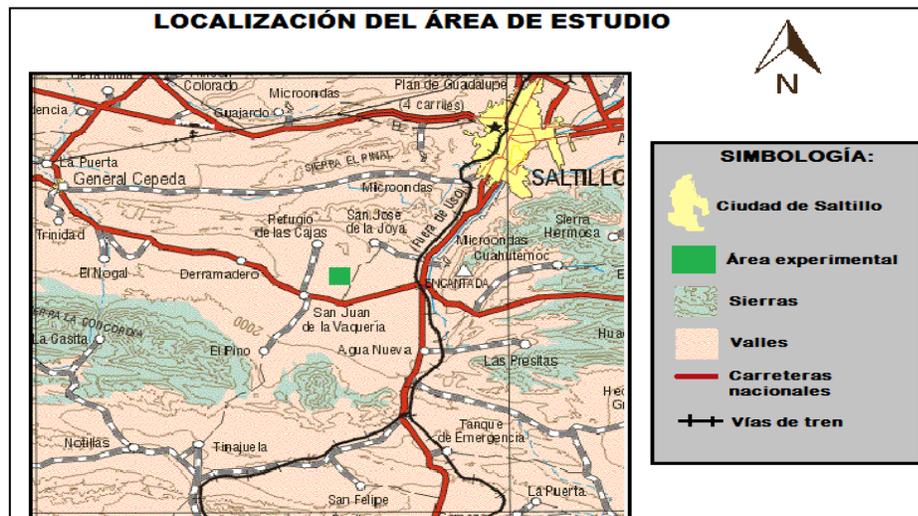


Figura 10. Ubicación de San Juan de la Vaquería, Saltillo, Coahuila.

3.1.1 Hidrografía

Coahuila se ubica dentro de cuatro regiones hidrológicas, de las cuales al territorio municipal de Saltillo le corresponde un 66% de extensión sobre la región hidrológica "El Salado", un 33% se encuentra dentro de la región hidrológica "Bravo-Conchos" y apenas un 1% se ubica en la región hidrológica Naza-Aguanueva.

El ejido San Juan de la Vaquería se encuentra dentro de la cuenca “B” Río Bravo – San Juan, subcuenca “e” La casita – El Recreo, de la región hidrológica “RH24” Bravo – Conchos, con un coeficiente de escurrimiento de 5 a 10% (SPP, 1987).

3.1.2 Clima

El tipo de clima que se desarrolla en el lugar es BS1 kw, que corresponde a un semicálido, con invierno fresco y lluvias en verano. La temperatura media anual oscila entre 12° C y 18° C. Durante el período comprendido entre los meses de mayo a octubre, la precipitación total oscila entre los 325 y 400 mm (Burciaga, 2006).

3.1.3 Fauna

Las especies que se encuentran presentes en la región son las siguientes: Aguililla (*Buteo sp.*), gavián (*Falco sp.*), codorniz escamosa (*Callipepla aquamata*), huilota (*Zenaida macroura*), coyote (*Canis latrans*), conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), liebre (*Lepus sp.*), zorrillo (*Mephitis macroura*), tejón (*Taxidea taxus*), tlacuache (*Didelphys marsupialis*), correcaminos (*Geococcyx californicus*), cuervo (*Corvus corax*), tecolote (*Bubo virginianus*), víbora de cascabel (*Crotalus sp.*), lagartija (*Sceloporus sp.*) y ratón (*Peromyscus sp.*) (Nájera, 2006).

3.1.4 Vegetación

Las especies predominantes en el área experimental son mezquite (*Prosopis glandulosa*), vara prieta (*Acacia constricta*), gatuño (*Mimosa buincifera*), palo blanco (*Celtis laevigata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), jazmin (*Jasminum sp.*), correoso o lantrisqueño (*Rhus microfila*), palo amarillo (*Berberies trifoliolata*), gobernadora (*Larrea tridentata*). Los pastos más abundantes son: zacate de tres

barbas (*Aristidía glauca*). También se puede encontrar vegetación inducida y cultivada como es el caso de las especies de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), nogal (*Carya illinoensis*), durazno (*Prunus persicae*), manzana (*Pyrus malus L.*), pera (*Pyrus sp.*) y chabacano (*Prunus armeniaca*) (INEGI, 2000).

3.1.5 Geología

La principal característica geológica es la denominada de depósitos de rocas de origen sedimentario de tipo caliza, en donde son característicos los suelos de tipo Litosol asociados a Regosol calcárico, con textura media.

Estos suelos se caracterizan por una profundidad menor a 10 cm hasta la roca, tepetate o caliche duro. Al pie de monte se ubican estos suelos como unidad secundaria en donde domina el suelo de tipos Rendzina, suelos también de poca profundidad característicos de formaciones de (Burciaga, 2006).

3.2 Procedimiento de estudio

3.2.1 Superficie del área experimental

La superficie en donde se estableció la plantación es de 1,200 metros cuadrados. El diseño fue de forma rectangular con 48 metros de largo y 25 metros de ancho; esta se subdividió en dos parcelas, quedando en 48 metros de largo por 10 metros de ancho, dejando un espacio entre parcelas de 5 metros. Cada parcela se dividió en 6 unidades experimentales de 10 metros de ancho por 8 metros de largo (Figura 11).

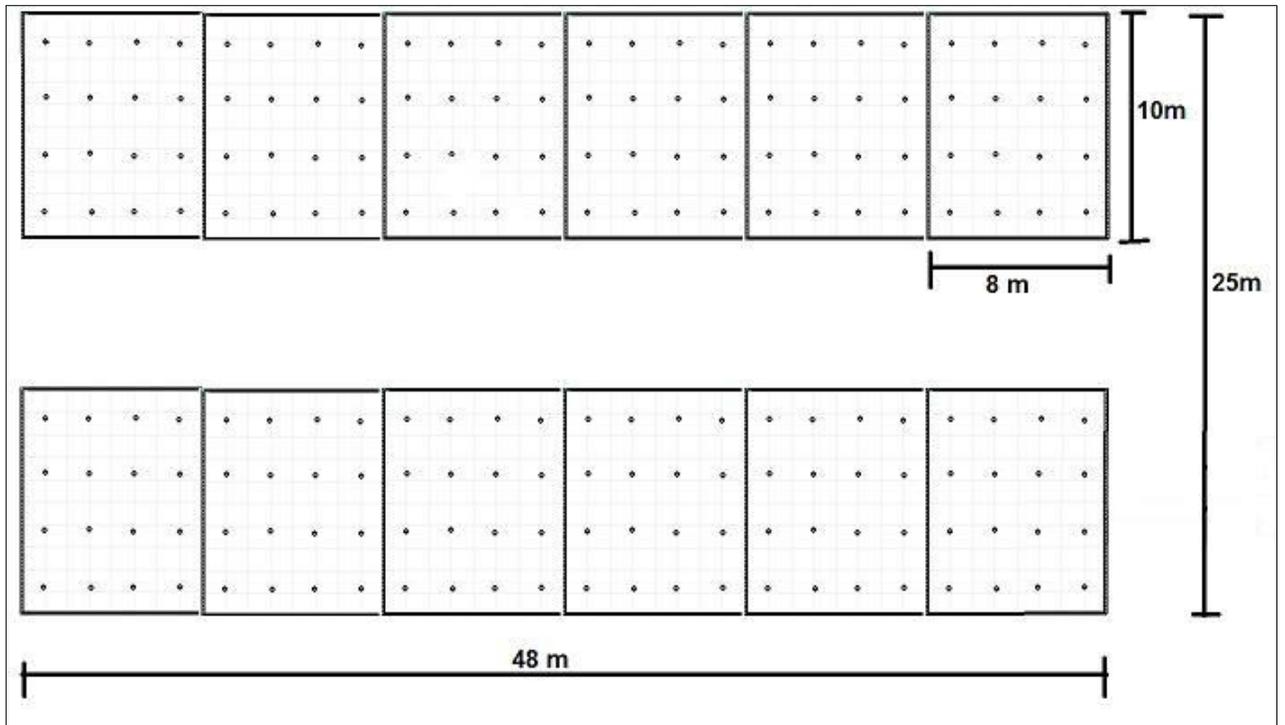


Figura 11. Diseño del área experimental.

3.3 Unidad experimental

La unidad experimental cuenta con 10 metros de ancho por 8 metros de largo, dentro del cual se tienen 16 árboles, con una distancia entre cada uno de Norte a Sur de 2m y de Este a Oeste de 2.5m. y de contorno tiene 1 m de Norte a Sur y 1.25 m de Este a Oeste (Figura 12).

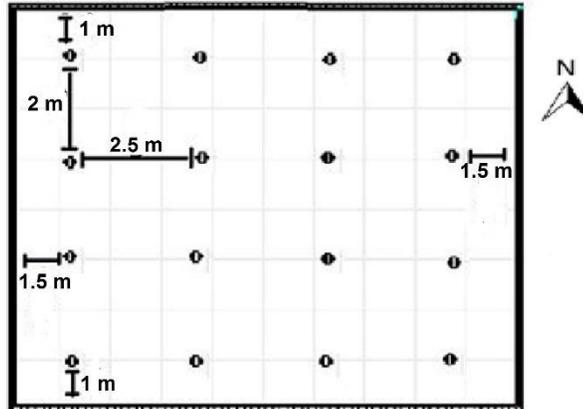


Figura 12. Unidad experimental.

3.4 Descripción de tratamientos aplicados

Se realizaron cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron: Humus sólido (Tratamiento 1), Humus líquido (Tratamiento 2), Fertilizante triple 17 (Tratamiento 3) y el Testigo (Tratamiento 4). Cada unidad experimental cuenta con 16 plantas, de las cuales solo 5 fueron evaluadas, el resto (11 plantas), se utilizaron como efecto de borde, teniendo un total de 60 plantas evaluadas (Figura 13).

La dosificación de los tratamientos fue de la siguiente manera (Tabla 3):

Tabla 3. Dosificación de tratamientos y aplicación por planta.

Tratamiento:	Dosificación	Cantidad aplicada por planta
T1	120 l de estiércol con 180 l de tierra.	15 l
T2	1 l humus líquido con 15 l de agua.	1 l
T3	20 kg de fertilizante 17-17-17 + 0.5 kg de enraizador.	50 gr
T4	Tierra sola.	15 l

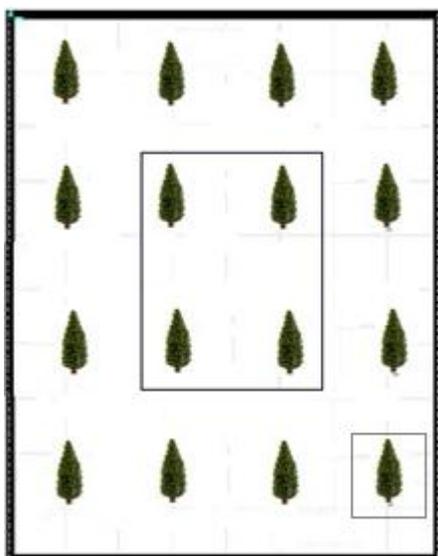


Figura 13. Árboles evaluados.

La Figura 14 muestra como quedaron distribuidos los tratamientos con sus repeticiones.

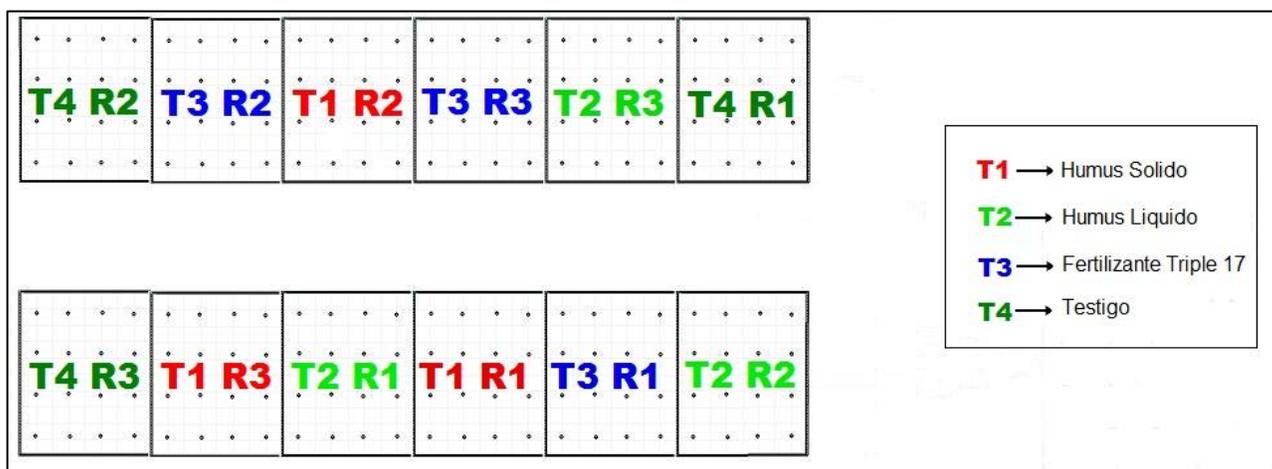


Figura 14. Distribución de los tratamientos.

3.5 Variables evaluadas

Las variables evaluadas en la presente investigación fueron: sobrevivencia (%), altura (cm), diámetro basal (cm), diámetro de copa (cm).

- **Altura:** se midió la altura total del árbol, que va desde la superficie del suelo hasta el ápice de la copa. Se evaluó con ayuda de una cinta métrica.
- **Diámetro basal:** con la ayuda de un vernier se midió el diámetro de la base del tallo de la planta.
- **Diámetro de copa:** para este caso se tomaron dos diámetros de copa en centímetros, que son el diámetro mayor y el menor, para esta medición se utilizó una cinta métrica.
- **Sobrevivencia:** se contabilizaron aquellas plantas que estaban vivas de cada unidad experimental, esto se consideró en porcentaje para la unidad, y para obtener el porcentaje por tratamiento.

3.6 Levantamiento de datos

La primera evaluación que se realizó fue el 26 de junio del 2015, a casi una semana de haberse establecido la plantación, cuando la sobrevivencia era del 100%. Se evaluaron la altura, diámetro basal y diámetro de copa (1 y 2).

La segunda evaluación se realizó el 29 de enero de 2016, a 7 meses de haberse establecido; al igual que la evaluación inicial, los parámetros de medición fueron los mismos. Para esta evaluación se obtuvo un 65% de sobrevivencia general.

La tercera y última evaluación se realizó el 13 de mayo de 2016, pasados cuatro meses después de la segunda evaluación. La sobrevivencia general disminuyó a un 56.66%.

3.7 Diseño experimental

El diseño utilizado es el completamente al azar, con cuatro tratamientos y cada uno con tres repeticiones;

El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

ε_{ij} = Error aleatorio

3.8 Análisis de datos

El análisis de los datos se llevó a cabo en el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS), determinando los análisis de varianza y prueba de medias para cada una de las variables. Previamente el análisis estadístico se elaboró una base de datos en el programa Excel.

3.9 Manejo de la plantación

3.9.1 Sistemas de plantación

Se utilizaron 192 plantas, estas fueron establecidas con un sistema de plantación de cepa común., teniendo 16 cepas por cada unidad experimental. De forma rectangular, de 30 cm de ancho y largo, lo mismo que de profundidad (Figura 15).



Figura 15. Sistema de plantación cepa común.

3.9.2 Plantación

La plantación se realizó en las fechas del 20 y 21 de junio del 2015, el proceso fue el siguiente:

1. Se agregó suelo a una altura de 5 cm, para facilitar el desarrollo radicular de la planta. Esto se puede observar en la Figura 16.



Figura 16. Suelo agregado.

2. Posteriormente se retiró con cuidado, la bolsa de polietileno que cubría la planta, y se colocó en la cepa común (Figura 17).



Figura 17. Plantación.

3. Se cubrió totalmente el cepellón de la planta con el resto de suelo (Figura 18). Una vez llenado los 25 cm de tierra, se apretaba con ayuda de los pies para evitar la formación de bolsas de aire.



Figura 18. Tierra agregada.

3.9.3 Aplicación de humus líquido

Una vez hecha la plantación, se procedió agregar el humus líquido. Por cada 15 litros de agua se añadía 1 litro de humus líquido. A cada planta se le regaba un litro de la combinación (agua y humus líquido), como lo muestra la Figura 19.



Figura 19. Aplicación de humus líquido.

3.9.4 Aplicación de humus sólido

Se realizó una combinación de 6 cubetas de 20 litros de humus sólido por 9 cubetas de tierra, teniendo un total de 300 litros de esta combinación; cada cepellón de la planta se cubrió hasta una altura de 25 cm de la cepa con esta mezcla (Figura 20).



Figura 20. Mezcla de humus sólido.

3.9.5 Aplicación de fertilizante Triple 17

Se combinó el fertilizante triple 17 con enraizador Magic Root®. A cada planta se le aplicó 50 gramos de esta combinación (Figura 21). Por último, se revolvía junto con la tierra para que la planta pueda absorber el fertilizante.



Figura 21. Aplicación de fertilizante triple 17.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Crecimiento en altura

De acuerdo a los análisis de varianza realizados para la variable crecimiento en altura, estadísticamente no existen diferencias ($Pr > F = 0.0557$) entre la primera evaluación realizada el 26 de junio de 2015 y la segunda evaluación ejecutada el 29 de enero de 2016 (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable crecimiento en altura.

Período de crecimiento	Tratamiento	N	Media (cm)	Agrupación Tukey
Primer período (Jun-15/ Ene-16)	2	3	2.6500	A
	4	3	1.0333	A
	3	3	0.3333	A
	1	3	0.1167	A
❖ Segundo período (Ene-16/ May- 16)	3	3	6.000	A
	4	3	5.722	A
	1	3	3.925	A
	2	3	3.917	A
❖ Tercer período (Jun-15- May- 16)	4	3	6.922	A
	2	3	6.750	A
	3	3	6.333	A
	1	3	4.592	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

❖ Los valores del segundo y tercer período son de las plantas sobrevivientes.

El tratamiento que presentó mayor crecimiento en altura fue el 2 (Humus líquido), en comparación con el tratamiento 1 (humus sólido), que fue el que presentó menor crecimiento de todos en el primer período (Tabla 4).

Comparando el segundo período, los resultados arrojaron que estadísticamente no existen diferencias ($Pr > F = 0.2907$) entre ninguno de los tratamientos (Tabla 4).

En este período el tratamiento 3 (fertilizante triple 17) fue el que presentó mayor crecimiento; el que obtuvo menor crecimiento fue el tratamiento 2 (humus líquido). Comparándolo con las medias del primer período, el tratamiento 3 mejoró ya que se encontraba en el antepenúltimo lugar (Tabla 4).

Ahora comparando el tercer período se muestran que no existen diferencias estadísticas ($Pr > F = 0.2370$) entre ninguno de los tratamientos (Tabla 4).

Comparando las tres evaluaciones el tratamiento con mayor crecimiento fue el tratamiento 4 (testigo), el que no mostró mejoras de crecimiento en altura fue el tratamiento 1 (humus sólido) (Tabla 4).

En la Figura 22 se puede apreciar la evolución de crecimiento de los tres períodos de evaluación respecto a cada tratamiento.

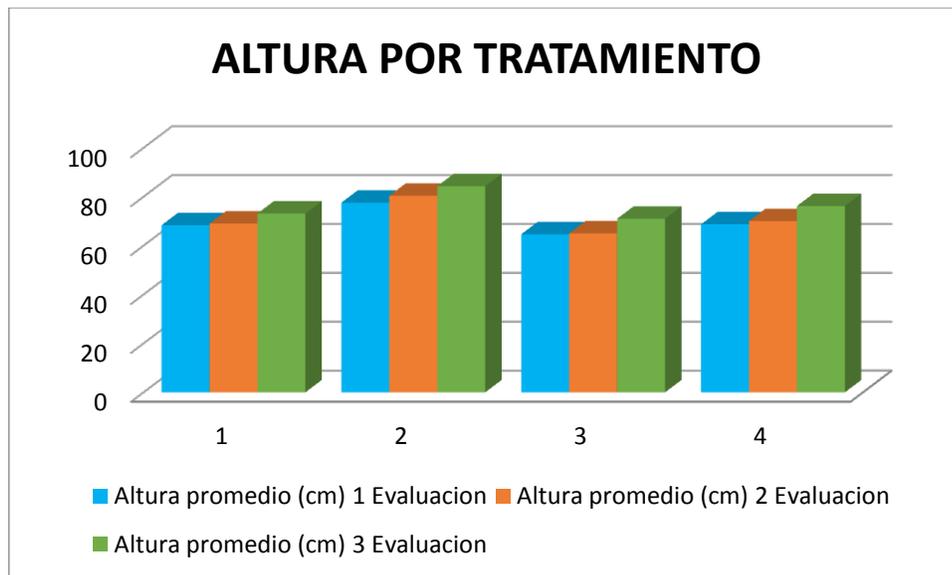


Figura 22. Representación de crecimiento en la altura.

Para la segunda y tercera evaluación se realizaron análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey, para crecimiento en altura expresado como

porcentaje de la altura inicial, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas (Tablas 5 y 6) (Apéndice 3 y 5).

Tabla 5. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en altura en porcentaje en el segundo período.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
3	3	9.554	A
4	3	9.027	A
1	3	5.513	A
2	3	5.001	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En tratamiento 3 (fertilizante triple 17), obtuvo el porcentaje más alto de todos los tratamientos (Tabla 5). Mientras que para el tercer período el tratamiento 4 (testigo), obtuvo un 11.020% de crecimiento en altura (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en altura en porcentaje en el tercer período.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
4	3	11.020	A
3	3	10.044	A
2	3	8.973	A
1	3	6.497	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

4.2 Crecimiento en diámetro basal

El análisis de varianza para el crecimiento en diámetro basal, no muestra diferencias estadísticas entre ninguno de los tratamientos ($Pr > F = 0.4072$), para el primer período. En este caso el mejor crecimiento fue el del tratamiento 1 (humus solido), mientras que el menor, fue el tratamiento 4 (testigo) (Tabla 7).

Para el segundo período el mayor crecimiento en diámetro basal se observó en el tratamiento 3 (fertilizante triple 17), el menor fue en el tratamiento 2 (humus líquido) (Tabla 7). En este período no se muestran diferencias estadísticas ($Pr > F = 0.7545$).

En el último período considerando las tres evaluaciones, se encontró que no hay diferencias estadísticas ($Pr > F = 0.6574$). El tratamiento con mayor crecimiento fue el 1 (humus sólido), mientras que el tratamiento 4 (testigo), no obtuvo gran crecimiento.

Tabla 7. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable diámetro basal.

Período de crecimiento	Tratamiento	N	Media (mm)	Agrupación Tukey
Primer período (Jun-15/ Ene-16)	1	3	1.5117	A
	2	3	1.0663	A
	3	3	1.0217	A
	4	3	0.7329	A
❖ Segundo período (Ene-16/ Mayo-16)	3	3	2.2667	A
	1	3	2.2167	A
	4	3	1.6411	A
	2	3	1.3483	A
❖ Tercer período (Jun-15-mayo-16)	1	3	3.642	A
	3	3	3.457	A
	2	3	2.483	A
	4	3	2.374	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

❖ Los valores del segundo y tercer período son de las plantas sobrevivientes.

La Figura 23 muestra las diferencias entre las evaluaciones realizadas en cada tratamiento; en esta variable existe una diferencia un poco más notable, en comparación con el crecimiento en altura.

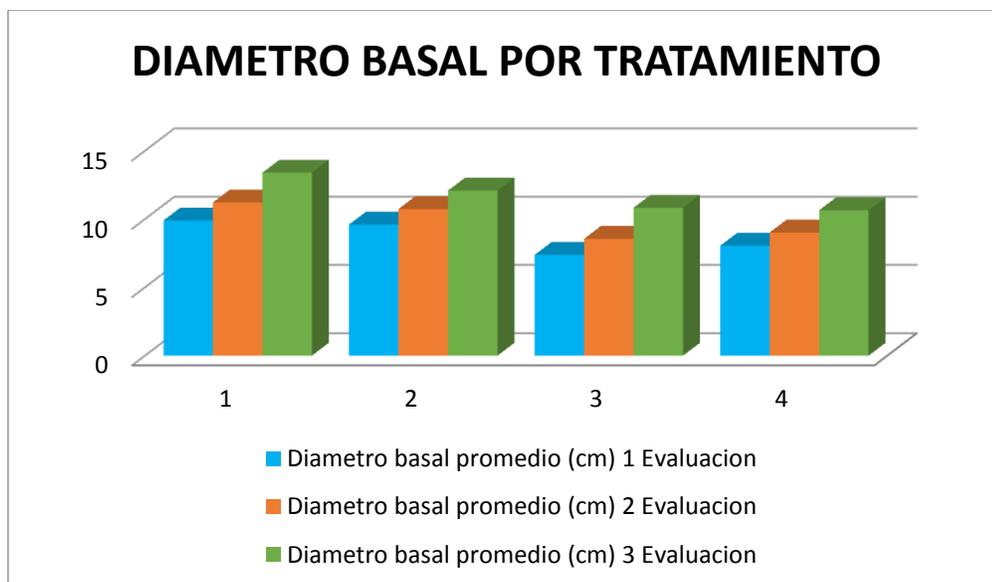


Figura 23. Crecimiento en diámetro basal.

Al igual que en el crecimiento en altura, se realizaron análisis de varianza y la comparación de media de Tukey para la variable de crecimiento en porcentaje. No se encontraron diferencias estadísticas (Tablas 8 y 9) (Apéndice 3 y 5).

Tabla 8. Porcentaje de medias de Tukey para crecimiento en diámetro basal en porcentaje en el segundo período.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
3	3	37.06	A
1	3	20.92	A
4	3	18.76	A
2	3	13.38	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el segundo período el tratamiento con mayor porcentaje fue el 3 (fertilizante triple 17) con un 37.06%, y el tratamiento 2 (humus líquido) solo con un 13.38% (Tabla 8).

Tabla 9. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en diámetro basal en porcentaje en el tercer período.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
3	3	69.46	A
1	3	39.69	A
4	3	29.99	A
2	3	26.69	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Para el tercer período el tratamiento 3 (fertilizante triple 17) se mantuvo con mayor porcentaje de crecimiento en altura, pero se elevó al 69.46% que es más del doble del crecimiento del testigo; el tratamiento 2 (humus líquido), se ubicó en la última posición aunque su porcentaje se duplicó (Tabla 9).

4.3 Crecimiento en diámetro de copa

El análisis de varianza no muestra diferencias estadísticas ($Pr > F = 0.0557$) en el primer período para el crecimiento en diámetro de copa entre tratamientos. El tratamiento que obtuvo mayor crecimiento fue el 1 (humus sólido) con una media de 1.5117 cm (Tabla 10), el menor crecimiento fue el tratamiento 4 (testigo).

Para el segundo período no se muestran diferencias estadísticas ($Pr > F = 0.2224$). El tratamiento que mejoro su crecimiento fue el 3 (fertilizante triple 17), ya que de estar en el antepenúltimo lugar en el primer período pasa a ser el mejor crecimiento en diámetro de copa. El tratamiento 4 (testigo) obtuvo menor crecimiento.

Para el último período no se encontraron diferencias estadísticas ($Pr > F = 0.8836$); sin embargo, el tratamiento 3 (fertilizante triple 17) se mantuvo como mayor

crecimiento en diámetro de copa. El tratamiento 4 (testigo) no mostro crecimiento en ninguno de los períodos, al ser el último en cada evaluación (Tabla 10).

Tabla 10. Prueba de comparación de medias de Tukey para la variable diámetro de copa.

Período de crecimiento	Tratamiento	N	Media (cm)	Agrupación Tukey
Primer período (Jun-15/ Ene-16)	1	3	1.5117	A
	2	3	1.0663	A
	3	3	1.0217	A
	4	3	0.7329	A
❖ Segundo período (Ene-16/ Mayo-16)	3	3	7.167	A
	1	3	2.958	A
	2	3	2.125	A
❖ Tercer período (Jun-15-May-16)	4	3	0.878	A
	3	3	9.833	A
	2	3	8.667	A
	1	3	8.125	A
	4	3	6.961	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

❖ Los valores del segundo y tercer período son de las plantas sobrevivientes.

La Figura 24 muestra como quedó el crecimiento de cada tratamiento a lo largo de los tres períodos, con los arboles sobrevivientes.

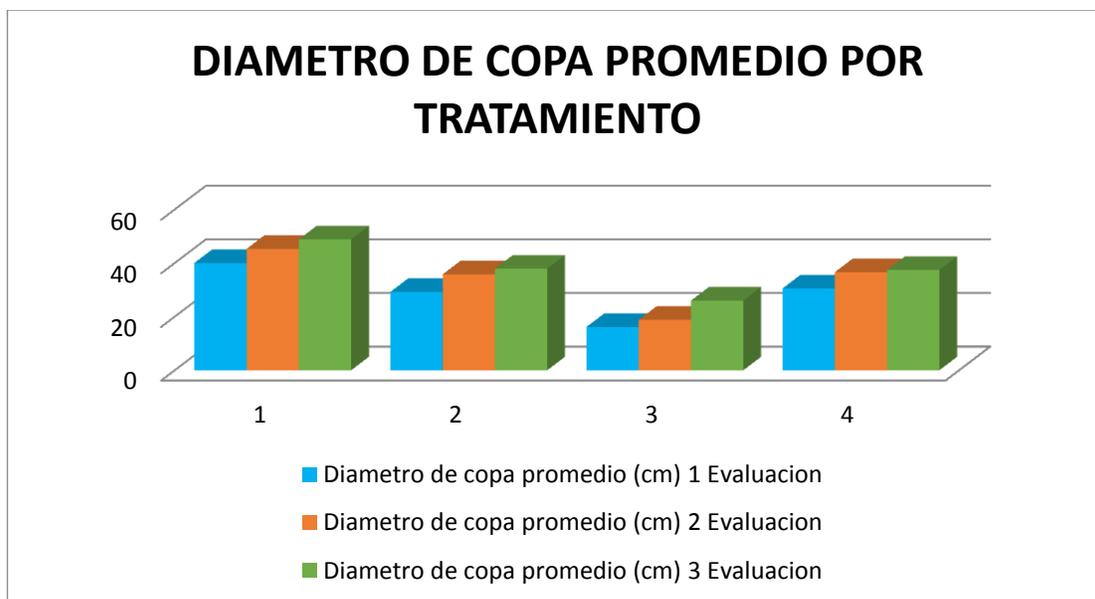


Figura 24. Crecimiento en diámetro.

Al igual que en las otras variables, se realizaron análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable de crecimiento en diámetro de copa expresado en porcentaje de la dimensión inicial. No se encontraron diferencias estadísticas (Tablas 11 y 12) (Apéndice 3 y 5).

Tabla 11. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en diámetro de copa en porcentaje en el segundo período.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
3	3	39.61	A
1	3	7.68	A
2	3	6.24	A
4	3	2.42	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Para el segundo período el tratamiento 3 (fertilizante triple 17) obtuvo un porcentaje alto sobre el tratamiento 4 (testigo) (Tabla 11).

Tabla 12. Prueba de medias de Tukey para crecimiento en diámetro de copa en porcentaje en el tercer período.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
3	3	64.95	A
2	3	30.42	A
4	3	26.24	A
1	3	22.77	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Para el tercer período el tratamiento 3 (fertilizante triple 17), fue el que mayor porcentaje obtuvo de crecimiento en diámetro de copa. El tratamiento 1 (humus sólido) quedó con menor porcentaje para esta variable (Tabla 12).

4.4 Sobrevivencia

La sobrevivencia en la primera evaluación (junio del 2015), fue del 100%, por ser la evaluación inicial. El análisis de varianza muestra que para la segunda evaluación (enero del 2016), no hay diferencias estadísticas entre tratamientos en la sobrevivencia ($Pr > F = 0.1019$). En esta evaluación se obtuvo un 65% de sobrevivencia general. La Tabla 13 muestra los porcentajes de sobrevivencia de cada tratamiento.

Tabla 13. Prueba de comparación de medias de Tukey para sobrevivencia en porcentaje en la segunda evaluación.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
2	3	86.67	A
1	3	73.33	A
4	3	66.67	A
3	3	33.33	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

El tratamiento que tuvo mayor porcentaje de sobrevivencia en la segunda evaluación fue el T2 (humus líquido) con un 86.67%. Mientras que el tratamiento 3 (fertilizante triple 17) fue el que tuvo mayor mortalidad, teniendo un 33.33% de sobrevivencia.

En la tercera y última evaluación (mayo del 2016), no hubo diferencias estadísticas ($Pr > F = 0.0599$); en general para esta etapa la sobrevivencia fue del 56.66%, contando con un total de 34 árboles vivos de 60 que inicialmente se tenían para ser evaluados. La Tabla 14 muestra que el tratamiento con mayor número de individuos vivos fue el T2 (humus líquido), con un 80%. El tratamiento 3 (fertilizante triple 17) quedó solo con un 20% de sobrevivencia.

Tabla 14. Prueba de comparación de medias de Tukey para la sobrevivencia en porcentaje en la tercera evaluación.

Tratamiento	N	Media (%)	Agrupación Tukey
2	3	80.00	A
1	3	66.67	A
4	3	60.00	A
3	3	20.00	A

N= número de repeticiones

*Los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Comparando los porcentajes para la segunda y tercera evaluación el mejor tratamiento fue el 2 (humus líquido) por tener el mayor número de individuos vivos.

La Figura 25 muestra el porcentaje de sobrevivencia que quedó en total para la última evaluación.

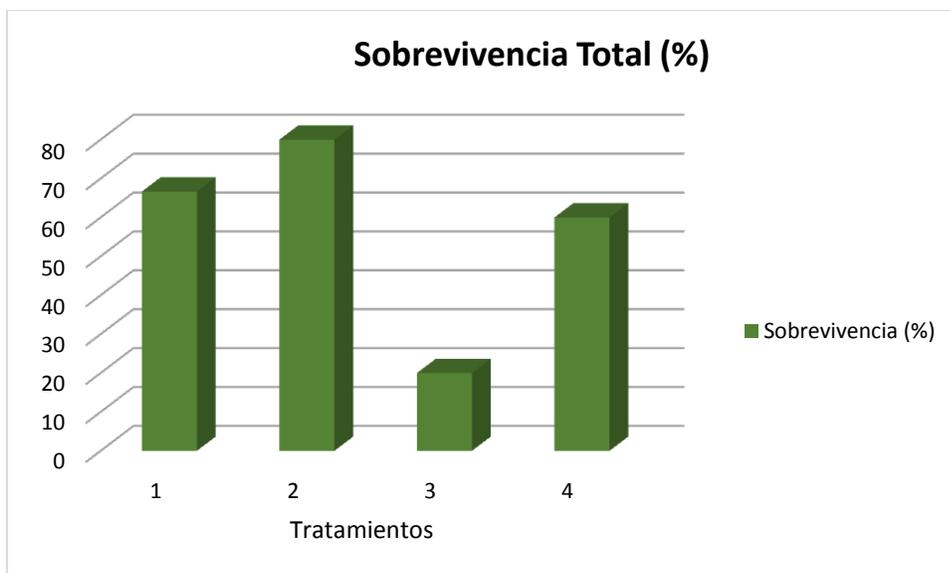


Figura 25. Sobrevivencia final.

4.5 Discusión general

En la investigación realizada por Nájera *et al.* (2004) se obtuvo mayor crecimiento en altura con una dosis de fertilizante de 300 gr para *Pinus cembroides*. Comparándola con la presente investigación, sería necesario comprobar que pasaría si se agregara una dosis más fuerte para este tipo de plantación con la especie de *Pinus greggii*. Con la dosis aplicada de 50 gr las plantas evaluadas tuvieron mayor crecimiento en diámetro basal que en altura, pero agregando una dosis más alta, con un riego, se podría obtener mayor crecimiento en altura.

En el crecimiento en diámetro basal, no se obtuvo una diferencia estadística, el tratamiento 4 (testigo), fue el que tuvo menor crecimiento. Mendoza (2004), realizó una investigación utilizando osmocote 14-14-14 con una dosis de 107 gr, lo que obtuvo fue mayor crecimiento en diámetro basal, observando estos resultados y comparándolos, lo ideal es aplicar un fertilizante triple 17 a dosis un poco altas, para tener mejores resultados de crecimiento en diámetro basal, ya que en esta investigación los arboles tratados con el tratamiento 3 (fertilizante triple 17),

respondieron favorablemente en el segundo período de evaluación, teniendo diámetros mayores.

V. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos del procesamiento de los datos tomados en las fechas, del 26 de junio de 2015, 29 de enero de 2016 y 13 de mayo de 2016 en la plantación de *Pinus greggii* Engelm., se concluye lo siguiente:

- Se acepta la hipótesis nula, ya que no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos en ninguna de las variables evaluadas.
- Estadísticamente no hubo diferencias entre ninguna de las variables evaluadas (crecimiento en altura, diámetro basal y diámetro de copa); sin embargo, el mejor tratamiento para la variable altura fue tanto el tratamiento 2 (humus líquido) como el tratamiento 3 (fertilizante triple 17). El tratamiento 1 (humus sólido) no favoreció a los árboles en la variable altura, durante el transcurso de las evaluaciones, terminó siendo el tratamiento con menor crecimiento. Para la variable diámetro basal, el mejor fue el T1 (humus sólido), seguido del T3 (fertilizante triple 17), y el T4 (testigo) no mostró crecimiento favorable a lo largo de las evaluaciones. En cuanto al diámetro de copa el T3 (fertilizante triple 17) mostró un buen crecimiento, en comparación del T4 (testigo), al ser el último en la comparación de medias de Tukey.
- En la sobrevivencia el mayor porcentaje lo obtuvo el tratamiento 2 (humus líquido), ya que tuvo mayor sobrevivencia de todos los tratamientos, quedando con un 80%. El que tuvo menor sobrevivencia fue el tratamiento 3 (fertilizante triple 17), con un 20%, esto puede atribuirse que a principios del mes de enero hubo mucha presencia de aire, lo que ocasionó pérdida de humedad en la mayoría de las plantas, pero el humus líquido favoreció mucho a las plantas tratadas, porque retiene más humedad. El tratamiento 1 (humus sólido), fue el segundo con mayor porcentaje de sobrevivencia (66.67%), porque al igual que el humus líquido, reserva más humedad. El tratamiento 3 fue el que no obtuvo mejores resultados, esto puede ser a que el fertilizante triple 17 no mejora la calidad del suelo, y agregando que perdieron gran cantidad de humedad, hace que exista mayor mortalidad.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones en períodos más largos, de 3 a 4 años, para poder tener resultados posteriores a las evaluaciones realizadas en la presente investigación, aplicando los mismos tratamientos y poder encontrar el tiempo en que termina el efecto de los tratamientos.
- Evaluar más variables, como el vigor de las plantas, y determinar cuáles son las causas de la mortalidad, así como el ataque de plagas o enfermedades que se pudieran presentar.

VII. LITRATURA CITADA

- Arriaga, V., V. Cervantes y A. Vargas M. (1994). Manual de reforestación con especies nativas. SEDESOL-INE-UNAM. México, D.F.
- Blinkley, D. (1993). Nutrición forestal. Prácticas de manejo. LIMUSA.
- Boomsma, D. and Hunter, I. (1990). Effects of water, nutrients and their interactions on tree growth and plantation forest management practices in Australasia: A review. . *Forest Ecology and Management*, 455-476.
- Bribiesca L., P. (2007). Sistema manuales de preparación del terreno con fines forestales. Texcoco, Edo. México.
- Burciaga O., U. (2006). Propuesta de acciones para la elaboración del manejo integral de la microcuenca "San Juan de la Vaquería" del municipio de Saltillo, Coahuila. Coahuila, México: Publicación especial Num. 9. INIFAP.
- Cantón J., J. (1978). Necesidad de la investigación sobre mejoramiento genético para las plantaciones forestales en México. In Primera Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. *Memoria. Publicación especial No 13*, (págs. 14-21). México, D.F.
- Dvorak W. S., J. E. Kietzka y J. K. Donahue. (1995). Three year survival and growth of provenances of *Pinus greggii* Engelm. in the tropics and subtropics. *Forest Ecology and Management* 83., 123-131.
- Eguiluz, P. (1978). Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género Pinus en México. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- FAO. (2002). Fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. ROMA.
- Finck, A. (1998). Fertilizantes y fertilización. Barcelona, España: Reverté, S.A.
- Musálem, M. A y G. Martínez C. (2003). Monografía de *Pinus greggii* Engelm. Libro técnico No 9. División Forestal. Estado de México: INIFAP.

- INEGI. (2000). Carta de vegetación G14C33. Saltillo.
- INEGI. (2000). *XII Censo General de la Poblacion y Vivienda* . Saltillo, Coahuila.
- Richter, D. D. y J. Calvo (1995). ¿Es una plantación forestal un bosque? *Revista Forestal Centroamericana* No 11, 12-13.
- Jasso M., J. y R. Villareal C.R. (1993). La necesidad sobre mejoramiento genético para las plantaciones forestales en México. En: *Memoria de plantaciones forestales. Primera Reunión Nacional*. México: Publicación Especial No. 13.
- Jones, B. and Broerman, F. (1991). The role of fertilization in intensive forest management. *Southern Journal of Applied Forestry*, 34-37.
- Mendoza, M. J. (2004). Evaluación de una plantación de dos especies de *Pinus* para árboles de navidad, bajo régimen de fertilización en Saltillo, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Miller, H. (1981). Forest fertilization: Some guiding concepts. *Forestry* 54 (2), 157-167.
- Musalem, M. A. (2006). *Silvicultura de Plantaciones Comerciales*. Estado de México, México.
- Najera C., J. A. *et al.* (2003). Tecnologías de reproducción de árboles de navidad en el sureste de Coahuila. Evaluación de una plantación de árboles de navidad bajo régimen de fertilización en Saltillo, Coahuila. 430-433.
- Nájera C., J. A. (2006). Programa de manejo de plantación forestal comercial simplificado predio El Tepozán, ejido San Juan de la Vaquería, municipio de Saltillo, Coahuila. *Reg. For. Nal. Secc. 4*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. (2002). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Informe principal (pág. 468). Roma, Italia : Estudio FAO-Montes 140.
- Picado J., A. A. (2005). *Preparacion y Uso de Abonos Organicos, Sólidos y Liquidos*. Serie Agricultura Organica No 8. San José, Costarica.

- Piedra, T. E. (1978). Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. En T. E. Piedra, Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México (pág. 64). Estado de México, México.
- Pimentel B., L. (1978). Preparación del terreno en plantaciones forestales, memorias de la primera Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. S.A.R.H.DGCF. Publicación especial No. 13.
- Pimentel B., L. (2007). Sistemas manuales de preparación del terreno con fines forestales. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Radosevich, S. and Ousteryoung, K. (1987). Principles governing plant-environment interactions. Cap (5). In: Forest Vegetation Management for Conifer Production.
- Richter, D.D. y Calvo, J.C. (1994). ¿Es una plantación forestal un bosque? Revista Forestal Centroamericana, 12-13.
- Rodríguez, F. R. (2001). Plantaciones forestales. Universidad Estatal a Distancia .
- Sabala, M. F. (2003). Evaluación Agronómica de Sustancias Humicas Derivadas del Humus de Lombriz. Santiago, Chile.
- Schlatter, J. (1987). La fertilidad del suelo y el desarrollo de *Pinus radiata* D. Don. *Revista bosque*, 13-19.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). (1987). Síntesis Geográfica del Estado de Coahuila. México, D.F.
- Toro, J. (1995). Avances en fertilización de *Pinus radiata* Don. y *Eucalyptus spp.* en Chile.
- Trinidad A., S. (1987). El uso de Abonos Orgánicos en la Producción Agrícola. Estado de México, México: Colegio de Postgraduados.
- Tzanahua S., J. (2006). Fertilización de tres plantaciones de árboles de Navidad de *Pinus cembroides* Zucc. en el Noreste de México. Saltillo, Coahuila.

Valenzuela C., S. (2008). Elaboracion de Compostas a patir de residuos orgánicos regionales. Sonora: INIFAP.

Zaragoza N., M. (2012). Analisis comparativo de la composición en nutrientes de la composta y lombricomposta de platano. Poza Rica, Veracruz.

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza para las variables medidas para el primer período (Jun-15/Ene-2016).

Variable	Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Altura	Modelo	3	11.83166667	3.94388889	3.88	0.0557
	Error	8	8.14000000	1.01750000		
	Total	11	19.97166667			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.592423	97.61730	1.008712	1.033333		
Diámetro basal	Modelo	3	0.93111714	0.31037238	1.09	0.4072
	Error	8	2.27701741	0.28462718		
	Total	11	3.20813455			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.290236	49.25542	0.533505	1.083139		
Diámetro de copa	Modelo	3	7.4129167	2.4709722	0.20	0.8966
	Error	8	101.1775000	12.6471875		
	Total	11	108.5904167			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.068265	67.84652	3.556288	5.241667		

Apéndice 2. Análisis de varianza para las variables medidas para el segundo período (Ene-16/ Abri-16).

Variable	Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Altura	Modelo	3	11.40987847	3.80329282	1.48	0.2907
	Error	8	20.50087963	2.56260995		
	Total	11	31.91075810			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.357556	32.73000	1.600815	4.890972		
Diámetro basal	Modelo	3	1.80610625	0.60203542	0.40	0.7545
	Error	8	11.93314491	1.49164311		
	Total	11	13.73925116			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.131456	65.37480	1.221328	1.86194		
Diámetro de copa	Modelo	3	66.9429861	22.3143287	1.81	0.2224
	Error	8	98.3562963	12.2945370		
	Total	11	165.2992824			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.404981	106.8378	3.506357	3.281944		

Apéndice 3. Análisis de varianza para las variables medidas para el segundo período (Ene-16/ Mayo-16), en porcentaje.

Variable	Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Altura	Modelo	3	49.6232905	16.5410968	2.11	0.1775
	Error	8	62.7710026	7.8463753		
	Total	11	112.3942931			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.441511	38.51066	2.801138	7.273669		
Diámetro basal	Modelo	3	934.598520	311.532840	0.60	0.6324
	Error	8	4148.341142	518.542643		
	Total	11	5082.939661			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.183870	101.0724	22.77153	22.52993		
Diámetro de copa	Modelo	3	2669.799472	889.933157	2.45	0.1388
	Error	8	2911.510649	363.938831		
	Total	11	5581.310121			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.478346	136.3914	19.07718	13.98708		

Apéndice 4. Análisis de varianza para las variables medidas para el tercer período (Jun-15/Ene-16/Mayo-16).

Variable	Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Altura	Modelo	3	10.25501736	3.4183912	1.73	0.2370
	Error	8	15.76587963	1.97073495		
	Total	11	26.02089699			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.394107	22.82906	1.403829	6.149306		
Diámetro basal	Modelo	3	3.83582892	1.27860964	0.56	0.6574
	Error	8	18.33114850	2.29139356		
	Total	11	22.16697742			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.173042	50.64494	1.513735	2.988917		
Diámetro de copa	Modelo	3	12.8146007	4.2715336	0.21	0.8836
	Error	8	159.2611574	19.9076447		
	Total	11	172.0757581			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.074471	53.13861	4.461798	8.396528		

Apéndice 5. Análisis de varianza para las variables medidas para el tercer período (Jun-15/Ene/ Mayo-16), en porcentaje.

Variable	Fuente de variación	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Valor	Pr > F
Altura	Modelo	3	34.09078674	11.36359558	1.66	0.2514
	Error	8	54.71359682	6.83919960		
	Total	11	88.80438357			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.383886	28.63369	2.615186	9.133251		
Diámetro basal	Modelo	3	3410.13735	1136.71245	0.82	0.5207
	Error	8	11155.29387	1394.41173		
	Total	11	14565.43123			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.234125	90.07171	37.34182	41.45788		
Diámetro de copa	Modelo	3	3419.622151	1139.874050	1.68	0.2474
	Error	8	5424.67638	678.084330		
	Total	11	8844.296789			
	R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Media		
	0.386647	72.14506	26.04005	36.09402		