

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Sobrevivencia y Crecimiento en una Plantación de *Pinus greggii* Engelm.
Establecida con Retenedores de Humedad en Saltillo, Coahuila, México

Por:

JOSÉ TRINIDAD GARCÍA VELASCO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Sobrevivencia y Crecimiento en una Plantación de *Pinus greggii* Engelm.
Establecida con Retenedores de Humedad en Saltillo, Coahuila, México

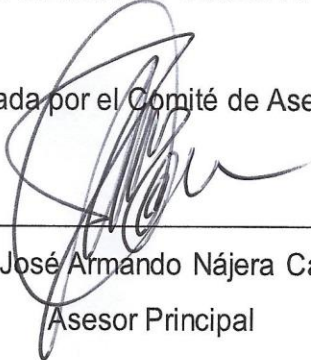
Por:


JOSÉ TRINIDAD GARCÍA VELASCO


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


M.C. Salvador Valencia Manzo
Coasesor


Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Junio, 2017

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, agradecido con Dios por darme vida, salud, pensamiento y sabiduría, gracias Dios mío por permitirme lograr este sueño, por no dejarme solo y poner en mi camino personas buenas.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mi “Alma Terra Mater”, por abrir sus puertas a mi formación como profesional. Por estar presente en donde se necesita de ella. Por ser parte de ella durante cinco años.

A mi asesor de tesis el M.C José Armando Nájera Castro por proporcionarme su valioso tiempo, gracias por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más de lo estudiado en el proyecto.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo por su valioso apoyo en la revisión, observación y comentarios para la mejora de esta tesis.

Al Ing. Sergio Braham Sabag por aportar su conocimiento, por su apoyo en material, por brindarme el lugar donde se realizó la plantación (área de estudio), por facilitar la donación de las plantas de *Pinus greggii* utilizadas en el experimento, de igual manera se le agradece por la asesoría en la redacción de la tesis.

A Nemías García, María Isabel López, Jorge Jiménez, Yenifer González y Luis Enrique Solano, mis amigos que siempre estuvieron a mi lado para ayudarme, escucharme, aconsejarme y muchas ocasiones guiarme.

Agradezco grandemente a las siguientes personas: Jorge Alberto, Martín, Noé, Bladimir y Clinton, por su colaboración en campo, lo cual contribuyó a que se lograra la presente investigación.

DEDICATORIA

A mis abuelos Pedro Garcia y Dominga Hernández. Que Dios los tenga en su santa gloria, siempre me motivaron, impulsaron y aconsejaron. Ellos más que mis abuelos, fueron las personas después de mis padres que más se preocupaban por mí. Sus canas son sinónimo de sabiduría. Me enseñaron muchas cosas vitales para la vida y me encaminaron por el buen sendero.

A mi papá Aquelino García Hernández, gracias por otorgarme tu vida, amor y tiempo, por trasmitirme todo tu valor, por la confianza que siempre me has brindado y apoyo necesario para llegar a este momento de mi vida. Quiero que sientas que el objetivo logrado también es tuyo y que la fuerza que me ayudo fueron tus sabios consejos, tu oración y bendición.

A mi mamá Lesvia Velasco Hernández, gracias por todo el apoyo que me has dado desde la infancia hasta ahora y porque eres una mujer luchadora para dar lo mejor a tus hijos. A través de estas líneas quiero decir lo mucho que te quiero, gracias por ser la mejor madre del mundo. Gracias por el desvelo que has tenido por nosotros, por estar conmigo cada etapa de mi vida y por ser una amiga y comprenderme en los momentos más difíciles, como toda buena madre das la vida por tus hijos, te amo má.

A mis hermanos Martí, Tere, Gabi (mi chaparra), Beti, Toni y Pasqui ustedes son el pilar de mi vida. Hermanos mayores gracias por sus apoyos económicamente, gracias por sus consejos y no dejarme solo en ningún momento, hermanos menores que les sirva de ejemplo que todo en la vida se puede lograr, es cuestión de luchar y buscar sus sueños, sigan adelante y verán que también ustedes llegarán muy lejos

Gracias familia maravillosa, quienes han creído en mí, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo, éste logro es por ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia del estudio	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos e hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 <i>Pinus greggii</i>	4
2.2.1 Distribución y ecología.....	4
2.2.2 Importancia	5
2.2 Plantaciones forestales	6
2.3 Retenedores de humedad.....	9
2.3.1 Tipos	9
2.3.2 Importancia de los retenedores de humedad.....	12
2.3.3 Aplicación en el ámbito forestal	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Características del área del estudio	15
3.1.1 Localización	15
3.1.2 Suelo.....	16
3.1.3 Clima.....	16
3.1.4 Vegetación.....	16
3.2 Establecimiento del experimento	16
3.2.1 Obtención de la planta	16
3.2.2 Preparación del terreno	17
3.2.3 Preparación de tratamientos y plantación.....	18
3.2.4 Cuidados de la plantación.....	19

3.3 Tratamientos utilizados	20
3.4 Diseño experimental	21
3.5 Evaluación.....	21
3.5.1 Variables evaluadas.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 Retención de humedad	25
4.2 Supervivencia y crecimiento.....	27
V. CONCLUSIONES	30
VI. RECOMENDACIONES	31
VII. LITERATURA CITADA.....	32
VIII. APÉNDICE.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tratamientos de retenedores de humedad aplicados en la plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. en Saltillo, Coahuila.	20
Cuadro 2. Fecha de evaluación de la humedad del suelo y riego de auxilio durante el período de evaluación de la plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. en Saltillo, Coahuila.	24
Cuadro 3. Valor promedio del porcentaje de retención de humedad por tratamiento y agrupación de Duncan, en la plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecida en Saltillo, Coahuila.	25
Cuadro 4. Valores de coeficiente de variación y significancia estadística de las variables evaluadas en la plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. en Saltillo, Coahuila.	27
Cuadro 5. Valores promedio de sobrevivencia y crecimiento en diámetro basal, altura y diámetro de copa por tratamiento y de la prueba Duncan de separación de medias, en la plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecida con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Distribución geográfica de las dos variedades de <i>Pinus greggii</i> en México (Lopez-Upton y Donahue, 1995).	4
Figura 2. Croquis de una plantación en marco real o cuadrado (CONAFOR, 2010).	7
Figura 3. Croquis de una plantación en tresbolillo (CONAFOR, 2010).	8
Figura 4. Localización del área de estudio en la Encantada, Saltillo, Coahuila.	15
Figura 5. Trazo de la plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecida con retenedores de humedad en la Encantada Saltillo Coahuila.	17
Figura 6. Preparación de tratamientos y plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecida con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila.	19
Figura 7. Medición de humedad con los sensores colocados en la plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecida en Saltillo, Coahuila.	22
Figura 8. Evaluación de: a) Altura, b) Diámetro basal, c) Diámetro de copa mayor y d) Diámetro de copa menor, de la plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecida con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila.	23
Figura 9. Respuesta de retención de humedad a través del tiempo de los tratamientos de retención de humedad en una plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecida en Saltillo, Coahuila.	26

RESUMEN

El problema del estrés por agua en las plantas se hace más evidente en las zonas áridas y semiáridas de México, donde los esfuerzos de la investigación científica van enfocados a eficientar el recurso agua, siendo la aplicación de los retenedores de humedad una alternativa que puede atenuar este problema sobre todo en nuestros recursos forestales, para frenar el daño y recuperar su riqueza. Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar tratamientos de retención de humedad y así como la respuesta en sobrevivencia y crecimiento de la plantación *Pinus greggii* Engelm. El trabajo se realizó en el Ejido La Encantada, Saltillo, Coahuila. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, cada unidad experimental con 16 plantas de las cuales se evaluaron los cuatros centrales. Los tratamientos fueron hidrogel, perlita, estiércol de bovino, carbón vegetal y un testigo. Para analizar el efecto de los tratamientos se evaluó retención de humedad de forma esporádica. Para las variables de la planta, se hizo una evaluación al establecer la plantación y otra a los 10 meses de haberse establecido. Las variables fueron sobrevivencia, diámetro basal, altura y diámetro de la copa. Los datos se procesaron en el Software estadístico Statistical Analysis System (SAS), donde se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias de Duncan. Los resultados indican que existen diferencias entre tratamientos para la retención de humedad. En cuanto a las variables evaluadas para sobrevivencia, crecimiento en diámetro basal, altura, diámetro de copa se obtuvo que no hay diferencia significativa entre tratamientos.

Palabras claves: Hidrogel, Perlita, Estiércol de bovino, Carbón vegetal, *Pinus greggii* Engelm, Sustrato y Plantación.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del estudio

La escasez de agua es un problema que ha producido degradación de los recursos forestales que existen en México y ha ocasionado la reducción de la biodiversidad. Para frenar este daño y recuperar la riqueza forestal, es necesario el establecimiento de plantaciones forestales que consisten en la plantación de árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva (Schlichter y Laclau, 1998). Los recursos forestales son los que contribuyen de forma vital al desarrollo y bienestar de la sociedad, ya sea desde el punto de vista ecológico (fuente de diversidad biológica, protección de cuencas hidrográficas) así como desde el punto de vista socioeconómico (Flores, 2001).

El agua es un recurso vital para la producción vegetal, el agua disponible, si no es aprovechada inmediatamente o almacenada para uso posterior, fluye hacia fuera de la zona de interés y alcance del agricultor y su familia (su vivienda, establo, cultivo, pasto, finca o parcela) y pasa a otras fases y componentes del ciclo hidrológico como es capa freática, escorrentía, cauces de arroyos y ríos, y atmósfera (FAO, 2013).

El uso racional y eficiente del agua en riego de cultivos es un factor que cada día toma mayor importancia. En este sentido emplear polímeros que permitan incrementar la capacidad de retención de agua del suelo, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego y, paralelamente, disminuir las pérdidas por filtración, contribuye a mejorar la eficiencia en el manejo del agua, minimizar los costos y proteger los ecosistemas (Rojas *et al.*, 2004).

Las plantaciones forestales en México, generalmente se han llevado a cabo en sitios marginales; esta denominación se refiere a condiciones de suelos pobres y a la escasa humedad del mismo. La sequía es probablemente el efecto más crítico para el establecimiento de las plantas (Cuevas *et al.*, 1992).

Los retenedores de agua favorecen el desarrollo de las plantas cuando carecen de precipitación suficiente, ya que absorben y retienen grandes cantidades de

líquido y nutrientes cuando se aplican en el suelo o en cualquier otro medio de crecimiento. México cuenta con ambientes áridos en una extensión territorial superior del 50%, con diversos grados de aridez y de alto riesgo por el impacto ambiental por la escasez de recursos hídricos; el manejo de agua en estas regiones se orienta en buscar alternativas en el uso de materiales genéticos que puedan retener humedad (Cruz *et al.*, 2016).

El problema del estrés por agua en las plantas se hace más evidente en las zonas áridas y semiáridas de México, donde los esfuerzos de la investigación científica van enfocados a eficientizar el recurso agua, siendo la aplicación del hidrogel una alternativa que pudiera atenuar este problema, sobre todo en condición de invernadero (López, 2014).

Tomando en cuenta estas consideraciones el uso de estos retenedores podría ser una solución en ciertas partes de nuestro país; especialmente en lugares donde existe más sequía y erosión del suelo por la deforestación y la sobreexplotación del mismo, haciendo que la agricultura sea prácticamente imposible.

1.2 Planteamiento del problema

El estrés por agua es a menudo el factor ambiental más importante que afecta la sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de las especies vegetales (Cuevas *et al.*, 1992). Así es que el uso de retenedores de humedad, permite la recuperación de zonas deforestadas o terrenos de cultivos abandonados y pocos fértiles, cuando se emplea de forma extensiva (Rojas *et al.*, 2006).

El problema del estrés de las plantas por falta de humedad se hace más evidente en las zonas áridas y semiáridas de México, donde los esfuerzos de la investigación científica van enfocados a eficientizar el recurso agua, siendo la aplicación de los retenedores de humedad (hidrogel, perlita, composta y carbón vegetal) una alternativa que pudiera favorecer este problema. Es por eso que en este proyecto se plantea investigar los retenedores de humedad, para el uso eficiente, así como el ahorro del agua en plantaciones forestales.

1.3 Objetivos e hipótesis

El objetivo general del trabajo fue:

Evaluar el efecto de retenedores de humedad sobre la sobrevivencia y el crecimiento en una plantación de *Pinus greggii*.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- 1) Evaluar la respuesta del contenido de humedad del suelo en diferentes tratamientos de retenedores de humedad.
- 2) Evaluar el efecto de diferentes materiales que conservan la humedad sobre la sobrevivencia de *Pinus greggii*.
- 3) Evaluar el efecto de diferentes materiales que conservan la humedad sobre el crecimiento de *Pinus greggii*.

Las hipótesis nula y alterna propuestas para este trabajo de investigación fueron:

Ho: Los tratamientos de retenedores de humedad no tienen ningún efecto en las variables evaluadas.

Ha: Por lo menos uno de los tratamientos evaluados tiene efecto diferente en las variables evaluadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 *Pinus greggii*

2.2.1 Distribución y ecología

Su área de distribución natural se encuentra entre los 20°13' y los 25°29' de latitud Norte, con una discontinuidad de 360 km en la parte central. Las poblaciones del norte se conocen como *P. greggii* var. *greggii* y las del sur como *P. greggii* var. *australis*. *Pinus greggii* es un pino de cono cerrado que crece en dos regiones separadas de la Sierra Madre Oriental en México, la región norte de la especie incluye los estados de Coahuila y Nuevo León, mientras que la región meridional los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz (López-Upton y Donahue, 1995) (Figura 1).

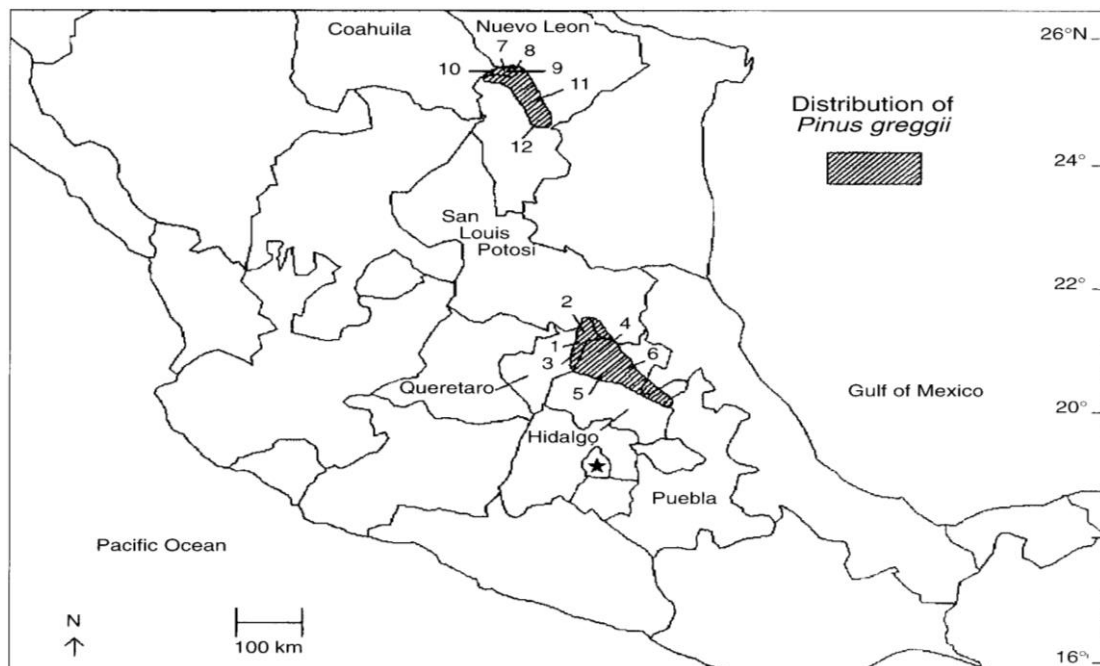


Figura 1. Distribución geográfica de las dos variedades de *Pinus greggii* en México (López-Upton y Donahue, 1995).

Rodríguez *et al.* (2008) señalan que las poblaciones naturales de *Pinus greggii* se distribuyen en pequeños manchones, aisladas por barreras geográficas que limitan el intercambio genético entre ellas, por lo que se supone que existe una diferenciación genética importante.

Ramírez-Herrera *et al.* (2005) señalan que *Pinus greggii* es una especie endémica de México, con amplia importancia ecológica y económica. Este pino se encuentra en poblaciones aisladas a lo largo de la Sierra Madre Oriental, en zonas áridas y a veces semitropicales. Actualmente se reconoce que esta especie es importante en los ecosistemas forestales donde se desarrollan diversas plantas herbáceas y arbustivas lo cual dependen del ambiente que genera este pino.

Se dice que los mejores rodales de *Pinus greggii* se encuentran en la altitud de 1850 msnm con una precipitación anual de 1200 mm, con 16.8° C temperatura anual y en el tipo de clima templado cálido-subtropical (Eguíluz, 1982).

López-Upton y Donahue (1995) dicen que los sitios de *Pinus greggii* en el norte suelen estar en elevaciones más altas (2,300 a 2,800 msnm) con menores precipitaciones (650 mm), en comparación con los sitios en el sur (1,200 a 2,300 msnm y 800 a 1,600 msnm).

2.2.2 Importancia

Morante *et al.* (2005) mencionan que *Pinus greggii* es una especie en la que se han reportado altas tasas de crecimiento en altura y diámetro en ensayos genéticos o de selección de especies, así como un alto potencial para adaptarse a condiciones limitantes de humedad. Estas características apoyan el uso de esta especie en programas de reforestación para recuperar suelos degradados en diferentes partes de México.

Pinus greggii Engelm. como especie perteneciente al género *Pinus* tiene características de importancia ecológica y calidad de madera como para ser considerada con un alto potencial no sólo para restauración y protección de

cuencas sino para el establecimiento de plantaciones forestales con fines de disminuir la presión existente en los bosques naturales. Además de esta distinción, almacena una gran variabilidad que le permite la replicación de progenie con gran variación la cual manejada adecuadamente otorgará la posibilidad de considerar programas eficientes de uso y conservación (Morante *et al.*, 2005).

2.2 Plantaciones forestales

- Tipos de plantaciones

CONAFOR (2010) describe los diferentes tipos de plantaciones forestales.

De conservación: Se desarrolla bajo el método de enriquecimiento de acahuales en las selvas, lo que ayuda a los terrenos en descanso a acelerar su tránsito hacia etapas más avanzadas y de más alta productividad.

De protección y restauración: Este tipo de reforestación se establece con el propósito de proteger y contribuir a la estabilización y restauración de terrenos donde existen fuertes problemas de pérdida de vegetación y erosión de suelo.

Agroforestal: Plantación en la que los árboles se plantan y cultivan intencionalmente en la misma unidad de tierra junto con cultivos agrícolas, frutícolas, hortícolas o con pastizales, con la intención de diversificar la producción y aprovechar los beneficios económicos y ecológicos que brindan los árboles y la cobertura de los cultivos. Debido a la asociación de usos y especies, este tipo de plantación ofrece múltiples beneficios al mismo tiempo que protege y mejora el ambiente. También se les conoce como sistemas agrosilvopastoriles.

Productiva: Tiene como finalidad la obtención de productos de calidad en gran cantidad, destinados a la actividad económica, ya sea industrial, comercial, artesanal, ornamental, medicinal, energética o alimentaria. En un sentido estricto, se trata de un cultivo intensivo de árboles en el que incluso se puede utilizar maquinaria pesada para la preparación del suelo y las labores

principales, usando al mismo tiempo material genético de alta calidad que maximice la producción de acuerdo con el tipo de producto que se espera obtener.

- Diseños de plantaciones

Marco real: Las plantas, una vez colocadas en el terreno, ocupan cada una el vértice del ángulo de un cuadrado, por lo que la distancia entre plantas y entre las filas formadas, siempre es la misma, o sea, la del marco elegido. Por este sistema, las labores culturales pueden darse, por igual, en dos direcciones perpendiculares (Carbo y Vidal, 1978) (Figura 2).

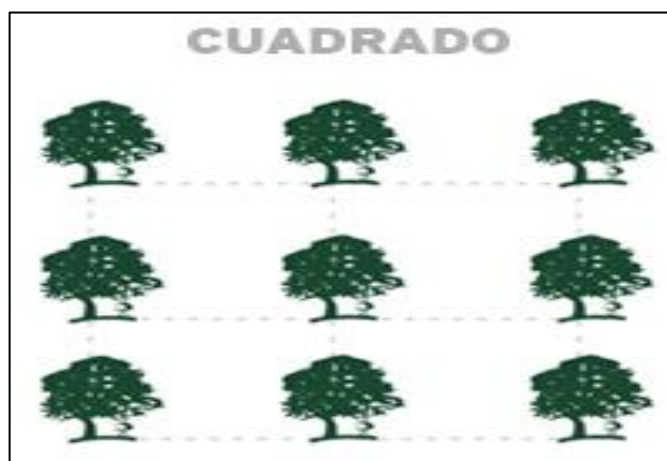


Figura 2. Croquis de una plantación en marco real o cuadrado (CONAFOR, 2010).

Tresbolillo: Las plantas se colocan formando triángulos equiláteros (lados iguales). La distancia entre planta y planta dependerá del espaciamiento que la especie demande al ser adulta. Este arreglo se deberá utilizar en terrenos con pendientes mayores a 20 por ciento, aunque también se puede utilizar en terrenos planos. Las líneas de plantación deberán seguir las curvas de nivel. Con este tipo de diseño se logra minimizar el arrastre de suelo y a su vez aprovechar los escurrimientos (CONAFOR, 2010) (Figura 3).



Figura 3. Croquis de una plantación en tresbolillo (CONAFOR, 2010).

- Plantaciones forestales en zonas áridas

Malagnoux *et al.* (2007) dicen que las restauraciones de la cubierta vegetativa en las zonas áridas contribuyen a la mitigación de los efectos del cambio climático, ya que determina el aumento de la absorción y almacenamiento de carbono, así solo una pequeña cantidad de carbono sea absorbida por unidad de superficie.

En las zonas áridas del país, la utilidad de las plantaciones forestales que son un cultivo permanente, tienen varias finalidades simultáneas, como son la recuperación y conservación del suelo, mantenimientos de las cuencas hidrológicas y de los mantos freáticos, establecimiento de cubierta vegetal, lo que origina la formación de microclimas, así como sombras para la fauna silvestre o de animales domésticos (Zapién *et al.*, 1978).

- Calidad de planta

Villar (2003), indican que calidad de la planta es uno de los componentes más importantes de los que depende el éxito de la restauración de una cubierta vegetal. Está determinada por sus características genéticas, sanitarias, morfológicas y fisiológicas. La calidad de la planta puede ser “moldeada” por el

modo de cultivo en vivero, siendo la fertilización, el contenedor y el sustrato los elementos de cultivo que más la condicionan.

Tradicionalmente se ha estudiado la calidad a través de la medición de dos tipos de atributos (Peñuelas, s/f):

1. Atributos materiales o directamente medibles que a su vez pueden ser: Morfológicos: parámetros directos como la altura, el diámetro del cuello de la raíz, la biomasa, el volumen o la superficie de las distintas partes de la planta y las relaciones entre ellos.

Fisiológicos: como el estado hídrico o nutricional o el estado de las reservas, entre otros.

2. Atributos de desarrollo, que miden la respuesta de toda la planta cuando es sometida a unas condiciones de ensayo particulares. La resistencia al frío o el potencial de regeneración radical son dos ejemplos de estos atributos.

Rueda *et al.* (2012) mencionan que en México se ha dado un fuerte impulso al establecimiento de plantaciones forestales, pero los resultados obtenidos son poco satisfactorios debido a la baja supervivencia del arbolado que se logra. Una de las causas principales de este desenlace es la calidad de la planta utilizada.

2.3 Retenedores de humedad

2.3.1 Tipos

Román *et al.* (2013) indican que el compostaje es un componente importante para el suelo, es utilizable como retenedor de humedad, la sustancia orgánica actúa como una esponja en el suelo y los campos de esta manera fertilizados poseen una capacidad de retención de la humedad más alta. El compostaje es un proceso de descomposición de la materia orgánica por fermentación en presencia de oxígeno (Palmero, 2010).

García (2013) comenta que los polímeros súper-absorbentes como son los reticulados de poliacrilamida y poliacrilato de sodio pueden aminorar las

consecuencias que provocan la sequía. Básicamente, con el uso de estos productos se logra un uso más eficiente del agua para el riego y por lo tanto ahorro de costos y de agua; ya que se evita evaporación del agua al ambiente o su filtración por el suelo. Además, esto también representa un impacto positivo ambientalmente.

Hidrogel

Escobar *et al.* (2003) señalan que el término hidrogel se utiliza para denominar a un tipo de material de base polimérica caracterizado por su extraordinaria capacidad para absorber agua y diferentes fluidos. La hidrofilia de estos geles es debido a grupos como: -OH, -COOH, -CONH₂, y -SO₃H, y mientras Katime *et al.* (2005) comentan que un gel se define como una red tridimensional de cadenas flexibles, constituidas por segmentos de una determinada manera e hinchada por un líquido. Si el líquido que solventa las cadenas es orgánico recibe el nombre de organogel, mientras que el responsable de la solvatación es el agua, entonces se denomina hidrogeles.

Alvarado *et al.* (2015) aseguran que los hidrogeles son una alternativa para la agricultura de nuestro país, ya que al reducir el consumo de agua en las tierras de cultivo beneficia zonas agrícolas extensas de nuestro país donde la escasez del vital líquido es cada vez mayor. Otros beneficios adicionales del uso de hidrogeles es que son compuestos biodegradables que mejoran las características del suelo permitiendo así una mejor absorción de nutrientes y un crecimiento óptimo de las plantas.

Perlita

Martínez y García (1993) señalan que la perlita es una materia de origen volcánico que debidamente triturada se somete a un proceso de expansión a 1200° C. La utilidad de este material como sustrato hidropónico era prácticamente desconocida; en el año 1990 la empresa fabricante de perlita en España, Europerl, se decide a realizar la utilización de este material como sustrato. La perlita reúne todas las virtudes que se le han de exigir a todos los sistemas de cultivos hidropónicos: es fácil de instalar, es un material inerte,

homogéneo, estable y libre de enfermedades; es un producto nacional, fácilmente renovable.

Smith y Shackerford (1998) señalan que la perlita es un compuesto laminar formado por láminas alternadas de ferrita y de cementita, que tiene propiedades mecánicas intermedias entre las dos fases que las constituyen. Es más blanda y más dúctil que la cementita, pero más dura y resistente que la ferrita.

Backman (2005) dice que la perlita hace que la humedad, el oxígeno y los nutrientes estén fácilmente disponibles para las plantas. Debido a la forma de cada partícula, más su permanencia, humedad y nutrientes pueden adherirse a las grietas hasta las plantas, mientras que la calidad granular proporciona drenaje rápido del exceso de humedad y espacio para el oxígeno, vital para el crecimiento saludable de las plantas.

Carbón vegetal

Díaz *et al.* (2010) dicen que el carbón vegetal es un combustible producto de la combustión anaeróbica de la madera, es decir una combustión sin oxígeno, sólo madera expuesta a altas temperaturas durante un tiempo determinado. Esta reacción de carbonización es llamada Pirólisis, de igual manera el carbón es un producto forestal que viene diversificando sus usos con grandes potencialidades. Es así que ahora se le puede encontrar como pigmento en la industria alimentaria, en la producción de acero debido a su baja reactividad y como purificador de agua.

Gómez y Vázquez (2011) señalan que el carbón mejora la circulación del aire, la absorción de humedad y el calor en el suelo (características físicas). Su porosidad beneficia las actividades macro y microbiológicas; es capaz de retener, filtrar y liberar poco a poco los nutrientes necesarios para las plantas, reduciendo pérdidas por lixiviación. Las partículas de carbón deben ser uniformes, entre uno y dos centímetros.

Alejo *et al.* (s/f) mencionan que se ha demostrado que el uso del carbón vegetal como fertilizante, no altera las concentraciones de los parámetros físico-químicos, tanto del suelo, como de las plantas. Además de ser un producto

completamente orgánico y natural, evita que algunas plantas que necesitan alto contenido de carbono consuman el que se encuentra en el suelo y los esterilicen, ya que el carbón vegetal reacciona como un imán para atraer el CO₂ atmosférico proporcionándolo.

Estiércol de bovino

Iglesias (1994) comenta que tanto el estiércol como los purines son una mezcla de las heces de los animales con los orines y la cama. El estiércol es aquel material que puede ser manejado y almacenado como sólido, mientras que los purines lo son como líquidos.

El estiércol además de contener heces y orines puede estar compuesto por otros muchos elementos, como son las camas, generalmente paja, pero también a veces contiene aserrín, virutas de madera, papel de periódico o productos químicos, también suele incluir restos de los alimentos del ganado, así como agua procedente de los bebederos (Iglesias, 1994).

Los estiércoles se han utilizado desde hace mucho tiempo para aumentar la fertilidad de los suelos y modificar sus características en beneficio del desarrollo de las plantas. Su efectividad ha quedado plenamente demostrada con rendimientos más altos y de mejor calidad (Santos, 1987).

Según Terry (s/f), el estiércol contiene un buen número de nutrientes para las plantas. Casi la mitad del nitrógeno que contiene el estiércol está en forma amoniacal, si se maneja bien, es disponible casi inmediatamente para las plantas. El resto se encuentra en diversos compuestos orgánicos y no está disponible para las plantas, nitrógeno orgánico debe ser convertido a nitrógeno amoniacal antes de ser absorbido por las plantas.

2.3.2 Importancia de los retenedores de humedad

Mera (2001) indica que los retenedores de humedad son usados en una gran cantidad de cultivos para el acondicionamiento de suelos y como componentes de mezclas para cultivos. Poseen una gran porosidad interna, lo que permite la retención de humedad y sustratos solubles en agua.

En el establecimiento de las plantaciones forestales, uno de los elementos frecuentemente limitantes es el agua, por lo que se debe de optimizar su utilización en la plantación en campo. Con la utilización de retenedores de agua, el porcentaje de sobrevivencia, crecimiento y desarrollo (diámetro y altura) se incrementa (Barreto, 2011).

Según Trujillo (2009) los retenedores de humedad han sido objeto de múltiples investigaciones demostrando su eficiencia al conservar vivas las plantas cuando carecen de agua, ya que absorben y retiene grandes cantidades de líquido y nutrientes cuando se aplican en el suelo o en cualquier otro medio de crecimiento.

Ventajas del retenedor de agua en plantaciones (Trujillo 2009):

- Permite un mejor crecimiento de la planta en regiones de escasas lluvias
- Permite el cultivo de la tierra bajo condiciones extremas de clima y suelo.
- Provee a las plantas de un suplemento regular de humedad.
- Reduce los ciclos de irrigación y las cantidades de agua utilizada.
- Reduce al menos un tercio la pérdida de nutrientes en el suelo.
- Mejora la ventilación de aquellos suelos compactos, dado que al hidratarse mejora la circulación de aire.

Los retenedores al ser aplicados al suelo no se consideran contaminantes del ambiente, debido a las siguientes características: poseen un pH neutro, no es tóxico, ni contaminan el suelo, agua u organismos; en su descomposición no hay residuos tóxicos, no es volátil y es biodegradable (Jasso y Plascencia, 1992).

Trujillo (2009) señala que este producto se puede aplicar en cualquier clase de cultivo dado que actúa sobre los sistemas radiculares, pero resulta más efectivo en aquellas zonas de menor precipitación o con sequías recurrentes. Se aplica en plantaciones forestales, frutales, cultivos anuales en surcos, camas hidropónicas, cultivos bajo invernadero.

2.3.3 Aplicación en el ámbito forestal

La aplicación de retenedores de humedad para las plantas se ha visto que se ha manejado tanto en el ámbito forestal como en el agrícola, los resultados obtenidos en ellos han sido muy eficaces para las plantas. En la mayoría de los estudios realizados el hidrogel es el que se ha utilizado mayormente en el ámbito forestal.

Maldonado *et al.* (2011) realizaron un estudio en donde se evaluó el efecto de un polímero sintético (hidrogel), en mezclas de sustratos alternativos con cuatro niveles de riego para la producción de *Pinus greggii* en un vivero. En dicho estudio se probaron 10 mezclas de sustratos compuestas por aserrín, corteza de pino, turba, agrolita y vermiculita, evaluando a los cinco meses después de haberlo establecido; el hidrogel presentó el mayor incremento para las variables que fueron evaluadas (altura y diámetro).

Patricio (2014) evaluó el efecto de tres dosis de hidrogel en la sobrevivencia y desarrollo de *Pinus arizonica* Engelm. variedad *stormiae*, plantados bajo condiciones de sequía extrema, donde se evaluó 55 plantas, los tratamientos aplicados fueron diferentes dosis de hidrogel. Encontró que al año de haber sido establecida la plantación no hubo diferencia significativa entre los tratamientos aplicados.

Vásquez (2016) en su trabajo de investigación aplicó composta elaborada con biosólido y estiércol en una plantación de *Pinus greggii*. En sus resultados encontró que al utilizar un sustrato mejorado con el 40% de composta elaborada a partes iguales de biosólido y estiércol, se logró mayor sobrevivencia y crecimiento de diámetro de copa.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del área del estudio

3.1.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el Ejido La Encantada Municipio de Saltillo, Coahuila, localizado al sur de la ciudad de Saltillo, a 8 km de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por la carretera a Zacatecas, con tiempo aproximado de recorrido de 15 minutos. Se estableció una plantación de *Pinus greggi* que tiene una superficie total de 0.12 ha. La plantación se ubica en las coordenadas geográficas 25° 16' 56.5" N, 101° 04' 35.5" O, con una altitud de 1882 msnm (Figura 4).

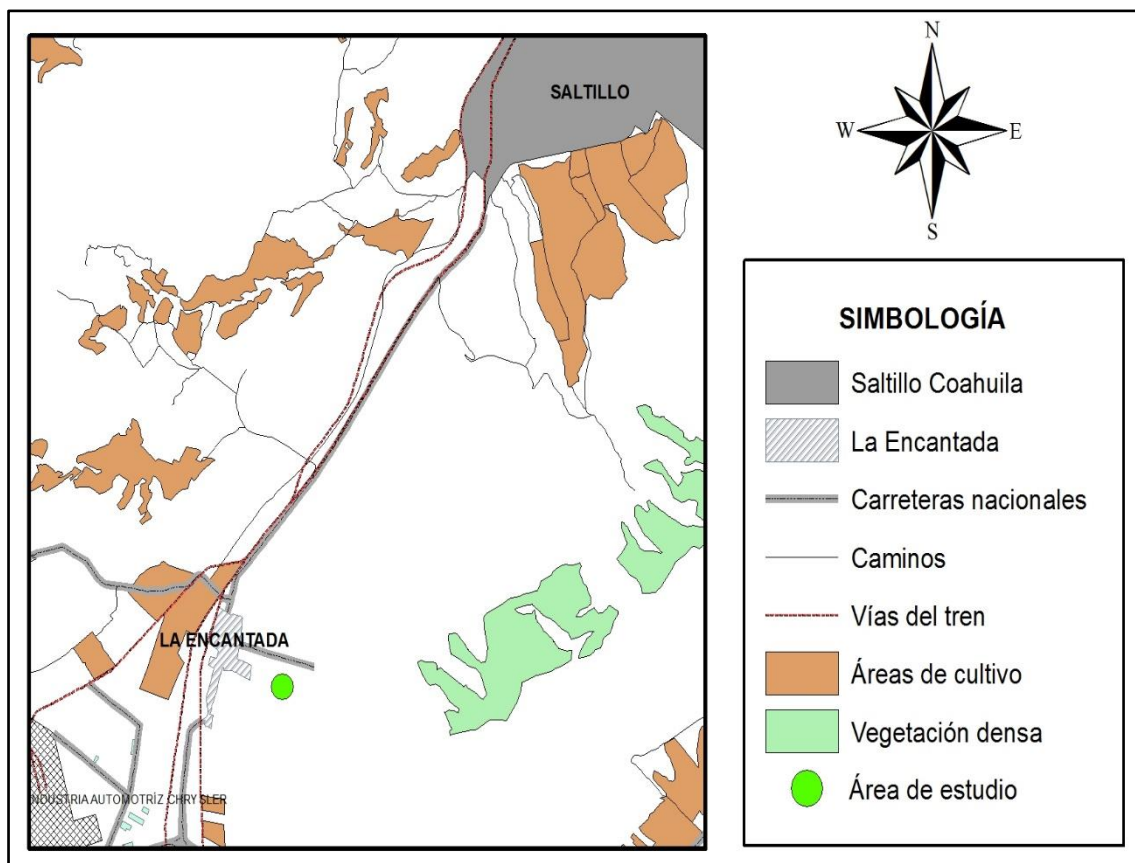


Figura 4. Localización del área de estudio en la Encantada, Saltillo, Coahuila.

3.1.2 Suelo

De acuerdo con el INEGI (2013), el tipo de suelo que se encuentra en el polígono del área de estudio, pertenece a un solo tipo, xerosol cálcico (xk). Este tipo de suelo muestra acumulación de carbonato cálcico en el límite inferior del suelo. El depósito de carbonato forma habitualmente un horizonte petrocálcico fuertemente endurecido, que engloba los cantos del horizonte C, formando una masa continua, de resistencia y compacidad notable. La potencialidad agrícola es semejante a la de los cambisoles con fase petrocálcica (Iñiguez *et al.*, 1981).

3.1.3 Clima

De acuerdo a CONABIO (2012), con la escala topográfica 1:1, 000,000, el tipo de clima que se encuentra en el área de estudio es (BSohw), que corresponde a un árido, semicálido, temperatura entre 18° C y 22° C, temperatura media del mes más frío menor de 18 °C, temperatura media del mes más caliente mayor de 22° C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

3.1.4 Vegetación

INEGI (2012), señala que la vegetación que existe en La Encantada del municipio de Saltillo, Coahuila, es el matorral desértico microfilo y el uso de suelo a la agricultura de temporal anual.

3.2 Establecimiento del experimento

3.2.1 Obtención de la planta

Se dispuso de 240 plantas, las cuales fueron producidas con el sistema tradicional, en bolsas de polietileno de color negro con dimensiones de 10x20 cm, mismas fueron obtenidas del vivero forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, cuyas

coordenadas geográficas son 25°21'12.30" latitud Norte y 101°1'38.50" longitud Oeste, a una altitud de 1782 msnm.

Es importante mencionar que las plantas se encontraban dentro del vivero con mantenimiento adecuado y por lo que ya estaban acondicionadas para ser plantadas. Las plántulas se produjeron a partir de semillas colectadas, de origen desconocido.

3.2.2 Preparación del terreno

Las dimensiones del área experimental fueron de 40 m de largo y 32 m de ancho (1280 m²), se dejaron dos espacios de 5 m para darle riego a las plantas. El diseño utilizado en la plantación fue de forma cuadrada con un espaciamiento entre plantas de 2x2 m (Figura 5).



Figura 5. Trazo de la plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida con retenedores de humedad en la Encantada Saltillo Coahuila.

Una vez realizado el trazo de la plantación se procedió a abrir las cepas de manera mecánica con un hoyador y de manera manual con la ayuda de una barra y un pico (talache). Las dimensiones de la cepa cilíndrica fueron de 30 cm de profundidad por 30 cm de diámetro.

3.2.3 Preparación de tratamientos y plantación

Después de preparar el terreno, se procedió a trasladar las plantas del vivero a la parcela experimental. Se realizó la plantación retirando cuidadosamente las bolsas de polietileno de las plantas. La mezcla y colocación de la planta fue de la siguiente manera:

- Se pesaron 25 gr de hidrogel para cada planta, y para cada repetición fueron en total 100 gr, los que se mezclaron con 96 litros de suelo y éste se repartió entre las 4 plantas. Al colocar la planta en la cepa, se colocó el sensor de humedad a un lado, quedando acolchonado con 5 centímetros de la mezcla, después se agregó la mezcla, se apisonó de forma compactada para evitar que quedaran bolsas de aire que pudiesen afectar el desarrollo de la raíz.
- Se mezclaron 24 litros de perlita con 96 litros de suelo y la mezcla se repartió para las cuatro plantas, de igual manera se colocó la planta y el sensor de humedad y se le agregó la mezcla.
- De igual manera se mezcló el carbón y el estiércol, y con los mismos procedimientos se plantó.
- En el testigo (suelo) fueron 96 litros de suelo extraído de las mismas cepas, el cual se repartió a las 4 plantas, y de igual manera al colocar la planta se colocó el sensor de humedad y se le agregó el suelo dejándolo bien apisonado.

Mediante el proceso de la preparación de los sustratos, se observa en la figura 6 cómo se fue realizando hasta dejar el sustrato bien mezclado.



Figura 6. Preparación de tratamientos y plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila.

3.2.4 Cuidados de la plantación

Una vez establecida la plantación se realizaron los cuidados y labores culturales, como la aplicación de riego de auxilio, debido a que cuando se plantó era temporada de sequía y la precipitación era escasa.

Los riegos se aplicaron de la siguiente manera:

- Un riego al establecer la plantación.
- Otro riego después de una semana de haber establecido la plantación.

- Después se aplicaron riegos esporádicos cuando no ocurrió la precipitación en lapsos de tiempo considerables, y que el suelo estaba seco, lo cual se registró con las lecturas de los sensores de humedad.

El riego en cada tratamiento se aplicó cuando el suelo contenía menos del 40% de humedad disponible. El agua disponible es aquella que se encuentra entre los valores de capacidad de campo y PMP (Punto de marchitamiento permanente).

Para proteger a las plantas de los animales silvestres se utilizaron protectores tubulares de PVC, ya que al inicio no se consideró necesario, sin embargo, en la temporada de sequía las plantas fueron dañadas por las liebres, por eso se vio la necesidad de usar los tubos.

3.3 Tratamientos utilizados

El estudio se estableció en el mes de junio de 2016 y se culminó en el mes de abril de 2017, período en el que se pretendió encontrar respuesta a los tratamientos establecidos a prueba. Con la finalidad de observar la respuesta de las variables definidas en el objetivo, se establecieron cinco tratamientos que fueron: hidrogel, perlita, estiércol de bovino, carbón vegetal y el quinto fue el testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos de retenedores de humedad aplicados en la plantación de *Pinus greggii* Engelm. en Saltillo, Coahuila.

Tratamiento	Descripción
T1 Hidrogel	0.025 kg por planta mezclado con suelo.
T2 Perlita	20% del volumen del sustrato (6 l / 24 l suelo)
T3 Estiércol de bovino	20% del volumen del sustrato (6 l / 24 l suelo)
T4 Carbón vegetal	20% del volumen del sustrato (6 l / 24 l suelo)
T5 Testigo	100% del suelo (30 l de suelo)

3.4 Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar, con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Fueron 15 parcelas establecidas y cada una de ellas constó de 16 plantas, de las cuales se tomaron las plantas centrales para conformar la unidad experimental a evaluar, que fue igual a 4 plantas; las plantas restantes quedaron de borde. En total fueron 60 plantas útiles del total de 240 plantas establecidas.

El modelo lineal fue el siguiente:

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

Donde:

y_{ij} = la j -ésima observación del tratamiento i .

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

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

μ = Media general

τ_i = Parámetro único llamado efecto de tratamiento i .

ε_{ij} = Error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima unidad experimental sujeta al i -ésimo tratamiento.

t = número de tratamientos.

n = número de repeticiones.

3.5 Evaluación

3.5.1 Variables evaluadas

Para cada tratamiento se midió el contenido de humedad en el suelo, el crecimiento en altura, diámetro basal, diámetro de copa de la planta y sobrevivencia. Las variables anteriores se evaluaron en diversas fechas

marcadas en la investigación para obtener resultados representativos y así tener una mejor interpretación de los datos. A continuación, se mencionan:

- ✓ Contenido de humedad del suelo. Se evaluó en los meses de abril, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo.

La humedad del suelo que contiene la planta se midió con el aparato medidor Delmhorst ks® que toma la lectura en porcentaje de humedad disponible, esto con la ayuda de los sensores de humedad que se establecieron en una planta por tratamiento y repetición (Figura 7). La humedad disponible es aquella que se encuentra entre los valores de capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente.



Figura 7. Medición de humedad con los sensores colocados en la plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida en Saltillo, Coahuila.

- ✓ Crecimiento considerando las variables: altura, diámetro basal de la planta (tallo) y diámetro de copa. Para determinar el crecimiento de las variables se midió al tiempo de establecer la plantación (en el mes de junio de 2016, y una evaluación en el mes de abril de 2017 (Figura 8).



Figura 8. Evaluación de: a) Altura, b) Diámetro basal, c) Diámetro de copa mayor y d) Diámetro de copa menor, de la plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila.

- ✓ La sobrevivencia se evaluó considerando las plantas iniciales y el número de plantas vivas al momento de la evaluación. La sobrevivencia se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = \frac{\text{número de plantas vivas al momento de la evaluación}}{\text{número de plantas iniciales}} \times (100)$$

Las fechas en que realizaron las evaluaciones de humedad disponible en el suelo en la plantación, así como las aplicaciones de los riegos de auxilio se muestran en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fecha de evaluación de la humedad del suelo y riego de auxilio durante el período de evaluación de la plantación de *Pinus greggii* Engelm. en Saltillo, Coahuila.

Fecha de evaluación de humedad del suelo	Fecha de riego de auxilio	Cantidad de agua para cada tratamiento
28-06-2016	28-06-2016	12 litros por planta
7-07-2016	7-07- 2016	10 litros por planta
12-07-2016	1-02-2017	10 litros por planta
11-08-2016	14-03- 2017	12 litros por planta
6-02-2017	10-04- 2017	10 litros por planta
24-02-2017		
14-03-2017		
31-03- 2017		
10-04-2017		
20-04-2017		

3.5.2 Análisis estadístico

El procesamiento para el análisis de datos se hizo en el software estadístico Statistical Analysis System (SAS). Con este programa se realizó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias (Duncan $P>F=0.05\%$) para las variables evaluadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos obtenidos en el presente experimento, se presentan los resultados y discusión correspondientes a cada variable.

4.1 Retención de humedad

Los resultados obtenidos para esta variable muestran significancia estadística, puesto que el valor obtenido de $Pr>F = 0.04$, de tal manera que al menos uno de los tratamientos retiene mayor cantidad de humedad. De acuerdo a la prueba de comparación de media de Duncan el tratamiento T3 (Estiércol de bovino) es el que retiene mayor humedad con 53.48 %, y es estadísticamente diferente y superior al T5 (Testigo), que retiene menor humedad con 32.93 % (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valor promedio del porcentaje de retención de humedad por tratamiento y agrupación de Duncan, en la plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida en Saltillo, Coahuila.

Tratamientos	Contenido de humedad promedio (%)	Agrupación Duncan	
T3 Estiércol de bovino	53.48	A	
T2 Perlita	44.86	A	B
T4 Carbón vegetal	41.45	A	B
T1 Hidrogel	40.03	A	B
T5 Suelo	32.93	B	

En la Figura 9 se muestran los valores promedio por fecha de medición y se la respuesta de los tratamientos. A partir del mes de febrero se observa descendencia en el contenido de humedad, de tal forma que en las fechas 24-feb-17, 31-mar-17 y 20-abr-17, se obtuvieron mediciones negativas, esto se debe a que el suelo se encontraba extremadamente seco, por los días con mayor calor y la humedad estaba fuera del rango de humedad disponible. El T3

(Estiércol de bovino) en todas las fechas de medición es el que sobresalió con mayor porcentaje de retención de humedad que los demás.

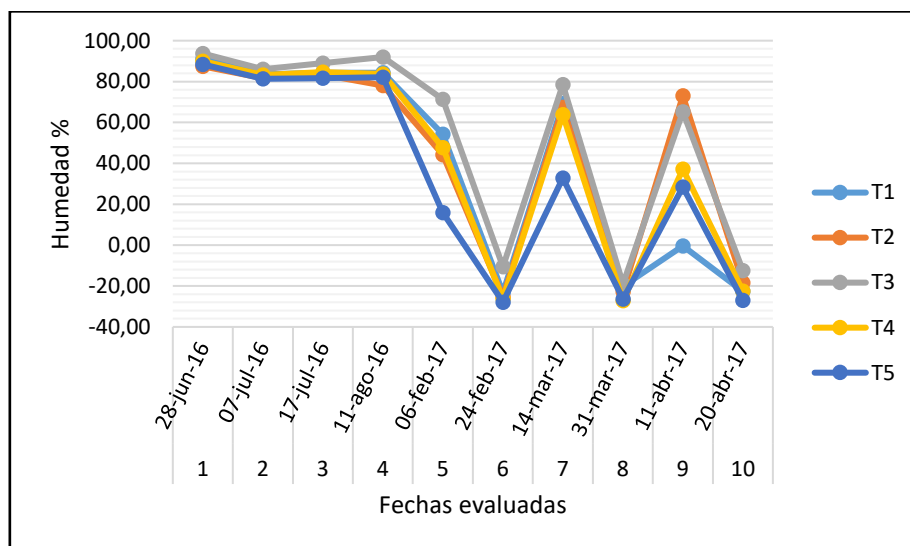


Figura 9. Respuesta de retención de humedad a través del tiempo de los tratamientos de retención de humedad en una plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida en Saltillo, Coahuila.

En este sitio de poca precipitación pluvial, los resultados obtenidos sugieren utilizar un sustrato que incluya estiércol de bovino, en una proporción del 20% en la mezcla de suelo.

Los resultados de la presente investigación concuerdan con en el estudio de mineralización del estiércol de bovino, para una profundidad de 0- 7.5 cm, donde se encontró como tendencia, que a mayor contenido de estiércol, mayor contenido de humedad (Salazar-Sosa *et al.*, 2004).

Sin embargo, difieren de los resultados del estudio realizado con tratamientos de hidrogel, donde se obtuvo como resultado que en la dosis más alta (56.25 gr por planta), se retiene mayor porcentaje de humedad a 7 días en *Taxodium mucronatum* Tenore (López, 2014).

4.2 Supervivencia y crecimiento

Las variables de supervivencia y crecimiento en diámetro basal, altura y diámetro de copa no mostraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 4). Sin embargo, el alto Coeficiente de Variación del ANVA hace que no sea confiable la interpretación de los resultados arrojados por el análisis de varianza y de la prueba Duncan.

Cuadro 4. Valores de coeficiente de variación y significancia estadística de las variables evaluadas en la plantación de *Pinus greggii* Engelm. en Saltillo, Coahuila.

Variable	Coeficiente de variación (%)	Pr>F
Supervivencia	20.1	0.75
Crecimiento en diámetro basal	63.1	0.31
Crecimiento en altura	88	0.81
Crecimiento en diámetro de copa	378.3	0.61

Las tres variables de crecimiento (en diámetro basal, en altura y en diámetro de copa) presentaron un CV grande (mayor a 30 %) en el ANVA, lo que significa que dicho ANVA no es válida su interpretación (López y González, 2014). Lo anterior quiere decir que la respuesta en estas tres variables se vio afectada por otras causas distintas a los tratamientos, como pudo ser el ataque de liebres, así como el hecho de que se evaluaron durante el período de crecimiento y no en la época de letargo o de cese del crecimiento, como es el invierno (Viveros y Vargas, 2007).

En una evaluación del patrón de crecimiento del brote terminal de *Pinus greggii* se ha reportado variación entre familias y procedencias durante la temporada de crecimiento (Valencia *et al.*, 2017), por lo que se puede inferir que la mejor temporada para evaluar el crecimiento y hacer comparaciones entre tratamientos es la temporada invernal, momento en que las plantas están en reposo.

Para cada variable de crecimiento se presentan los valores promedios por variables (Cuadro 5). La prueba media de Duncan para las variables diámetro basal, altura y diámetro de la copa no presentaron diferencias significativas estadísticas entre tratamientos, tal como se señala en el análisis de varianza.

A los 10 meses de haber establecido la plantación de *Pinus greggii*, la sobrevivencia de la población total es de 85%, el crecimiento en diámetro es de 1.23 cm, el crecimiento en altura total es de 2.82 y con respecto a la variable crecimiento en diámetro de copa, en general los tratamientos presentan un resultado muy bajo, con 0.94 cm.

Cuadro 5. Valores promedio de sobrevivencia y crecimiento en diámetro basal, altura y diámetro de copa por tratamiento y de la prueba Duncan de separación de medias, en la plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila.

Tratamientos	Sobrevivencia %	Crecimiento en diámetro basal (mm)	Crecimiento en altura (cm)	Crecimiento en diámetro de copa (cm)
T1 Hidrogel	83	1.02	4.14	-0.67
T2 Perlita	92	1.16	2.75	3.41
T3 Estiércol	75	1.24	2.56	-1.5
T4 Carbón	83	2.11	3	1.67
T5 Testigo	92	0.64	1.67	1.81
Promedio	85	1.23	2.82	0.94

La sobrevivencia promedio del ensayo se puede considerar buena, ya que en otros estudios realizados se han obtenidos menores valores, por ejemplo 43.33% en plantación bajo condiciones de sequias extremas en Saltillo, Coahuila a 1 año (Patricio, 2014), 82.62% con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila evaluados a los 5 meses (Martínez, 2014).

En cambio, el crecimiento es menor, ya que los valores promedio de las variables evaluadas de la plantación de *Pinus greggii* a los 10 meses de establecida fueron menores en todas las variables (Cuadro 5).

Comparando los resultados con los obtenidos por Barreto (2011) en su evaluación del efecto de retenedores de agua en el establecimiento y crecimiento inicial de *Juniperus flácida* Schlechendal en Ixcateopan, Guerrero, donde al año haber establecida la plantación se obtuvo un incremento en diámetro basal de 0.7 mm y en altura de 3.7 cm, se observa que en el presente estudio se obtuvo un crecimiento similar a los diez meses de haber plantado, y no obstante que son diferentes especies, se obtuvo un desempeño similar, considerando además que en esta zona existe escasa precipitación.

De acuerdo con los resultados de Patricio (2014), quién obtuvo en sus diferentes tratamientos aplicados con retenedores de humedad un incremento promedio en diámetro basal de 2.48 mm y en altura de 7.4 cm, se observa que los incrementos son más sobresalientes que los del presente estudio.

En el estudio realizado en una plantación de *Pinus geggii* en Saltillo Coahuila, por Vásquez (2016) donde a los 11 meses de haber establecido la plantación se logró un incremento promedio en diámetro basal de 3.3 mm, en altura de 8.25 cm, y en diámetro de copa de 9.19 cm, mientras que en el presente estudio se obtuvo un incremento bajo a los diez meses de haber plantado, por lo que se tiene un desempeño más pobre en esta región.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- Se encontró que existen diferencia estadística entre tratamientos en la retención de humedad.
- El tratamiento estiércol de bovino conserva mayor humedad que el testigo.
- En las variables de sobrevivencia y crecimiento en diámetro basal, altura y diámetro de copa, no se presentaron diferencias estadísticas en el periodo de evaluación.

VI. RECOMENDACIONES

Hacer más experimentos con el uso de diferentes tipos de estiércol, en diferentes dosis en volumen de sustrato.

Aplicar estiércol de bovino en reforestaciones, ya que este producto orgánico no es caro para su compra, no contamina al suelo y es fácil de conseguir.

Para obtener mejores resultados con relación a la presente investigación se recomienda realizar pruebas con diferentes retenedores de humedad y con diferentes periodos de riego de auxilio para ver si esto afecta la sobrevivencia de las plantas de *Pinus greggii* Engelm.

En áreas y condiciones iguales al área de estudio se recomienda definir muy bien el sistema de captación de agua, en lo cual influye el tamaño de la cepa, con relación al diámetro y la profundidad.

Una vez establecida la plantación, es necesario el cuidado de las plantas y su protección contra la fauna silvestre, teniendo en cuenta que con esto se evita el destrozo o muerte de las plantas.

De igual manera, para tener resultados más confiables, es necesario evaluar a un tiempo más largo, para ver cómo se comporta cada tratamiento, ya que en el presente estudio solo se realizó a los 10 meses.

VII. LITERATURA CITADA

- Alejo G., O., M. J. Remellón C., E. Guzmán R., y A. Tosca C. (s/f). Medición y comparación de los efectos del carbón vegetal como fertilizante orgánico en *Zea maíz*, en Macuspana, Tabasco, México. Instituto Tecnológico de Villahermosa. 6p.
- Alvarado S., J. A., C. R. Rendón V., y A. Ramirez S. 2015. Hidrogel: Potenciador reservorio del agua y sus usos en la agricultura. En: XXVI Congreso de Investigación CUAM – ACMor. Área de Ciencias Ambientales, Oaxaca. p. 1-3.
- Backman, C. 2005. Perlite Plant Guide. 3 p.
- Barreto N., I. 2011. Evaluación del efecto de retenedores de agua en el establecimiento y crecimiento inicial de *Juniperus flaccida* Schlechtendal en Ixcateopán, Gro. Tesis de Ingeniero en Restauración. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 66p.
- Carbo G., A., O. Vidal M. 1978. Marqueo de Plantaciones. España. Ministerio de Agricultura No. 21. pp.3-16.
- CONABIO. 2012. Carta climatológica. Escala topográfica 1:1, 000,000.
- Cuevas R., R., P. De la Garza L., y F. Nepamuceno M. 1992. Estudio comparativo de la sequía en procedencia de *Pinus greggi* Engelm. En: Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. SARH. Publicación Especial 1: 225-236.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2010. Prácticas de reforestación. Manual básico. Zapopan, Jalisco México. 66p.
- Cruz M., A., A. Sandoval, R. Trejo C., I. Sánchez C., J. A. Samaniego G. y R. Hernández S. 2016. Captación de agua de lluvia y retención de humedad edáfica en el establecimiento de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Revista Mexicana Ciencia Pecuaria, 7(2):159-172.

- Díaz B., M., A. Gonzales A., D. Sifuentes Y. y E. Gonzales M. 2010. El carbón vegetal: alternativa de energía y productos químicos. *Xilema*, 23(1), 95-103.
- Eguiluz P., T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. *Rev. Ciencia Forestal*, 38 (7): 31-44.
- Escobar, J. L., D. Zaldívar, L. Agüero y I. Katime. 2003. Liberación de cefalozina sódica a partir de hidrogeles de copolímeros (de poli acrilamida-co-ácido metálico). *Revista Iberoamericana de polímeros*. p.1-10.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013. Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Santiago, Chile. 265p.
- Flores E., G. 2001. Los recursos forestales de México y su importancia. Academia de sistema de producción forestal. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 20 p.
- García, D. 2013. Enfrentar la sequía con polímeros súper-absorbentes. Coordinación de comunicación y Relaciones Publicas. 3p.
- Gómez, D. y M. Vázquez. 2011. Abonos orgánicos. PYMERURAL y PRONAGRO. Tegucigalpa Honduras. 27p.
- Iglesias M., L. 1994. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 24p.
- INEGI. 2013. Carta geológica. Escala topográfica 1:2500000.
- INEGI. 2012. Carta Uso de suelo y vegetación. Escala topográfica 1:2500000.
- Iñiguez H., J., I. Sánchez-Carpintero P., R. M. Val L., y A. R. Martínez de L. 1981. Mapa de suelos Navarra. Núm. 1. Institución Príncipe de Viana. 183 p.
- Jasso P., J. y O. Plascencia. 1992. Poli acrilamida In: cursos nutrición II. Colegio de Posgraduados. Texcoco, Estado de México. 43p.

- Katime, A. I., O. Katime y D. Katime. 2005. Materiales inteligentes: hidrogeles macromoleculares, algunas aplicaciones biomédicas. Departamento de Química-Física. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco. España. 16 p.
- López S., J. A. 2014. Impacto del hidrogel en la germinación y desarrollo de *Taxodium mucronatum* Tenore, en condiciones de Invernadero. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 48 p.
- López B., E. A. y B. H González R. 2014. Diseño y análisis de experimentos. Fundamentos y Aplicaciones en Agronomía. 2a edición Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía. 248p.
- López-Upton, J. y J. K Donahue. 1995. Seed production of *Pinus greggii* Engelm. in natural stands in Mexico. Tree Planters Notes 46; 86-92.
- Malagnoux, M., E. H. Sène y N. Atzmon. 2007. Bosques, árboles y agua en las tierras áridas: un equilibrio delicado. Revista internacional de silviculturae industrias forestales 58: 24-29.
- Maldonado-Benítez, K. R., A., Aldrete, J., López-Upton, H Vaquera-Huerta y V. M. Cetina-Alcalá. 2011. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. Agrociencia 45(3): 389-398.
- Martínez C., J. T. 2014. Evaluación del efecto del hidrogel mesclado con sustrato en la germinación y desarrollo de *Pinus greggii* Engelm en Invernadero. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 47 p.
- Martínez, E. y M, Garcia. 1993. Sistema Agroperl. Horticultura. Dicalite española. pp. 68-72.
- Mera A., M. C. 2011. Influencia de hidrogel (Poliacrilaminada) y de resina urea formaldehído en cultivos cerrados de fréjol. Ciencias Agrícolas y Ambientales PUCE-SI. Ibarra Ecuador. 6 p.

- Morante C., J., J. Alba L., y L del C. Mendizábal H. 2005. Estudio de conos, semillas y plántulas de *Pinus greggii* Engelm. de una población del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 7(2): 23-31.
- Palmero P., R. 2010. Elaboración de compost con resto vegetal por el sistema tradicional en pilas o montones. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo del Cabildo Insular de Tenerife. 20p.
- Patricio H., N. 2014. Evaluación de tres dosis de hidrogel en la sobrevivencia y desarrollo de *Pinus arizonica* Engelm. variedad *stormiae* Martínez plantados bajo condiciones de sequía extrema. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 47 p.
- Peñuelas R., J. L. s/f. Calidad de la planta forestal, calidad morfológica y fisiológica, normas de calidad control. Centro Nacional de Medio Ambiente. Guadalajara. 24p.
- Ramírez-Herrera, C., Vargas-Hernández, J. J., y López-Upton, J. 2005. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. *Acta botánica mexicana*, (72), 1-16.
- Rodriguez L., R., S. Valencia M., J. Meza R., M. A. Capo A., y A. Reynoso P. 2008. Crecimiento y características de la copa de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. Galeana, Nuevo León. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 19-26.
- Rojas de G., B., R. Aguilera., J. L. Prin., H. Cequea., J. Cumana., y M. Ramirez. 2004. Estudio de la germinación de semillas de tomate en suelos áridos extraídos de la península de Araya (Venezuela) al utilizar polímeros de tipo hidrogeles. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 5: 7-17.
- Rojas de G., B., M. Ramirez., R. Aguilera., J. L. Prin y C. Tores. 2006. Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. *Revista iberoamericana de Polímeros* 7: 199-210.
- Román, P., M. M. Martínez., y Pantoja, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. 108 p.

- Rueda S., A., J. de D. Benavides S., J.A. Prieto R., J.T. Sáenz R., G. Orozco G., A. Malina C. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3: 70-82.
- Salazar S., E., C. Vásquez V., J. A Leos R., M. Fortis H., J. A. Montemayor T., R. Figueroa V. y J. D. López M. 2004. Mineralización del estiércol de bovino y su impacto en la calidad de suelo y la producción de tomate (*Mycopersicum sculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 53: 260-272.
- Santos T., A. 1987. Utilización de estiércoles. Instituto de Recursos Naturales (IRENAT). México. 6p.
- Schlichter T., P. Laclau. 1998. Indicadores comparativos del uso del agua en la agricultura. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Bariloche, Argentina. pp. 226-294.
- Smith F., W., J. Shackerlford F. 1998. Materiales metálicos. 4 (ed). Pág.1-27.
- Trujillo N., E. 2009. Plantines y retenedores de agua. Edición Especial. *Revista el mueble y la madera*. pp. 22-27.
- Terry L., R. s/f. Breves Agronómicas. El estiércol, almacén de nutrientes para las plantas. 1 p.
- Vázquez M., R. O. 2016. Supervivencia en una Plantación de *Pinus greggii* Engelm: Establecida con Composta de Biosólido y Estiércol, en Saltillo, Coahuila. Tesis de Ingeniero forestal. Departamento forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México. 82 p.
- Valencia M., S., I. Playas R., E. H. Cornejo O. y C. Flores L. 2017. Patrón de alargamiento del brote terminal en un ensayo de procedencia de *Pinus greggii* Engelm. en la sierra de Arteaga, Coahuila. *Revista madera y bosque*, 23(1):133-141.

- Villar, P. 2003. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. In *Restauración de ecosistemas mediterráneos* (pp. 65-86). Universidad de Alcalá.
- Viveros V., H. y Vargas H., J. J. 2007. Dormancia en yemas de especies forestales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13(2): 131-135.
- Zapién B., M., L. J. Maldonado A. y J. M. Aguirre C. 1978. Trampas de agua para el desarrollo de especies forestales en zonas aridas. *Revista Mexicana de ciencias forestales*, 3(16): 3-16.

VIII. APÉNDICE

Apéndice A. Análisis de varianza para retención de humedad.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Tratamiento	4	694.75	168.73	3.51	0.04
Error	10	480.88	48.08		
Total	14	1155.84			

R-cuadrada	CV	Raíz CME	Media
0.58	16.29	6.93	42.55

Apéndice B. Análisis de varianza para sobrevivencia

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Tratamiento	4	583.33	145.83	0.50	0.736
Error	10	2916.66	291.66		
Total	14	3500.00			

R-cuadrada	CV	Raíz CME	Media
0.166	20.09	17.07	85.00

Apéndice C. Análisis de varianza para crecimiento en diámetro basal.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Tratamiento	4	3.473	0.868	1.42	0.310
Error	8	4.884	0.610		
Total	12	8.358			

R-cuadrado	CV	Raíz CME	Media
0.415	63.102	0.781	1.238

Apéndice D. Análisis de varianza para crecimiento en altura.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Tratamiento	4	9.530	2.382	0.39	0.813
Error	10	61.675	6.167		
Total	14	71.206			

R-cuadrada	CV	Raíz CME	Media
0.133	87.996	2.483	2.822

Apéndice E. Análisis de varianza para el crecimiento en diámetro de copa.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Tratamiento	4	35.647	8.911	0.70	0.611
Error	8	101.320	12.665		
Total	12	136.968			

R-cuadrada	CV	Raíz CME	Media
0.260	378.312	3.558	0.940