

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Evaluación del Efecto del Hidrogel Mezclado con Sustrato en la Germinación y
Desarrollo de *Pinus greggii* Engel en Invernadero

Por:

JOSÉ TRINIDAD MARTÍNEZ CRUZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo del 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación del Efecto del Hidrogel Mezclado con Sustrato en la Germinación y
Desarrollo de *Pinus greggii* Engel en Invernadero

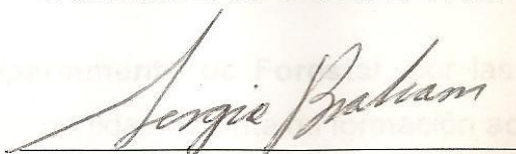
Por:

JOSÉ TRINIDAD MARTÍNEZ CRUZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL




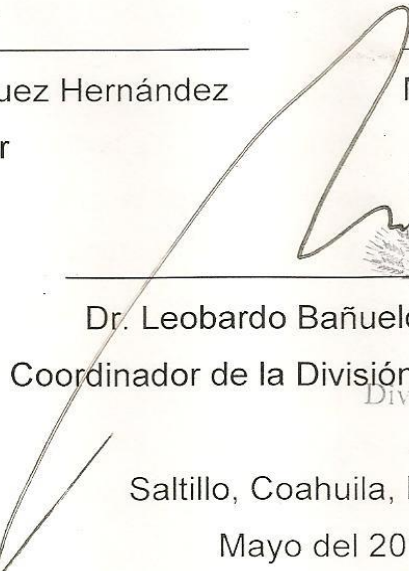
Ing. Sergio Braham Sabag
Asesor Principal



M.C. Alberto Rodríguez Hernández
Coasesor



M.C. Jorge David Flores Flores
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo del 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Gracias por haberme acompañado en los momentos más difíciles de mi vida, por brindarme sabiduría y fortaleza y confianza en este gran pasó de mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas desde el momento que fui parte de ella y por todos los momentos gratos que pase en mi Alma, Terra, Mater.

Al Ing. Sergio Braham Sabag, por la disposición de su tiempo y confianza para lograr que esta investigación se concluyera, además de brindarme su amistad en toda la carrera.

Al M.C. Alberto Rodríguez Hernández, por su apoyo y la disposición que siempre mostro para terminar de buena forma el presente trabajo y por brindarme su amistad.

Al M.C. Jorge David Flores Flores, por su paciencia y disponibilidad que tuvo para que este trabajo se llevara a cabo, además de brindarme su amistad.

A mis Maestros del Departamento de Forestal, por las enseñanzas brindadas en cada una de las materias impartidas durante mi formación académica.

Dedicatoria.

A mis padres

José Trinidad Martínez Gómez, por darme la vida, darme los consejos para seguir mi vida, por sacarme adelante a mí y a mis hermanos ayudarme en la vida y ser mi amigo, cuidarnos a mí y hermanos siempre.

San Juana Cruz Solórzano (+), por dárme la vida y motivarme seguir estudiando, por ser mi ángel que nos cuida desde el cielo a mí y hermanos, por cuidarme desde niño y siempre, ser amorosa siempre con nosotros y sacarnos adelante siempre en las buenas y en las malas, por siempre hacernos reír a mí y mis hermanos, enseñarnos como vivir la vida, por enseñarnos a luchar y por ser un ejemplo siempre para nosotros sus hijos.

A mis hermanos

Armando Martínez Cruz, por cuidarme desde niño, ser mi amigo y ser un ejemplo a seguir, enseñarme a luchar en la vida, por apoyarme siempre toda mi vida y en mi carrera, siempre contar con él en las buenas y malas y sacarnos adelante a mí y hermanos, por siempre sacarnos una sonrisa cuando era niño y siempre en los momentos difíciles y por sus consejos que me dio en la vida, por motivarme a seguir luchando en lo que quiero en la vida.

José Antonio Martínez Cruz, por cuidarme desde niño, ser mi amigo y ser un ejemplo a seguir, enseñarme a luchar en la vida, por apoyarme siempre toda mi vida y en mi carrera, siempre contar con él en las buenas y malas y sacarnos adelante a mí y hermanos, por siempre sacarnos una sonrisa cuando era niño y en los momentos difíciles y por sus consejos que me dio en la vida, por motivarme a seguir luchando en lo que quiero en la vida.

Luz María Martínez Cruz, por cuidarme siempre y ser buena hermana, apoyarme siempre y motivarme en mis estudios, aconsejarme, por hacernos reír a mí y hermanos.

Laura Martínez Cruz, por cuidarme siempre y ser buena hermana, apoyarme siempre y motivarme en mis estudios, aconsejarme, por hacernos reír a mí y hermanos.

Jesús Martínez Cruz, por ser un buen hermano, por apoyarme y motivarme en mis estudios, por hacernos reír a mí y hermanos.

Abuelos paternos Salvador Martínez Barrientos, Juana Gómez Cruz.

Abuelos Maternos, Manuel Cruz Rodríguez.

A mi abuelita, María Guadalupe Solórzano Jiménez gracias por apoyarme siempre a mí y a mis hermanos y a mi mamá.

A mis tíos

A mi tía Elva Cruz Solórzano, por ser una buena tía y cuidarnos siempre a mí y hermanos y aconsejarme a mí y hermanos.

A mis tíos paternos Antonio, Juan, Enrique.

A mis tíos maternos Macario, Pablo, Manuel, Jesús, Carmen, Sara.

A mis primos, salvador, Juan, Adolfo, Martin, Sergio, Jorge, Rosalba, Manuel, Pedro, Jesica, Francisco, Juan Diego, Cesar Cristóbal, Angélica, Carlos, Alberto, Claudia, Rosy, Gabriel, Manuel (+), Fabián, Julio, Juan Antonio, Guadalupe, Remedios etc. Chavita.

A la Familia Cruz & Familia Martínez

A la familia Cabrera Landeros

Ing. Bossuet Gastón Cortes y Samuel

A mis compas de la carrera

Juan Estrada García (naruto)

Emilio Irene Martínez Sánchez (michoacano)

Jesús Ángel López Sánchez (yoni el chamaco)

Alfredo Arellano Choca, a todos mis compañeros de la carrera.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE GRAFICAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I INTRODUCCION.....	1
1.1 Importancia del estudio.	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Hipótesis	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Hidrogel.....	4
2.1.1 Polímero.....	4
2.1.2 Propiedades de los Hidrogeles	4
2.1.3 Influencia en el uso de hidrogel sobre las propiedades físicas del suelo	5
2.2 Antecedentes en la utilización de hidrogel	6
2.3 Aspectos generales sobre reproducción sexual	8
2.3.1 Semilla	8
2.3.2 Germinación.....	9
2.3.3 Emergencia.....	12
2.4 Sustrato.....	12
2.4.1 Clasificación de los sustratos	13
2.4.2 Características de los sustratos	14
2.5 Taxonomía y descripción botánica de <i>Pinus greggii</i>	15
2.5.1 Descripción de la especie	15
2.5.2 Distribución geográfica.....	16
2.5.3 Importancia del <i>Pinus greggii</i>	16

2.5.4 Ecología de la especie	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Descripción del área de estudio.	18
3.1.1 Localización	18
3.1.2 Altitud y suelo.....	18
3.1.3 Clima.....	18
3.1.4 Precipitación	19
3.1.5 Vegetación	19
3.2 Los tratamientos utilizados en esta investigación.....	19
3.3 Diseño experimental.....	20
3.4 Variables a medir	20
3.5 Modelo estadístico	22
3.6 Prueba Tukey	22
3.7 Manejo del área experimental.	23
3.7.1 Compra de semilla	23
3.7.2 Pesado de los porcentajes de hidrogel	23
3.7.3 Lavado de cono-contenedores.....	23
3.7.4 Preparación del sustrato.	24
3.7.5 Siembra y llenado de los cono-contenedores	24
3.7.6 Riego.....	24
3.7.7 Mediciones en el peso	24
3.7.8 Fumigación y Fertilización.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1 Porcentaje de retención de humedad con riegos cada 4 días.....	26
4.2 Porcentaje retención de humedad con riegos cada 7 días.	28
4.3 Germinación (%)	29
4.4 Sobrevivencia (%)	33
4.5 Mortalidad (%).....	35
4.6 Altura de la planta.	37
4.7 Diámetro de la Planta.....	39
V CONCLUSIONES	41

VII RECOMENDACIONES 43

VIII. LITERATURA CITADA..... 44

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos que se utilizaron.....	19
Cuadro 2. Distribución de los tratamientos.....	20
Cuadro 3. ANVA Retención de Húmeda cada 4 días.....	27
Cuadro 4. Muestra las pruebas de rango múltiple utilizando el método de Tukey (1953) y una confiabilidad del 95% en la retención de húmeda cada 4 días.....	27
Cuadro 5. ANVA retención de húmeda cada 7 días.....	28
Cuadro 6. Muestra las pruebas de rango múltiple utilizando el método de Tukey (1953) y un a confiabilidad del 95% en la retención de humedad cada 7 días.....	29
Cuadro 7. Muestra el Porcentaje de germinación de <i>Pinus greggii</i>	30
Cuadro 8. ANVA de porcentaje de germinación.....	31
Cuadro 9. Muestra las pruebas de rango múltiple utilizando el método de Tukey (1953) y una confiabilidad del 95% en la germinación.....	31
Cuadro 10. Muestra el porcentaje de sobrevivencia de <i>Pinus greggii</i>	33
Cuadro 11. ANVA de porcentaje de sobrevivencia.....	34
Cuadro 12. Muestra el Porcentaje de mortalidad de <i>Pinus greggii</i>	35
Cuadro 13. ANVA de porcentaje de Mortalidad.....	36
Cuadro 14. ANVA de altura de la planta.....	37
Cuadro 15. Muestra la prueba de rango múltiple utilizando la prueba de Tukey (1953) y una confiabilidad 95%.....	37
Cuadro 16. ANVA de diámetro de la planta.....	39
Cuadro 17. Muestra la prueba de rango múltiple utilizando la prueba de Tukey (1953) y una confiabilidad 95%.....	39

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Muestra la retención de humedad cada 4 días.	26
Gráfica 2. Muestra la retención de humedad cada 7 días	28
Gráfica 3. Porcentaje de germinación de <i>Pinus greggii</i> con los diferentes tratamientos.	30
Gráfica 4. Muestra el porcentaje de plantas germinadas de <i>Pinus greggii</i> por periodos de tiempo con los diferentes tratamientos.	32
Gráfica 5. Muestra en la gráfica el porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos. .	34
Gráfica 6. Porcentaje de Mortalidad de <i>Pinus greggii</i> con los diferentes tratamientos.	36
Gráfica 7. Muestra las evaluaciones de altura en este estudio.....	38
Gráfica 8. Muestra las evaluaciones de diámetro en este estudio.....	40

RESUMEN

Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, así como disminuir la evaporación de la misma. Para contribuir al aprovechamiento de la humedad se evaluó el efecto de un polímero sintético (hidrogel), mezclado con sustrato en la germinación y desarrollo de *Pinus greggii* Engel, en Invernadero forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se plantea una hipótesis nula la cual dice: cualquier tratamiento con hidrogel favorece la retención de humedad para la germinación de *Pinus greggii* y su desarrollo; y la hipótesis alternativa, al menos un tratamiento con hidrogel favorece la retención de humedad para la germinación de *Pinus greggii* y su desarrollo. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos, con tres repeticiones cada uno, T1 (mezcla base y 0.25 gr de hidrogel), T2 (mezcla base y 0.50 gr de hidrogel), el T3 (mezcla base y 0.75 gr de hidrogel), (T4) mezcla base. Se evaluaron las variables retención de humedad cada 7 y 4 días con riegos, germinación, sobrevivencia, altura y diámetro de la planta. Los resultados fueron que para la retención de humedad cada 7 y 4 días con riego, el ANVA muestra diferencias significativas y que el mejor tratamiento es T3 en cuanto a retención de humedad, en germinación los mejores tratamientos que promovieron una alta germinación fueron T2 y T3 con 94.7%. En sobrevivencia el mejor tratamiento fue el T4 este no contiene hidrogel, en mortalidad el tratamiento que presentó mayor mortalidad fue el T3 y el que presentó menos de todos fue T4, los tratamientos con hidrogel a altas dosis provocan la muerte de la planta. En altura el tratamiento que presentó mayor incremento fue el T3 en promedio 11.2 cm, en comparación con T4 que obtuvo una altura promedio 9.95 cm, en diámetro el mejor tratamiento fue el T2 obteniendo un diámetro promedio de 4.5 mm en comparación con T4 que obtuvo un diámetro promedio de 2.2 mm por lo que esta dosis de hidrogel favorece al crecimiento en altura y diámetro para *Pinus greggii*.

Palabras clave: retención de humedad, hidrogel, polímero, mortalidad, sobrevivencia.

ABSTRACT

When mixing with the ground hydrogel is achieved, on the one hand, to increase water from rainfall or irrigation to lose less water by filtration, evaporation and decrease the same. To help take advantage of moisture the effect of a synthetic polymer (hydrogel), mixed with substrate on germination and development of *Pinus greggii* Engel, on Forestry Greenhouse Antonio Narro Agrarian Autonomous University evaluated. A null hypothesis which states arises: any treatment with hydrogel promotes retention of moisture for germination of *Pinus greggii* and development; and the alternative hypothesis, at least one treatment with hydrogel promotes moisture retention for germination of *Pinus greggii* and development. The experimental design was completely randomized with four treatments with three replicates each, T1 (base mixture and 0.25 g hydrogel) , T2 (base and 0.50 g of hydrogel mixture) , T3 (base mixture and 0.75 g hydrogel) (T4) base mixture . Moisture retention variables each 7 and 4 days with irrigation, germination, survival, height and diameter of the plant were evaluated. The results were that for moisture retention in 7 and 4 days with irrigation, the ANOVA shows significant differences and that the best treatment is T3 regarding moisture retention, germinating the best treatments promoted germination were high T2 and T3 with 94.7% . In survival the best treatment was T4 contains this hydrogel in the treatment mortality had higher mortality was T3 and least of all that was presented T4, treatment with high doses hydrogel cause plant death. In height the treatment showed higher increase was on average 11.2 cm T3, T4 compared to that obtained an average height 9.95 cm in diameter was the best treatment T2 obtaining an average diameter of 4.5 mm compared with that obtained a T4 average diameter of 2.2 mm so that this dose favors hydrogel height and diameter growth for *P. greggii*.

Keywords: moisture retention, hydrogel polymer, mortality, survival.

I INTRODUCCION

1.1 Importancia del estudio.

En México, la tecnología para cultivar plantas forestales en contenedores rígidos ha sido desarrollada particularmente durante la última década. Hasta principios de 1990 prevaleció el sistema tradicional, caracterizado por producir planta en condiciones ambientales de intemperie, en bolsas de polietileno con volúmenes de 300 a 800 cm³ y con sustratos compuestos por tierra de monte, mantillo de encino y arena de río, entre otros (Prieto *et al.*, 2004)

Las prácticas de manejo en vivero, de las plantas forestales, tienen una gran repercusión en las características morfológicas y fisiológicas de las plantas, tanto en su desarrollo inicial dentro del vivero, como en su comportamiento en el sitio de plantación (Sandoval *et al.*, 2001).

La influencia de los sustratos sobre la germinación de semillas en las especies forestales ha tenido una atención por parte de los viveristas, en un intento de encontrar el óptimo para cada una. En general un sustrato adecuado sería aquel que garantice altos porcentajes en la producción de plantas, y la vez, presente menos pérdidas de estas por factores adversos durante el proceso germinativo por lo cual la elección del sustrato es de especial interés para producir planta a nivel de vivero e invernadero (Aparicio *et al.*, 1999).

Existen subproductos industriales maderables útiles como sustratos o sustancias acondicionadoras para mejorar la humedad disponible a las plantas en vivero como un polímero (Reyna *et al.*, 2011).

Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma (Rojas *et al.*, 2006).

Una propuesta para conseguir estos logros en la eficiencia del agua es el uso de hidrogel el cual este producto hace unos años se introdujo.

Ante tal situación, se plantea el presente estudio, que tiene como finalidad probar el efecto de aplicar el hidrogel, en la producción de plántulas de *Pinus greggii* bajo condiciones de invernadero, para ver si es posible darle un uso más eficiente al consumo o rendimiento de agua, ya que en nuestra región la disponibilidad de esta es muy escasa.

1.2 Planteamiento del problema.

El agua es un recurso natural imprescindible, del que cada vez se requiere un mayor consumo en las poblaciones urbanas y que cada vez resulta más escaso para el consumo humano como para las actividades agropecuarias y forestales (Medrano *et al.* 2007). El empleo de los sustratos adecuados, así como la frecuencia de riego, son herramientas muy importantes para el buen desarrollo de las plantas. Además el empleo de polímeros de agua que hagan más eficiente el consumo y la utilización de ésta, es una herramienta alternativa utilizada en áreas productivas como la floricultura y fruticultura, pero que en el campo forestal de nuestro país ha sido poco explorada (Sandoval *et al.*, 2001).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Contribuir al manejo óptimo del agua en la producción de plantas en los viveros e invernaderos de la región.

1.3.2 Objetivos específicos

a). Evaluar la eficiencia del hidrogel mezclado con sustratos para la retención de humedad y su eficiencia en la germinación y desarrollo de *Pinus greggii*.

b) Comprobar que el hidrogel es una buena alternativa práctica y económica para la producción de plantas en condiciones de invernadero

1.4 Hipótesis

Ho: Cualquier tratamiento con hidrogel favorece la retención de humedad para la germinación de *Pinus greggii* y su desarrollo.

Ha: Al menos un tratamiento con hidrogel favorece la retención de humedad para la germinación de *Pinus greggii* y su desarrollo

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Hidrogel

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 (Escobar et al., 2002).

Entre las características más importantes de los hidrogeles se encuentran su capacidad de absorción y retención de agua, que depende de la naturaleza de los comonomeros empleados en su síntesis y del grado de entrecruzamiento de la red macromolecular (Escobar et al., 2002).

2.1.1 Polímero

Weston (1994) dice que los polímeros de hidrogel son hechos por polímeros de vía entrecruzamiento lineal con un proceso radical libre de fabricación, los cuales son menos insolubles, tiene la capacidad de almacenar una gran cantidad de agua la cual es cedida fácilmente a las plantas.

Los hidrogeles son polímeros hidrofílicos de alto peso molecular que pueden ser sintetizados de una variedad de monómeros. La composición química de estos polímeros hidrofílicos incluyen; acrilamida vía entrecruzada, poliacrilatos de sodio, almidones, copolímeros de acrilato y acrilamina (Tess y Poehlein, 1985).

2.1.2 Propiedades de los Hidrogeles

El uso del hidrogel en viveros es una alternativa más que presenta por ventajas que le confieren sus características físicas y químicas, ya que posee la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua permitiendo una hidrorregulación en el cultivo, mejorando así la retención del agua en el suelo abastecido por la precipitación o por

irrigación, reduciendo las pérdidas debido a la evaporación y filtración (Terry y Nelson ,1996).

El cruzamiento en los polímeros parece que contribuyen a aumentar la retención de humedad, además de actuar como una barrera física al flujo del agua fuera del gel, los tipos de polímeros difieren en la cantidad de agua absorbida por gramo de material, tamaño de partícula y distribución, así como la respuesta de salinidad y costo (Johnson y Veltkamp, 1985).

Johnson (1984) cita que los geles hidrofílicos pueden retener valor como un enmendador del suelo al mejorar la capacidad de retención del agua, porque estos geles pueden retener arriba de 1500 veces su peso en agua.

2.1.3 Influencia en el uso de hidrogel sobre las propiedades físicas del suelo

La absorción de agua por las raíces de una planta es un proceso pasivo, es decir, depende de gradientes del potencial hídrico y de la resistencia que ofrece el medio (suelo-raíz) al paso del agua. La energía requerida para la absorción del agua no proviene del metabolismo vegetal (Narro, 1987).

El uso potencial de los hidrogeles, como acondicionadores del suelo o sustratos para el desarrollo de las plantas, depende de diferentes factores incluyendo la capacidad de absorber el agua y así mismo liberar el contenido de humedad del hidrogel a las raíces de las plantas, además de ocasionar el rompimiento de los enlaces liberando iones y nutrientes (El. Sayed *et al.*, 1991).

Una buena aireación es indispensable para tener máxima absorción de agua y nutrientes, ya que el suministro adecuado de oxígeno a las raíces mantiene un nivel alto la respiración y la permeabilidad de las membranas celulares (Narro, 1987).

2.2 Antecedentes en la utilización de hidrogel

Sandoval *et al* (2001), realizaron un trabajo de sustratos y polímeros en la producción de planta de *Pinus cembroides* Zucc. Bajo condiciones de invernadero. Esto en un invernadero perteneciente a la Compañía Industrial Minera México, S.A., localizada en la parte norte de la planta de cobre, en San Luís Potosí. Los resultados obtenidos mostraron, para el primer ensayo, que los mejores porcentajes de germinación se obtuvieron cuando el sustrato presentaba niveles altos de materia orgánica y con un riego no limitado, la eficiencia del polímero fue regular. Para el ensayo de crecimiento y desarrollo de plántulas, evaluado a través de parámetros morfológicos, se determinó que el polímero mostró tener influencia; sin embargo, se considera al riego no limitado un factor de mayor importancia.

Del Campo *et al* (2008), realizaron un trabajo para evaluar la influencia del tipo y dosis de hidrogel en las propiedades hidrofísicas de tres suelos forestales de distinta textura, esto se realizó en Valencia, España. Los resultados indican el diferente comportamiento hidrofísico del suelo en función de los factores ensayados. Los suelos arenoso y franco, muestran una mayor liberación de agua de algunos tratamientos respecto al control para bajas presiones, mientras que en el suelo más arcilloso las diferencias son muy leves, siendo el efecto del hidrogel significativo para mayores tensiones. En general, existe proporcionalidad entre la dosis aplicada y el comportamiento del suelo con hidrogel, siendo aconsejable la dosis mayor, aunque no se han medido los posibles efectos del aumento de volumen.

De igual forma Rojas *et al* (2006), evaluaron hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. Esto se realizó en estado de Mérida, Venezuela. Los resultados revelan que se ha observado que la presencia del hidrogel favoreció significativamente la germinación de las plantas en comparación con el suelo de Araya en su estado natural. Estos resultados permiten concluir que, en principio la presencia de los hidrogeles y su capacidad de absorber y retener agua tienen un efecto positivo sobre la germinación de las plántulas en este tipo de suelos.

Por otra parte Reyna *et al* (2011), realizaron un trabajo de una producción de *Pinus greggii* engelm en mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. Esto fue realizado en un invernadero en el estado de México. Los resultados fueron que en cinco meses después de aplicar los riegos, las plantas desarrolladas en 20 % corteza + 80 % aserrín y 4 g L⁻¹ de hidrogel presentaron el mayor incremento ($p \leq 0.05$) para las variables altura (21.8 cm) y diámetro (3 mm). En los tratamientos sin restricción de humedad las tasas de crecimiento fueron mayores ($p \leq 0.05$) en altura (32.8 cm), diámetro del cuello (3.3 mm) y relación parte aérea / raíz (2.13). Sin embargo, en la condición de estrés los incrementos no fueron significativos para la altura (15.64 cm), diámetro del cuello (2.56 mm) y relación parte aérea / raíz (1.8). Los tratamientos con dosis altas de hidrogel tienen éxito como medio de crecimiento al presentar valores cercanos al testigo.

Rivera *et al* (2008), evaluaron el efecto de un retenedor de agua y dosis crecientes de fertilizantes foliares sobre la producción de tomate chonto y larga vida bajo cubierta plástica agroclear. Esto fue realizado en La Granja, propiedad de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Los resultados fueron que se encontró que el plan de fertilización foliar Cosmoagro está bien balanceado y que al doblar las dosis de los fertilizantes en la solución foliar se causa un efecto negativo en la planta, ya que se pierde el balance de la solución. Hay una correlación entre peso fresco de raíz y producción ($r^2 = 0,75$) y peso fresco de tallo y producción ($r^2 = 0,80$). El Cosmosorb es una herramienta que ayuda a mejorar la capacidad de retención de agua en la zona

radical, permitiendo su desarrollo y una mejor absorción de nutrientes por parte de la planta.

Junior *et al* (2010), evaluaron comportamiento del hidrogel en suelos arenosos, esto fue en el Laboratorio de Aguas y Suelos Agrícolas de la Universidad del Valle, Colombia. Los resultados fueron, que presento rendimientos de cultivo, señalando que la mayor cantidad de hidrogel en un suelo incrementa la eficiencia en la retención de la humedad de un suelo arenoso.

Barón *et al* (2007), realizaron una Evaluación de Hidrogeles para Aplicaciones Agroforestales, esto fue realizado en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Los resultados fueron que hay mayor facilidad de liberación y retención de agua aprovechable por el suelo, retraso notable de marchitamiento en condiciones hostiles y es mayor el crecimiento de las especies, además realiza una proyección hacia la disminución del consumo de agua para el mantenimiento de un cultivo.

2.3 Aspectos generales sobre reproducción sexual

2.3.1 Semilla

La semilla constituye la base de la población, y éxito de la misma dependerá en gran parte de la capacidad de sus genotipos. Estos son acordes a la zona a repoblar, con el objeto de asegurar la sobrevivencia y la adaptación de las plantas obtenidas (Peñuelas *et al.*, 2000).

Lara (1994), menciona a la semilla, como producto de la fecundación del ovulo en el ovario de la flor, por parte del polen, procedente de las anteras ubicados en el mismo árbol o en el más cercano cuya especie sea la misma.

Las características más frecuentes en la semilla son: tamaño, forma, peso y que sea lo más homologa posible (Sandoval *et al.*, 2001). Además se evalúa en la semilla la pureza, el contenido de humedad y el vigor para germinar (Mápula *et al.*, 1996).

La calidad de la semilla es un concepto aplicable a diferentes propiedades de las mismas; entre otras con su capacidad para dar lugar rápidamente a plántulas de crecimiento vigoroso y de aspecto normal (Peñuelas *et al.*, 2000).

2.3.2 Germinación

Lara (1994), define a la germinación como el brote y desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, que en la clase de semilla de que se trate, indica la capacidad para poder producir la planta normal en condiciones favorables.

Consiste en el reinicio del crecimiento del embrión y su sucesivo desarrollo en una plántula independiente; al comenzar este proceso germinativo, toma lugar, el primero de la serie de eventos destinados a convertir el pequeño embrión en un árbol de gran tamaño (Niembro, 1986).

La germinación se define como el surgimiento y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de esta para reproducir una planta normal en condiciones favorables (Peñuelas *et al.*, 2000).

Niembro (2006), menciona que el tiempo que requiere la semilla del genero *Pinus* para germinar varía de acuerdo con la especie, aunque puede decirse que efectúa en un periodo de 12 a 30 días, pero Czabator (1962), señala que las reglas internacionales para evaluar la semilla que las especies de árbol prescribe es de 28 a 90 días como el periodo de prueba para las diferentes clases de pino.

Factores necesarios para germinación, emergencia y desarrollo de la plántula.

Aparicio *et al.*, (1999), indicó que para que aparezca la germinación es necesaria que existan factores intrínsecos, lo que hace referencia a que la semilla debe de estar madura y que conserve su capacidad germinativa (latencia y viabilidad), y de factores propios extrínsecos, es decir, que mantengan vivos e inalterados los tejidos de formación (agua, luz, temperatura, sustrato o medio de cultivo).

Factores intrínsecos

Latencia

Existen diferentes factores inertes de la semilla que afectan su germinación. La latencia es un factor que impide a las semillas germinar hasta que las condiciones que las rodean las más favorables (Gaytán., 2001).

Ecológicamente, se piensa que los mecanismos de control de la germinación, se han originado como mecanismos para la sobrevivencia en la naturaleza (Hartman y Kester ,1989).

Viabilidad

Es una característica fisiológica de la semilla mediante la cual es potencialmente capaz de germinar. Esta cualidad se ve fluida por factores que actúan antes y después de la maduración de las semillas. Todas las semillas pasan por un periodo en el cual su viabilidad permanece más o menos constante, aunque con la tendencia natural a disminuir; una vez superado este periodo, el envejecimiento se acelera hasta que la semilla pierde su capacidad de germinar (Hartman y kester ,1989).

Factores extrínsecos

Agua

La proporción de agua que requieren algunas semillas de coníferas para germinar van de acuerdo a la especie, de manera general, un suelo o sustrato que contenga en promedio 40 por ciento de humedad es adecuado para que germinen la mayoría de las semillas de las coníferas; un exceso de humedad en el sustrato puede ocasionar que la mayoría de las semillas no germinen a causa del escaso oxígeno, que es importante en este proceso fisiológico (Niembro, 1986).

Aireación

Son aquellos gases que en medio de la germinación pueden afectar a las semillas son el oxígeno, el dióxido de carbono y posiblemente el etileno. La provisión de oxígeno se ve afectada seriamente por un exceso de agua en el medio. Los semilleros mal drenados especialmente de una lluvia o riego copioso, puede tener sus poros de agua que hay poco oxígeno para las semillas (Hartman y Kester, 1989).

Temperatura

Aunque debe señalarse que las semillas pueden ser afectadas por las temperaturas máximas o mínimas (periodos estacionales), o también por influencias diarias, siendo más consecuentemente estas últimas (Hartman y Kester, 1989).

Luz

Desde hace tiempo se sabe que la luz puede estimular o inhibir la germinación de las semillas de algunas plantas (Hartman y Kester, 1989). El efecto de la luz sobre semillas depende de condiciones internas de estas y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan (Krugman, 1974).

Medio de cultivo

La germinación de la semilla se ve notablemente influenciadas por las características físico-químicos del sustrato. Este aquí donde los factores del medio de cultivo interactúan entre sí para generar una gran diversidad de condiciones ambientales, algunas de las cuales desfavorecen y otras favorecen tanto la germinación como el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Niembro, 1986).

Las características de sustrato donde se siembren las semillas deben favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas de coníferas; básicamente esto se debe a las diferencias entre la temperatura, la disponibilidad de agua y los nutrientes, así como la factibilidad del sustrato que le brinde a la raíz para que esta se desarrolle en el interior de la cavidad de envase (Niembro ,1986).

2.3.3 Emergencia

El siguiente paso después de la germinación es la emergencia de la plántula a partir de la superficie o sustrato (Krugman ,1994).

La emergencia es la etapa en la que la planta después de haber germinado, empieza a desarrollar las hojas embrionarias o cotiledones las cuales se alargan y se hinchan con la humedad, salen de la testa (cáscara), pero el endospermo se queda adherida dando alimento a los cotiledones, por último los cotiledones se alzan del suelo por el alargamiento del hipocótilo (Chávez ,1994).

2.4 Sustrato

Sustrato es todo el material solido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, de material mineral u orgánico, puro o mezclado, que este, colocado en un contenedor, ya sea en forma pura o mezclada, permite la detención del sistema radicular de una planta (Pastor ,1999).

El empleo de sustratos adecuados es muy importante para un buen desarrollo de las plantas, estas prácticas varían de acuerdo a la especie y a los objetivos de la producción (Sandoval *et al.*, 2001).

El sustrato o suelo es uno de los factores más importantes, ya que ejerce un importante efecto en la germinación, desarrollo y crecimiento de las plántulas (Niembro, 1986).

El sustrato debe proporcionar a las plantas cultivadas, los siguientes factores (Peñuelas *et al.*, 2000):

Agua: Las plantas requieren de un elevado y continuo aporte de agua para el crecimiento y otros procesos fisiológicos como el enfriamiento por la transpiración.

Aire: Las raíces son un tejido vivo que han de gastar energía en los procesos fisiológicos y de crecimiento, dicha energía se genera a través de la respiración que requiere de un constante aporte de oxígeno.

Nutrientes: A excepción del carbón, hidrogeno y oxígeno, elementos que la planta absorbe del oxígeno y del agua, esta necesita absorbe otros 13 nutrientes minerales.

Soporte físico: Es la última función, la cual debe de proporcionar un anclaje a la planta y darle la posición vertical, la rigidez es una función de la compresibilidad y compactación de sus partículas y del tamaño del contenedor.

2.4.1 Clasificación de los sustratos

Ansorena (1994) menciona que muchos autores clasifican a los sustratos de orgánicos (turbas o cortezas) e inorgánicos o inertes (perlita, vermiculita y otros), sin embargo, esta segunda designación se basa principalmente en su estabilidad química o resistencia de la descomposición, lo que genera una gran confusión, ya que muchos sustratos como inertes poseen una importante actividad química, que es nula en otros sustratos orgánicos sintéticos.

2.4.2 Características de los sustratos

Las características de los sustratos pueden ser (Pastor, 1999):

Características físicas

Estas vienen denominadas por la estructura interna de las plantas, las más destacadas son:

- Porosidad y aireación
- Textura
- Distribución de tamaños de poros (granulometría).

Estas propiedades deben de estar definidas por la composición elemental del material; dichas características químicas de los sustratos son:

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH
- Contenido de nutrientes

Características Biológicas

Se refiere a propiedades dadas por los elementos orgánicos, cuando estos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos (Burés, 1999).

Entre las características biológicas destacan:

- Velocidad de descomposición
- Actividad reguladora del crecimiento

2.5 Taxonomía y descripción botánica de *Pinus greggii*.

Reino: Vegetal

Clase: Metaphyta

Orden Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Pinus*

Especie: *greggii*

2.5.1 Descripción de la especie

Martínez en 1948 describe la especie de la siguiente manera.

Árbol 10 a 15 metros de altura, este tiene corteza de color grisácea y es lisa en su forma juvenil, pero ya maduro es áspera y de color oscura, su follaje es erguido y este a su vez puede estar en toda la ramilla.

Las hojas son comunes en grupos de tres y miden alrededor de 7 a 14.5 cm de largo. Estas son ásperas y estrechas en forma triangular, de color verde claro brillante, sus bordes son aserrados, con denticillos cortos.

Las vainas son persistentes y llegan a medir unos 14 mm. Pero las viejas con frecuencia se desgarran y llegan a caerse.

Los conos son fuertes y tenazmente persistentes, son duros, sésiles, de forma oblonga-cónica, son oblicuos y algo encorvados, su color es ocre y brillantes, están colocados por lo general en pares o ya sea en grupos de 5 a 8 conos, estos por lo regular miden unos 10 cm y en ocasiones pueden llegar a medir hasta los 15 cm.

La semilla es oval, de color oscuro y en promedio mide 6 mm, su ala mide de 20 mm de largo por 7 mm de ancho.

La madera es ligera de color blanco o ligeramente amarillento.

2.5.2 Distribución geográfica

Martínez (1948) lo reporta para los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, el norte y noreste de Hidalgo. Pero en los estados de Guanajuato y Querétaro se sitúan pequeños manchones los cuales sobrepasan los 2200 m.s.n.m. (Rzedowky, 1978).

La altitud en la que se distribuye *Pinus greggii* es variante ya que lo podemos encontrar desde los 1400 hasta los 3000 m.s.n.m como su máxima altitud; pero cabe destacar que la altitud óptima de desarrollo de este es a los 1850 m.s.n.m (Aguilera, 2001).

Otro autor menciona que *Pinus greggii* se encuentra en elevaciones que van desde los 1280 a 2550 m.s.n.m., se encuentran en suelos montañosos con pendientes del 75%. Esta especie se puede localizar en climas subtropicales, con precipitaciones que van de 700 a 1500 mm, estos siendo los más frecuentes, la temperatura media anual donde se distribuye es de 16.8 °C, con extremas máximas de 45 °C y mínimas de -9°C (Chávez, 1994).

2.5.3 Importancia del *Pinus greggii*

Pinus greggii se considera importante para adaptarse en suelos pobres, erosionados con poca profundidad y materia orgánica, por lo cual se ha recomendado uso en programas de protección, recuperación de cuencas hidrológicas y áreas degradadas, debido a que muestra adaptación al igual que rápido crecimiento en terrenos con tales condiciones; ha demostrado tolerancia a la sequía como resistencia a plagas y enfermedades forestales; además tiene un gran potencial para usarse en programas de mejoramiento genético, dado que, presenta floración precoz producción de abundante semilla a temprana edad y rápido crecimiento (Curiel, 2005).

La madera de este pino se destina para aserrío en su mayor parte, aunque también se usa para durmientes y pilotes para minas, vigas y postes para cercas, muebles y leña para combustible. Produce poca resina y normalmente no se le explota; se le ha observado buena adaptación a suelos degradados, en donde se ha utilizado para reforestaciones para recuperar los suelos erosionados. Es una especie ornamental, recomendándose para parques y campos deportivos (Chávez, 1994).

El fuego es un factor ecológico que favorece a esta especie ante la competencia prevaleciente de especies que son susceptibles al mismo; el calor del fuego y las altas temperaturas prevalecientes durante la época de sequía, favorecen a la apertura de sus conos serótinicos, y las áreas incendiadas son una excelente cama para las semillas de esta especie (Dante, 1996).

2.5.4 Ecología de la especie

Pinus greggii es una especie endémica de México, con amplia importancia ecológicamente y económicamente (Vargas y Muñoz, 1988).

A este pino se le atribuyen en poblaciones aisladas a lo largo de la Sierra Madre Oriental, en zonas áridas y a veces semitropicales. Actualmente se reconocen dos especies taxonómicas, *P.greggii* var. *greggii*, que habita en la porción norte del área de distribución de la especie, y *P.greggii* var. *australis* en el sur, estas sin trasplantes; por lo tanto, en los ecosistemas forestales donde se desarrolla, diversas plantas herbáceas y arbustivas dependen del ambiente que genera este árbol (Ramírez *et al.*, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio.

3.1.1 Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en una nave del invernadero perteneciente al Departamento Forestal, el cual se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, localizada al sur de la ciudad de Saltillo, (a 10 km) por la carretera a Zacatecas, entre los paralelos 25°21' y 25° 22' de Latitud Norte y los meridianos 101° 01' y 101° 03' de Longitud Oeste. (Lara, 1996).

3.1.2 Altitud y suelo

Comprende un área irregular y situada en un valle formado entre la Sierra de Zapalinamé y la Sierra Cuchilla de Calabacita, a una altitud de 1754 m.s.n.m. Todo el valle tiene un suelo tipo rendzina y castañozen de origen aluvial, variando de someros a profundos y con a floraciones de roca caliza y lutitas. (Lara, 1996)

3.1.3 Clima

El clima es seco y templado con lluvias en verano, principalmente. La temperatura media anual es de 17.8 °C, siendo los meses más cálidos Junio, Julio, y Agosto (con temperatura máxima de hasta 38 °C). Durante Enero y Febrero se registran las temperaturas más bajas, de hasta -10.4 °C con heladas regulares en el periodo de Diciembre a Febrero. (Lara, 1996).

3.1.4 Precipitación

La precipitación media anual es de 369.3 mm y los meses más lluviosos son Julio, Agosto y Septiembre, registrándose una media anual de 61.4 días con lluvia. (SMN, normales climatológicas 1971-2000).

3.1.5 Vegetación

En la Sierra de Zapalinamé, existen matorrales desértico rosetófilo y micrófilo. En las partes altas se encuentran Bosques de pino (*P. pinceana*, *P. cembroides* y *P.greggii*).

En las partes más altas de la sierra se encuentran bosques con mezclas de *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Cupressus arizonica* (Braham, 1995).

3.2 Los tratamientos utilizados en esta investigación

Cuadro 1. Tratamientos que se utilizaron.

Tratamientos	
T1	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.25 gr de hidrogel.
T2	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.50 gr de hidrogel
T3	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.75 gr de hidrogel.
T4	Testigo (peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote)

Se utilizaron un total de 300 semillas en 300 cono-contenedor y por cada tratamiento son 75 cono-contenedores y 25 corresponden a cada repetición.

3.3 Diseño experimental

Los 4 tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar el cual con tres repeticiones cada uno.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos.

R1	R2	R3
T1	T3	T2
T3	T2	T4
T2	T4	T1
T4	T1	T3

3.4 Variables a medir

Para cada tratamiento se midieron la retención de humedad, germinación, mortalidad, altura y diámetro. Las variables anteriores se fueron evaluando en periodos de tiempos marcados en la investigación para obtener resultados favorables y así poder interpretar los datos, a continuación se mencionan:

- Retención de humedad (esto se evaluó en los meses de enero, febrero y marzo con la báscula). Con las diferencias de las mediciones cada 4 días y cada 7 días ya que un gramo es equivalente aun mililitro.

La retención de humedad se determinó: $\%R = ((PS * 100) / PH)$

Donde el PS es el peso seco y PH peso después de regar

- Germinación (esto se empezó a evaluar cuando emergió la primer plántula hasta que emergió la última en el transcurso 30 días).

La evaluación de la germinación se realizó de acuerdo al método propuesto por Camacho (1994):

$$\% G = (GA*100)/M$$

Donde:

% G = Porcentaje de germinación.

GA = Germinación acumulada hasta la última evaluación.

M = Muestra evaluada, lo que corresponde al total de semillas.

- Mortalidad esta se evaluó en el mes de octubre en restando las plantas vivas emergidas de las muertas posteriormente y realizando el mismo procedimiento con el método de Camacho (1994).
- Sobrevivencia esta se evaluó en el mes de octubre contando las plantas.
- Altura de la planta: esto se realizó desde la base del tallo hasta la yema apical con una regla graduada de 30 cm en los meses de junio, agosto y octubre.
- Diámetro de la planta: para la medición de esta variable se utilizó un vernier digital, evaluando así de esta en los meses de junio, agosto y octubre.

3.5 Modelo estadístico

El modelo estadístico a emplear es el siguiente:

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

Dónde:

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

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

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

μ = la media general.

τ_i = parámetro único llamado efecto de tratamiento i .

ε_{ij} = error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

t = número de tratamientos.

n = número de repeticiones.

Los datos de los resultados se corrieron en el software estadístico Minitab 16 donde se obtuvo el ANVA de cada variable además de las pruebas de rango múltiple Tukey.

3.6 Prueba Tukey

Tukey (1953) propuso un procedimiento para comprobar la hipótesis nula, esta prueba es usada para hacer todas las comparaciones múltiples que son posibles tratamientos y es válida cuando las repeticiones están completas.

Procedimiento de la prueba.

Calcular el DMSH = $q(\alpha, T, g.l.) S_x$

Dónde:

$q(\alpha, T, g.l.)$: Valor de tablas de Tukey, que se encuentran en las tablas con el número de tratamientos (T) los grados libertad del error ($g.l.$) y el nivel de significancia (α) apropiado.

3.7 Manejo del área experimental.

3.7.1 Compra de semilla

La semilla se compró en el Banco de Germoplasma Vegetal, que pertenece a la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Coahuila. La procedencia se ubica en un ejido llamado los Llanos, municipio de Arteaga, Coahuila.

3.7.2 Pesado de los porcentajes de hidrogel

El pesado de los porcentajes del hidrogel se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, dicha actividad consiste en determinar qué cantidad en gramos le corresponde a cada dosis en el tratamiento por lo cual se determinó lo siguiente.

Basándonos en que se tendrán 75 conos por tratamiento con tres repeticiones tendremos lo siguiente.

(0.25 gr) 75 conos le corresponde 18.75 gramos de hidrogel

(0.50 gr) 75 conos le corresponden 37.50 gramos de hidrogel

(0.75 gr) 75 conos le corresponden 56.25 gramos de hidrogel

3.7.3 Lavado de cono-contenedores

Los conos contenedores se desinfectaron con detergente biodegradable y cloro diluidos en agua, esto para poder eliminar cualquier patógeno que exista en ellas. Se sumergieron en repetidas ocasiones en un tambo, el cual contenía la mezcla de detergente biodegradable y cloro, después de eso se pasaron por otro tambo con únicamente agua para poder retirar el detergente y cloro excedente en los cono-contenedores.

3.7.4 Preparación del sustrato.

Para la mezcla base o testigo se realizó la siguiente proporción: un bulto de peat moss (107 lt.), un bulto de agrolita o perlita (100 lt.), un bulto de vermiculita(144 lt.) y 1.5 kg de osmocote, todas se mezclaron para la obtención del sustrato testigo.

Para cada cono la cantidad de sustrato utilizado fue de 16 gr por lo que se obtuvo un total de 1200 gr de sustrato por tratamiento al cual se le adicionaron los siguientes gramos de hidrogel:

- Al tratamiento de 0.25 gr se le adicionó 18.75 gramos de hidrogel,
- Al 0.50 gr se le adicionó 37.50 gramos de hidrogel
- Al de 0.75 gr se le adicionó 56.25 gramos.

3.7.5 Siembra y llenado de los cono-contenedores

El llenado y siembra se realizó el 25 enero del 2013 depositando dos semillas por cavidad aproximadamente a 2.5 cm de profundidad, utilizando un total de 300 semillas.

3.7.6 Riego

Se aplicó durante el tiempo que se llevó a cabo el experimento. El primer riego se le aplico el día de la siembra 50 mililitros por cono-contenedor y posteriormente cada 4 días 50 mililitros por cono-contenedor hasta los meses de enero y febrero y posteriormente en el mes de marzo cada 7 días se regaba.

3.7.7 Mediciones en el peso

Se realizaron pesadas de los cono-contenedores durante los meses de enero y febrero se regaba y se pesaba y después pasando los 4 días en seco se volvía pesar y así consecutivamente en estos meses. Así También cada 7 días con el riego pesaba y luego en seco en el mes de marzo, para saber la retención de humedad en peso con las diferencias.

3.7.8 Fumigación y Fertilización

En el experimento al primer mes se aplicó una mezcla de fungicidas polvos humectantes los cuales son el Captan 50 1 g y Tecto 60 ½ gr/lt mezclados se aplicó en forma de asperjado a las plantas con un atomizador en el área foliar para evitar hongos patógenos que afectan a las plantas.

Formulas:

Captan 50: Formula: N – (triclorometiltio) ciclohex-4-eno –1,2 –dicarboximida.

Tecto 60: Tiabendazol: 2-(4-Tiazolil)-1H-benzimidazo

En un segundo mes se aplicó un Fertilizante foliar: Ferti Drip 20-30-10 (Nitrógeno-Fosforo y Potasio) la dosis a aplicar es de 7 g/l se aplicó en forma de asperjamiento a las plantas con un atomizador, esto para ayudar a las plantas a que se pudieran desarrollar en crecimiento.

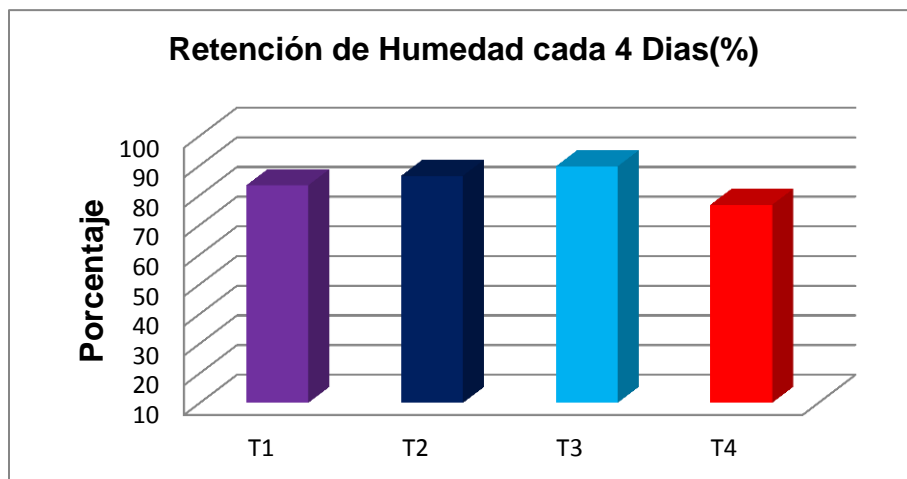
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de evaluar a todas las variables mencionadas en esta investigación, se presentan a continuación los resultados logrados al final de la presente investigación.

4.1 Porcentaje de retención de humedad con riegos cada 4 días

Para la variable, retención de humedad, se utilizó una balanza analítica para determinar el peso (húmedo y seco) que contenía el sustrato con su respectiva dosis de hidrogel y el cual variaba con el paso del tiempo en el invernadero. Esta variable es muy importante para la germinación de las semillas y para saber el porcentaje de humedad que retiene el sustrato.

Se puede observar (Gráfica 1), que el mejor tratamiento que retiene humedad es el T3 con riegos cada 4 días, el cual contiene 0.75 gramos de hidrogel. El que menos retiene humedad es el T4 debido a que es el que no contiene hidrogel. Estos resultados son muy parecidos a los obtenidos por Reyna *et al* (2011), señalando que los tratamientos con 4 g/L de hidrogel presentan una mejor retención de humedad (77% de porosidad de retención de humedad) y suficiente agua disponible para las plantas (26% de agua fácil disponible).



Gráfica 1. Muestra la retención de humedad cada 4 días.

El análisis estadístico muestra significancia, lo cual indica que, al menos un tratamiento produce diferentes efectos sobre la retención de humedad con riegos cada 4 días durante los meses de enero y febrero del 2013 (Cuadro 3).

Cuadro 3. ANVA Retención de Húmeda cada 4 días.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	275.200	91.733	205.96	0.000*
Error	8	3.563	0.445		
Total	11	278.763			

* *Significativo.*

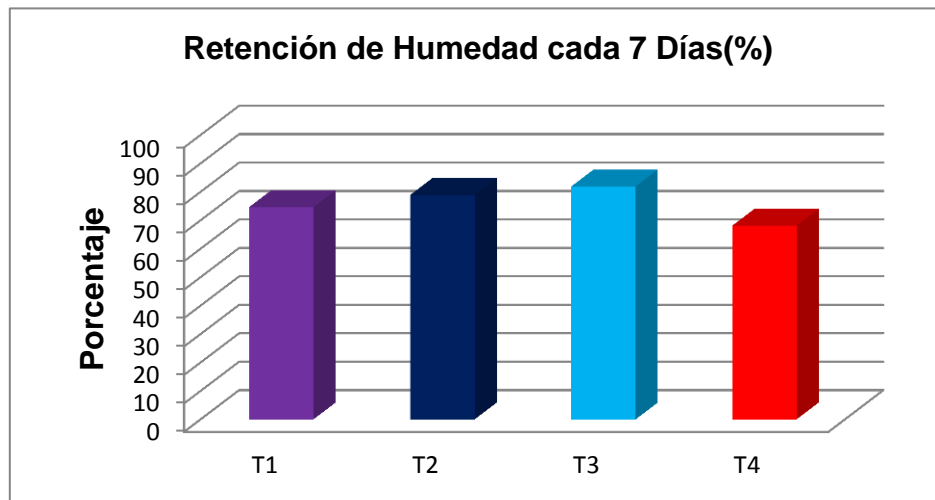
De acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey (1953), resulta que todos los tratamientos producen diferente efecto sobre la retención de humedad cada 4 días pero el tratamiento que retiene mayor humedad es el T3 (0.75 gr de hidrogel) durante este periodo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Muestra las pruebas de rango múltiple utilizando el método de Tukey (1953) y una confiabilidad del 95% en la retención de húmeda cada 4 días.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	3	89.69	A
T2	3	86.50	B
T1	3	83.31	C
T4	3	76.73	D

4.2 Porcentaje retención de humedad con riegos cada 7 días.

Podemos observar (Grafica 2), el porcentaje de humedad retenida cada 7 días y que el mejor tratamiento fue el T3, que contiene 0.75 gramos de hidrogel y el que menos retiene es el T4 ya que este no contiene hidrogel, esto es similar a los resultados de Junior *et al* (2010), señalando que la mayor cantidad de hidrogel en un suelo incrementa la eficiencia en la retención de la humedad de un suelo arenoso.



Gráfica 2. Muestra la retención de humedad cada 7 días

El Análisis estadístico muestra significancia, lo cual indica que al menos un tratamiento es diferente en la retención de humedad cada 7 días en el mes de marzo del 2013 (Cuadro 5).

Cuadro 5. ANVA retención de húmeda cada 7 días.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	323.14	107.71	137.15	0.000*
Error	8	6.28	0.79		
Total	11	329.43			

* *Significativo.*

De acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey (1953), resulta que todos los tratamientos son diferentes en cuanto a la retención de humedad cada 7 días, pero el tratamiento que retiene mayor humedad es el T3 (0.75 gr de hidrogel) el cual es el mejor durante este periodo(Cuadro 6).

Cuadro 6. Muestra las pruebas de rango múltiple utilizando el método de Tukey (1953) y un a confiabilidad del 95% en la retención de humedad cada 7 días.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	3	81.91	A
T2	3	78.91	B
T1	3	74.59	C
T4	3	68.10	D

4.3 Germinación (%)

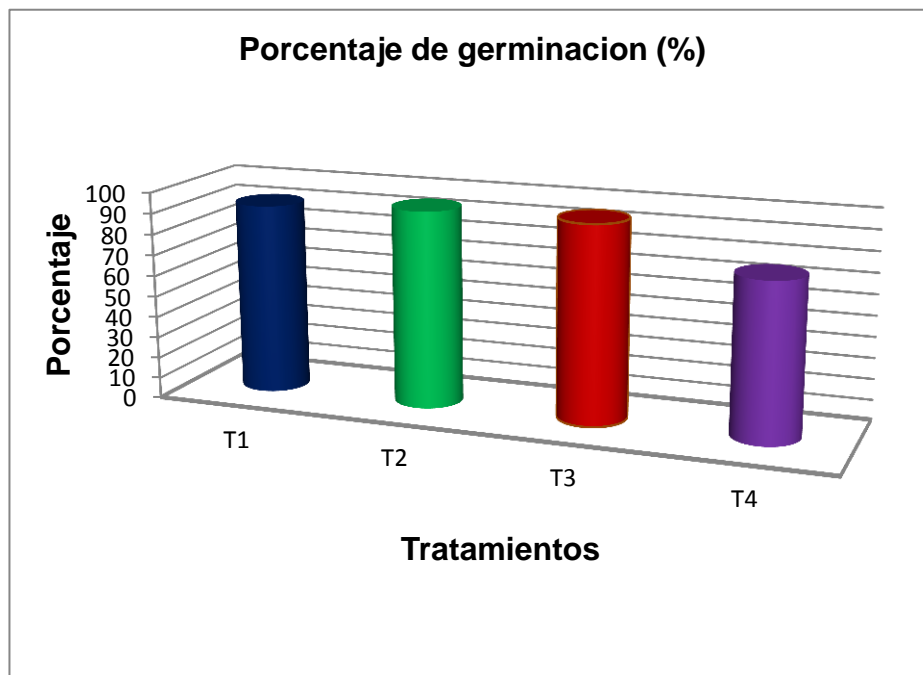
Los datos obtenidos en la evaluación de la germinación muestran los siguientes resultados por tratamientos, se puede notar que en dos de ellos se reflejan porcentajes iguales de semillas germinadas, esto puede deberse a las proporciones y cantidad de hidrogel empleado en el sustrato, tal como Rojas *et al* (2006) encontraron, que la presencia de los hidrogeles y su capacidad de absorber y retener agua tienen un efecto positivo sobre la germinación de las plántulas.

El mayor número de semillas germinadas (Cuadro 7), se logró en el tratamiento T2 y T3 arrojando los dos un 94.7%. En el tratamiento T2 se utilizó el sustrato mezcla base, los cuales son peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.50 gr de hidrogel, el T3 consistió en el sustrato mezcla base con 0.75 gr de hidrogel, con esto podemos concluir que los mejores tratamientos para que germinen las semillas son los T2 y T3.

Cuadro 7. Muestra el Porcentaje de germinación de *Pinus greggii*.

Tratamientos		Germinación (%)
T1	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.25 gr de hidrogel.	92.0
T2	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.50 gr de hidrogel	94.7
T3	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.75 gr de hidrogel.	94.7
T4	Testigo (peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote)	76.0

Se muestra (Grafica 3), el porcentaje de germinación donde los mejores fueron T2 Y T3 debido a la utilización del polímero.



Gráfica 3. Porcentaje de germinación de *Pinus greggii* con los diferentes tratamientos.

El Análisis de Varianza muestra significancia, lo cual indica que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a la germinación de *Pinus greggii* (Cuadro 8).

Cuadro 8. ANVA de porcentaje de germinación.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	725.2	241.8	7.88	0.009*
Error	8	245.3	30.7		
Total	11	970.7			

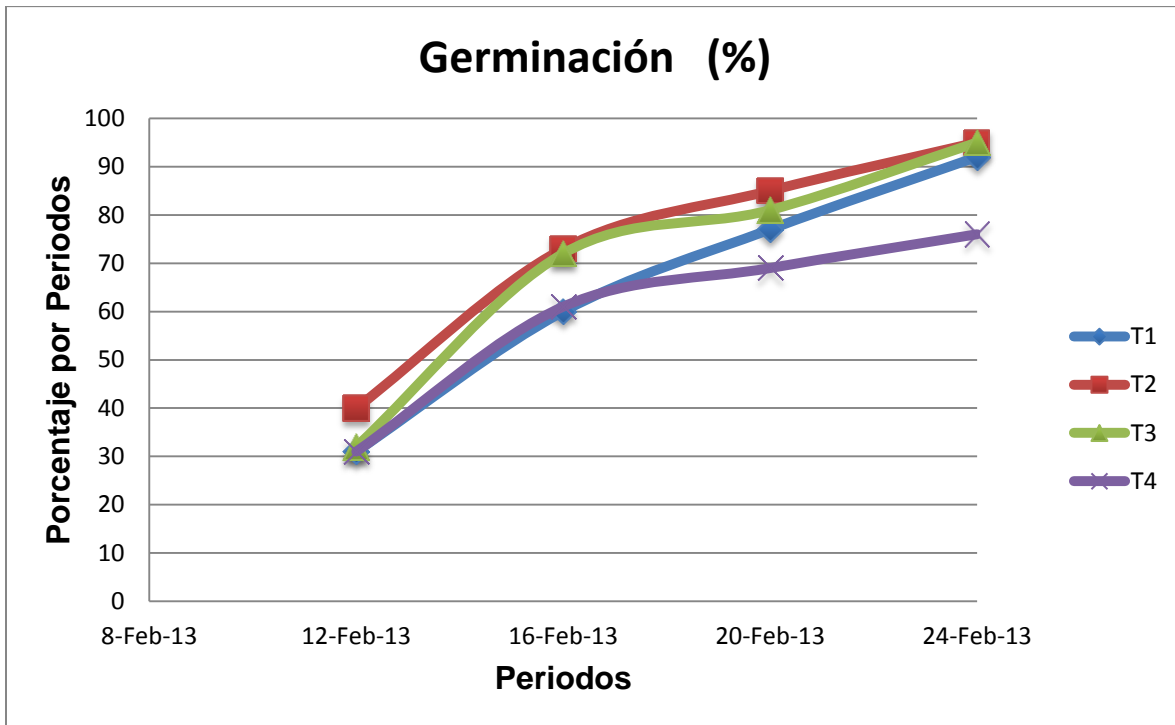
* *Significativo.*

De acuerdo a la prueba de Tukey (1953), el tratamiento T4 es el diferente, es decir da más baja germinación y revela que los mejores son el T2 y T3, ambos con un porcentaje de germinación de un 94.7% (Cuadro 9). El T1 estadísticamente es igual a T2 y T3, indicando que la aplicación de hidrogel al sustrato, promueve valores altos en la germinación de *Pinus greggii*.

Cuadro 9. Muestra las pruebas de rango múltiple utilizando el método de Tukey (1953) y una confiabilidad del 95% en la germinación.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	3	94.7	A
T2	3	97.7	A
T1	3	92.0	A
T4	3	76.0	B

En forma más expresiva estos resultados se muestran (Grafica 4), donde señala los periodos de germinación.



Gráfica 4. Muestra el porcentaje de plantas germinadas de *Pinus greggii* por periodos de tiempo con los diferentes tratamientos.

4.4 Supervivencia (%)

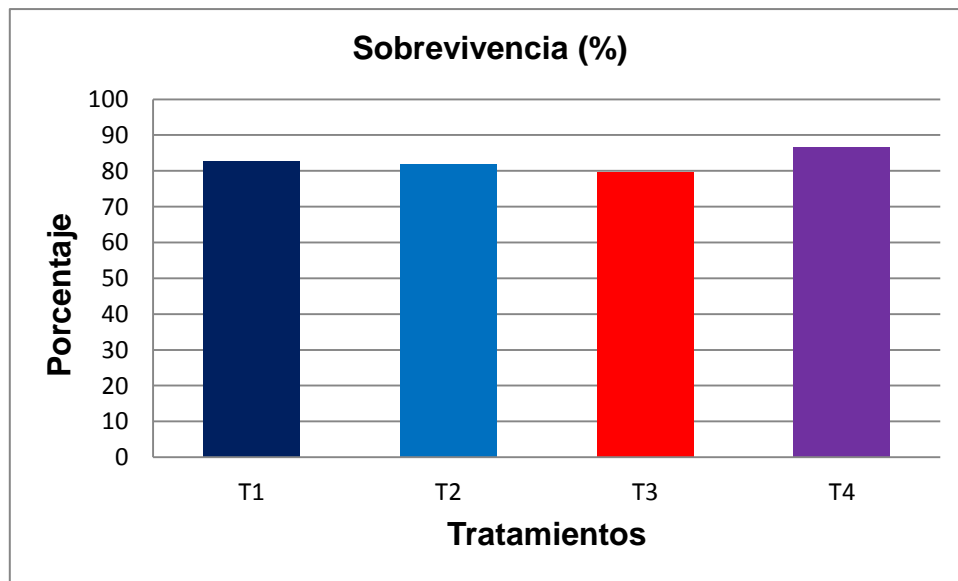
La supervivencia depende de diferentes factores, tales como: características físicas y químicas de los sustratos así como también de sus genotipos y de los factores que rodean el medio de cultivo según Estrada (2013).

El mejor tratamiento que tiene mayor supervivencia fue el T4 (Cuadro 10), este no contiene hidrogel, los que contienen hidrogel tienen menor supervivencia, ya que según El. Sayed *et al* (1991), el uso potencial de los hidrogeles, como acondicionadores del suelo o sustratos para el desarrollo de las plantas, depende de diferentes factores incluyendo la capacidad de absorber el agua y así mismo liberar el contenido de humedad del hidrogel a las raíces de las plantas, además de ocasionar el rompimiento de los enlaces liberando iones y nutrientes.

Cuadro 10. Muestra el porcentaje de supervivencia de *Pinus greggii*.

Tratamientos		Supervivencia (%)
T1	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.25 gr de hidrogel.	82.65
T2	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.50 gr de hidrogel	81.70
T3	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.75 gr de hidrogel.	79.54
T4	Testigo (peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote)	86.59

De acuerdo a lo que se observa (Grafica 5), el mejor tratamiento que tiene mayor sobrevivencia es el T4 el cual no contiene hidrogel, los que contienen presentan menor.



Gráfica 5. Muestra en la gráfica el porcentaje de sobrevivencia de los tratamientos.

Según el cuadro del ANVA cualquier tratamiento produce el mismo efecto de sobrevivencia para *Pinus greggii* (Cuadro11).

Cuadro 11. ANVA de porcentaje de sobrevivencia.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	266.7	88.9	2.78	0.110
Error	8	256.0	32.0		
Total	11	522.7			

No significativo.

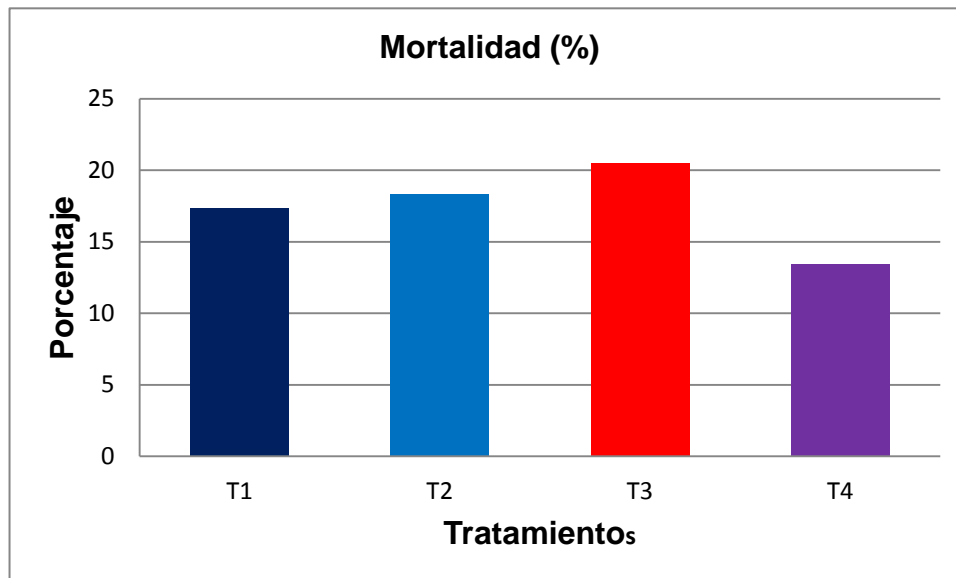
4.5 Mortalidad (%)

El mayor porcentaje de mortalidad es T3 (Cuadro 12), esto quiere decir que el hidrogel no favorece a las plántulas para sobrevivir, ya que según Johnson y Veltkamp (1984), el cruzamiento en los polímeros parece que contribuyen a aumentar la retención de humedad, además de actuar como una barrera física al flujo del agua fuera del gel, los tipos de polímeros difieren en la cantidad de agua absorbida por gramo de material, tamaño de partícula y distribución, así como la respuesta de salinidad y costo.

Cuadro 12. Muestra el Porcentaje de mortalidad de *Pinus greggii*.

Tratamientos		Mortalidad (%)
T1	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.25 gr de hidrogel.	17.35
T2	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.50 gr de hidrogel	18.30
T3	Peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote y 0.75 gr de hidrogel.	20.46
T4	Testigo (peat moss, vermiculita, agrolita, osmocote)	13.41

El T4 (Grafica 6), fue el que obtuvo menor mortalidad resultó mejor que todos los tratamientos, este no contiene hidrogel y los demás sí.



Gráfica 6. Porcentaje de Mortalidad de *Pinus greggii* con los diferentes tratamientos.

De acuerdo con el ANVA cualquier tratamiento produce los mismos efectos, es decir, que no hubo diferencias en la mortalidad para *Pinus greggii* (Cuadro13).

Cuadro 13. ANVA de porcentaje de Mortalidad

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	138.67	46.22	0.53	0.672
Error	8	693.33	86.67		
Total	11	832.00			

No es significativo.

4.6 Altura de la planta.

En las tres evaluaciones realizadas en la variable altura los resultados fueron favorables para el T3 seguido del T2 y T1 así mismo en las tres evaluaciones se mostraron resultados bajos para el tratamiento T4, estos resultados fueron muy parecidos a los de Reyna *et al* (2011), los cuales fueron que en cinco meses después de aplicar los riegos, las plantas desarrolladas en 20 % corteza + 80 % aserrín y 4 g L⁻¹ de hidrogel presentaron el mayor incremento ($p \leq 0.05$) para las variables altura (21.8 cm) en *Pinus greggii*.

El ANVA muestra significancia, al menos un tratamiento produce diferente efecto sobre el incremento de altura de *Pinus greggii* (Cuadro 14).

Cuadro 14. ANVA de altura de la planta

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	155.105	51.702	6.49	0.000*
Error	8	5722.974	7.971		
Total	11	5878.079			

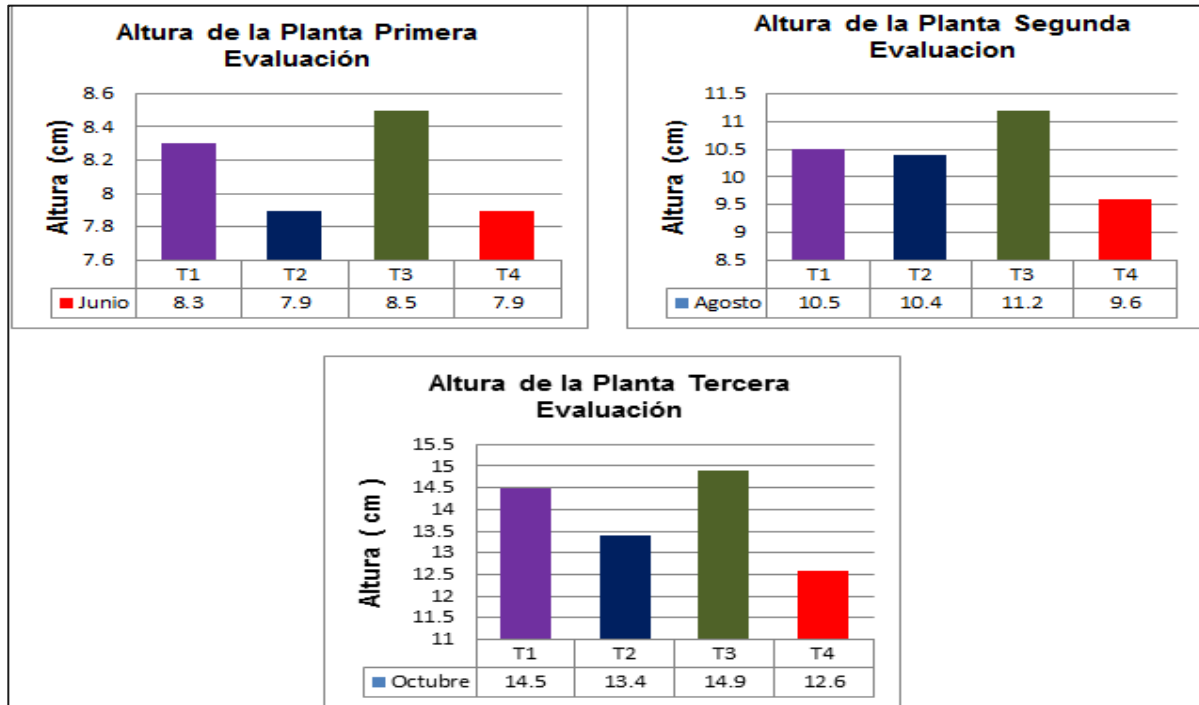
* *Significativo.*

De acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey (1953), resulta que T3 (Cuadro 15) es el mejor en cuanto al incremento en altura estadísticamente, además este contiene 0.75 gr de hidrogel mayor que T2 y T1, el T4 no contiene hidrogel.

Cuadro 15. Muestra la prueba de rango múltiple utilizando la prueba de Tukey (1953) y una confiabilidad 95%.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	3	11.296	A
T2	3	10.725	A B
T1	3	10.542	B
T4	3	9.957	B

Tras las evaluaciones podemos observar (Grafica 7), que el tratamiento que mas incrementa en altura fue el T3 ya que es el que contiene más hidrogel que los demás, también que el T4 muestra menos incremento en altura ya que este no contiene hidrogel.



Gráfica 7. Muestra las evaluaciones de altura en este estudio.

4.7 Diámetro de la Planta

En las tres evaluaciones realizadas en la variable diámetro, los resultados fueron favorables para el T2 seguido del T1 y T3, así mismo, en las tres evaluaciones se mostraron resultados bajos para el tratamiento T4, estos resultados fueron muy parecidos a los de Reyna *et al* (2011), los cuales fueron que en cinco meses después de aplicar los riegos, las plantas desarrolladas en 20 % corteza + 80 % aserrín y 4 g L-1 de hidrogel presentaron el mayor incremento ($p \leq 0.05$) para las variables diámetro (3 mm) en *Pinus greggii*.

El análisis de varianza muestra significancia, al menos un tratamiento produce diferente efecto sobre el incremento de diámetro de *Pinus greggii* (Cuadro 16).

Cuadro 16. ANVA de diámetro de la planta

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	640.12	213.12	81.47	0.000*
Error	8	1880.53	2.62		
Total	11	2520.65			

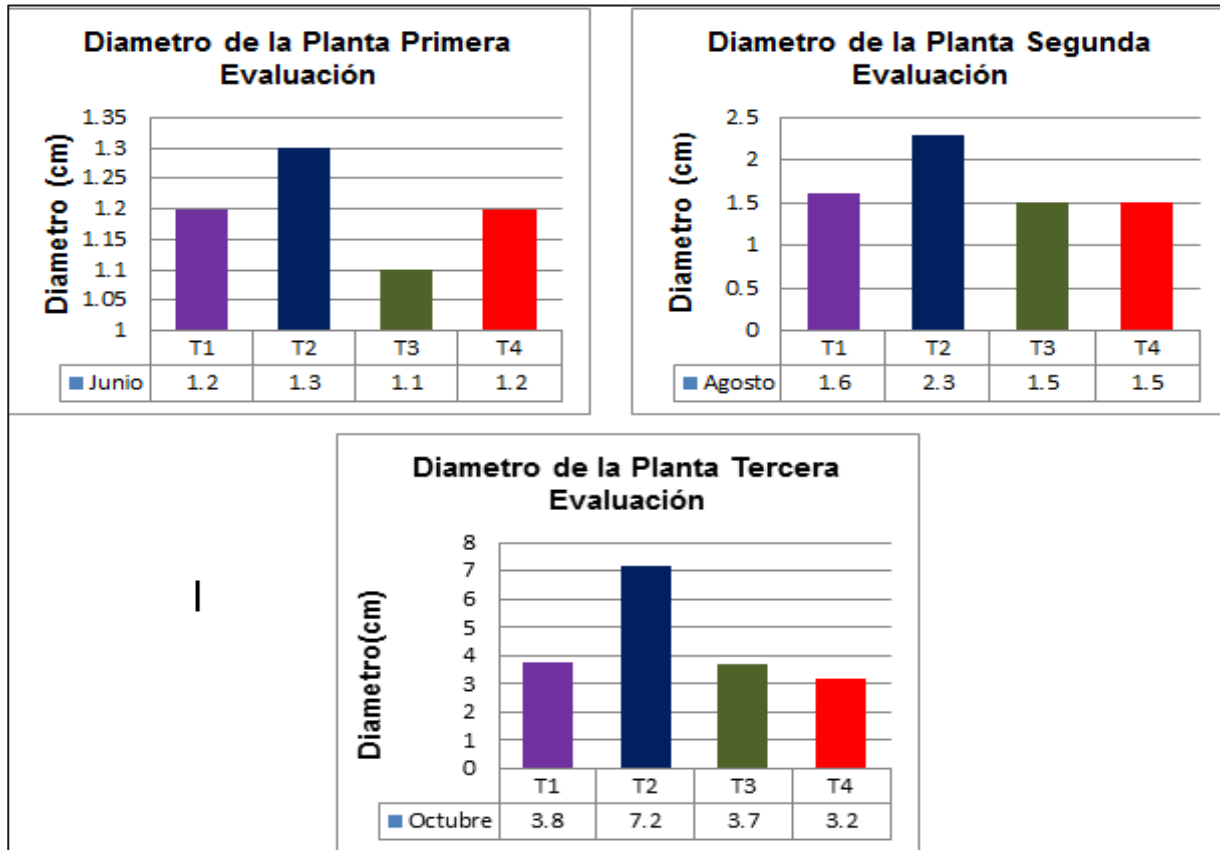
* *Significativo.*

De acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey (1953), resulta que T3 es el mejor en cuanto al incremento en diámetro, ya que es diferente estadísticamente a los demás tratamientos (Cuadro 17).

Cuadro 17. Muestra la prueba de rango múltiple utilizando la prueba de Tukey (1953) y una confiabilidad 95%.

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T2	3	4.508	A
T1	3	2.582	B
T3	3	2.357	B
T4	3	2.227	B

Podemos observar las evaluaciones (Grafica 8), que el tratamiento que mas incrementa en diámetro fue el T2 ya que es el que contiene 0.50 gr de hidrogel, también que el T4 muestra menos incremento en esta variable, este no contiene hidrogel.



Gráfica 8. Muestra las evaluaciones de diámetro en este estudio

V CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en cada una de las variables evaluadas se puede llegar a la conclusión siguiente:

- ✓ En cuanto a la retención de humedad por cuatro días se determinó mediante el ANVA que se tienen diferencias significativas y la prueba Tukey (1953), arroja que todos los tratamientos producen diferente efecto como retenedor de humedad. Obteniendo que hay mayor retención de humedad en el T3 que contiene 0.75 gr de hidrogel reteniendo hasta 89.69% de su peso húmedo por cuatro días, por otro lado se determinó que el peor tratamiento en la retención de humedad fue el T4 que solo retiene 76.73% de su peso húmedo por cuatro días.
- ✓ Para la retención de humedad el ANVA muestra diferencias significativas y la prueba de Tukey (1953), nos dice que todos los tratamientos son diferentes en cuanto a retención de humedad. También se observa que el mejor retenedor de humedad es el T3 y el que menos retiene humedad es el T4.
- ✓ En cuanto a la germinación los mejores tratamientos que promovieron una alta germinación fueron el T2 y T3 dan el mismo porcentaje de 94.7%, en el tratamiento que menos germinaron es el T4 con 76%.
- ✓ En cuanto a la sobrevivencia todos los tratamientos fueron iguales estadísticamente, pero el T4 que no contiene hidrogel mostró un 86.59% de sobrevivencia superior a los tratamientos que contienen, hidrogel. Este ensayo realizado con estas dosis de hidrogel revela que se retiene demasiada humedad al grado tal que provoca la muerte de las plantas, que en consecuencia se determina que al menos para estas dosis y esta especie el hidrogel no favorece la sobrevivencia de las plantas; esto conlleva a la recomendación de que en futuros trabajos se prueben menos dosis de hidrogel.

- ✓ En cuanto a la mortalidad, podemos mencionar que el hidrogel afecta esta variable ya que estadísticamente no hay diferencias significativas, pero en T4 (testigo) que nos muestra 13.41% de mortalidad, menor que los que contienen hidrogel, esto tal vez a que esta especie utilizada resulta ser muy susceptible al exceso de humedad.

- ✓ En altura se obtuvo que el tratamiento que más incrementó fue el T3 en promedio 11.2 cm, en comparación con T4 que obtuvo una altura promedio 9.95 cm por lo que esta dosis de hidrogel favorece al crecimiento en altura para *Pinus greggii*.

- ✓ Para el caso del crecimiento en diámetro el mejor tratamiento fue el T2 obteniendo un diámetro promedio de 4.5 mm en comparación con T4 que obtuvo un diámetro promedio de 2.2 mm.

VII RECOMENDACIONES

Con las conclusiones anteriores mencionadas se pueden dar las siguientes recomendaciones generales para futuros estudios o trabajos de investigación:

- ✓ Realizar nuevos estudios con dosis menores a 0.25 gr de hidrogel o bien probar otros retenedores de humedad.
- ✓ Probar el hidrogel con diferentes especies forestales en la producción de plantas en vivero e invernadero.
- ✓ Probar el hidrogel en trasplantes hacia contenedores de mayor volumen de sustrato o en plantaciones en esta especie estudiada.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilera R. M. 2001. *Pinus greggii* engelm. (En línea). Consulta 20 de mayo 2013 .<http://www.conafor.gob.mx/docs/portal/docs/secciones/bosques/Fichas%20Tenicas/Pinus%20greggii.pdf>
- Ansorena, J. 1994. Sustratos .1^{ra} edición. Ed. Mundi-prensa. México.172 p.
- Aparicio, R. A., H. Cruz J., J. Alba L.1991. Efectos de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* SHT. ET CHAM., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrobus* LINDL. En condiciones de vivero .Foresta veracruzana 1(2): pp31-36
- Barón, C. A., Barrera, R.I.X., Boada, E. L. F., Rodríguez, N.g.2007. Evaluación de Hidrogeles para Aplicaciones Agroforestales. Revista de Ingeniería e investigación 27(3):35-44
- Braham S., S. 1995. Regeneración natural de *Picea engelmannii* var. *Mexicana* en Arteaga Coah. y Rayones, N. L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 74 p.
- Bures S. 1997. Sustratos 1^{ra} edición Ed. Agrotécnicas. Madrid, España.342 p.
- Chávez R. R. 1994. Fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii* engelmann, en invernadero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma agraria Antonio narro. 66 p.
- Curiel A. M. 2005. Descripción de once poblaciones naturales de *Pinus greggii* engelm. var. *greggii* en el sureste de Coahuila. Tesis licenciatura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.67 p.
- Czabator F. J. 1962 Germination value: anindex combining speed and completenses of pineseed germination. Forest Sciencie. 8(4): 386-395.
- Del campo, G. A. D., Aguililla, S. A., lidón, C. A., segura, O. G.2008. Influencia del tipo y dosis de hidrogel en las propiedades hidrofísicas de tres suelos forestales de distinta textura. Sociedad española de ciencias forestales ,25: 137-143
- El-Sayed. H. R. C., Kirkwood and N. B. Graham. 1991. Effects of a hydrogel polymer on the growyh of certain horticultural crops under saline conditions. Journal of experimental Botany. 42 (240): 891-899.
- Escobar, L. J., Garcia, M. D., Zaldivar, I.D.2002. Hidrogeles principales características .Revista Iberoamérica Polímeros 3(3). 1-25.
- Estrada D. A. 2013. Composteado de *Tillandsia recurvata* L, como Sustrato Alternativo para Germinación y Desarrollo de *Abies vejarii*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 44 p.

- Gaytan M. D. M. 2001. Prueba de germinación de *pinus cembroides* Zucc. En ocho sustratos diferentes. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Hartman, H. T. y Kester, D. E. 1989. Propagación de plantas, principios y prácticas.
- Hartmann, H. T. 1995. Propagación de Plantas, Principios y Prácticas. Editorial CECSA, pp. 44-45, 53-54 México DF, México.
- Johnson, M. S 1985. Degradation of water-absorbing polymers used as soil ameliorants. Arab. Gulf. J. Sci. Res. 3 (2): 745-750.
- Johnson, M. S. 1984. Effect of soluble salt on water absorption by soil conditioners. J. Sci. Food Agr. 35:1063-1066.
- Junior, I, H., Rodríguez, A. M., Díaz, O. J. E. 2010. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente 9:33-37
- Krugman, S. L y J. L. Jenkinson. 1974. Pinus I In: Seeds of Woody plants in The USA USDA, Forest service, Agriculture Handbook No.05.USA .598-638.
- Lara R. D. 1994. Prueba de germinación y sobrevivencia *Pinus cembroides* Zucc. Sobre ocho sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.
- Lara R. D. 1996. Prueba de germinación y sobrevivencia en *Pinus cembroides* Zucc. Sobre cuatro sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis licenciatura. UAAAN. Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.
- Mápula L., R., Bonilla B. y D. A. Rodríguez T. 1996. Germinación y crecimiento inicial de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. En Chapingo México. Revista Chapingo. Ciencias Forestales .5:111-117.
- Martínez M .1948. Los pinos mexicanos .Ed. Botas.337-342
- Medrano .H., Bota. J., Cifre. J., Flexas.J., Ribas.C.2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Investigaciones Geográficas (Esp) 43:63-84 México.
- Narro, F. E. A. 1987. Física de suelos con enfoque agrícola .universidad autónoma agraria Antonio Buenavista, saltillo, Coahuila, México .P.5-13,5-20,5-21,5-22.
- Niembro R. A., 1986. Mexicanos de reproducción sexual en pinos. Ed. Limusa México, D. F. 180 p.
- Niembro R. A., 2006. Semillas forestales En: XII curso internacional de actualización en tecnología de semillas. UAAAN.

- Pastor S. N. 1999 .Utilización de sustratos en vivero. Revista Terra 17 (3)231-235.
- Peñuelas R. J. L., Domínguez, C. P. A., Návar-Chaidez, J. J., Cornejo-Oviedo, E. H. 2004. Factores que influyen en la planta de *pinus cooperi* blanco en vivero. Bajo condiciones de invernadero. Revista Chapingo Serie Ciencias forestales y del ambiente 10(1):63-70
- Peñuelas R. J. L., L. Ocaña B .2000.Cultivo de plantas forestales en contenedor .2^{da} edición.EdicionesMundi-Prensa.190p.
- Ramírez, H. C., J. J. Vargas H y J .López U.2005.Distribucion y conservación de las poblaciones naturales de *pinus greggii*. Acta Botánica Mexicana .72:1-16.
- Resh, A. M. (1987), Cultivos hidropónicos: Segunda edición, Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España.
- Reyna, M. B., Aldrete, A., López, U. J., Vaquera, H, H., Cetina, A. V. M. 2001. PRODUCCIÓN DE *Pinus greggii* Engelm. En mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. Agrociencia, 45: 389-398.
- Rivera, H. C. A., Baeza, A. C. A., Chavarriaga, M. W. 2008. Efecto de un retenedor de agua y dosis crecientes de fertilizantes foliares sobre la producción de tomate chonto y larga vida bajo cubierta plástica agroclear. Facultad de Ciencias Agropecuarias.103-119
- Rodríguez, Dante. (1996). Incendios Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
- Rojas G, B., Ramírez, M., Aguilera, R., Prin, J. L., Torres, C. 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 Blanca et al. 7(3)199-200
- Rzedwsky J .1978.Vegetación de México .Ed.Limusa.MExico.430 p.
- Sandoval M., C., V. M. Cetina A., R. Yeaton, y L. Mohedano C. (2001). Sustratos y polímeros en la producción de la planta de *Pinus cembroides* Zucc. Bajo condiciones de invernadero. Revista Chapingo Serie Ciencias forestales y del ambiente 6(2): 143 – 150.
- SMN, normales climatológicas (1971-2000), Estación: 00005048, Saltillo, México. Tercera reimpresión CECSA, México. 760 p.
- Terry, R. E. and S. D. Nelson. 1986. Effects of polyacrylamide and irrigation method on soil physical properties. Soil Science. 141 (5): 317-320

- Tess, R. W. and G. W. Poehlein. 19985. Applied polymer science. ACS. Symp. Ser. 285. Amer. Chem. Soc. Washington, D.C.
- Vargas H., J.J. y A .Muñoz O .1988. Resistencia a sequia: II. Crecimiento y supervivencia en plántulas de cuatro de Pinus. Agrociencia 72:197 p.
- Weston, L. A (1994). Gel polymer Vs. Water-soluble polymers. HortScience. 29(6):606.