

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Evaluación de Diferentes Dosis de Hidrogel en la Producción de Plantas de *Abies vejarii* Martínez, en Invernadero

Por:

ESTRADA GARCÍA JUAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación de Diferentes Dosis de Hidrogel en la Producción de Plantas de *Abies
vejarii* Martínez, en Invernadero

Por:

JUAN ESTRADA GARCIA

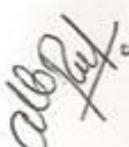
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

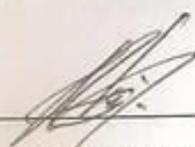
INGENIERO FORESTAL



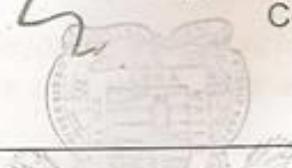
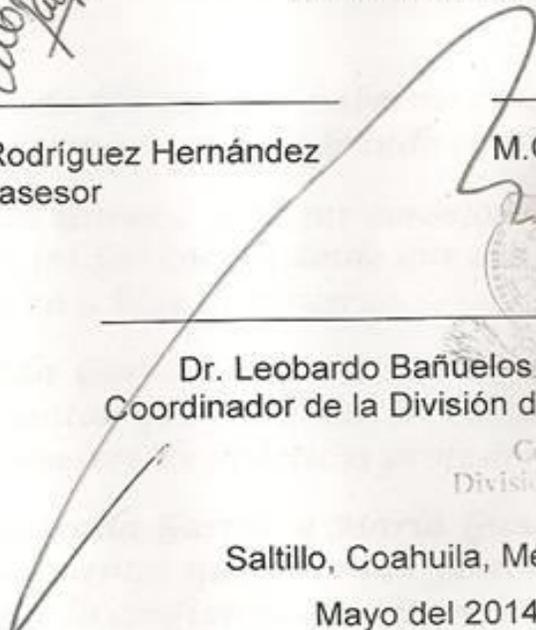
Ing. Sergio Braham Sabag
Asesor Principal



M.C. Alberto Rodríguez Hernández
Coasesor



M.C. Jorge David Flores Flores
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo del 2014

DEDICATORIA

A dios por guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres

A mi padre Cornelio Estrada Vilchis por los consejos para formarme como una persona de bien, por enseñarme que el trabajo es la clave para lograr lo que uno quiere en la vida y motivarme para la continuación de mis estudios.

A mi madre Natalia García Marín, por ser la mejor de las madres y sus grandes consejos para formarme como una persona de bien, por motivarme cuando sentía que el camino se terminaba o estaba a punto de decaer.

A mis hermanos

José Antonio Estrada García, por brindarme su apoyo en mi formación académica como universitario, por sus consejos durante la realización de prácticas profesionales y por la confianza que me tiene.

Dolores Estrada García, por haberme cuidado cuando era niño y por el cariño de hermana que me brindó cuando lo necesitaba.

Jesús Estrada García, por sus consejos y motivaciones para seguir adelante con mi formación desde que era niño, por enseñarme que el trabajo se gana a base de esfuerzo.

Pedro Estrada García, por orientarme desde que era niño, por los buenos momentos que pasamos en casa, por los consejos sugeridos durante el semestre de prácticas profesionales.

Margarito Estrada García y María Guadalupe Estrada García, por los buenos momentos que pasamos juntos en casa cuando estuvimos reunidos y por la confianza que tienen sobre mí.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro), por abrirme sus puertas y formar parte de la gran familia universitaria, por todos los buenos momentos que pase en mi Alma Terra Mater.

“Ser buitre es cuestión de orgullo, lo de mas es cuestión de detalles”

Al Ingeniero Sergio Braham Sagad, por su disposición de tiempo y confianza para concluir esta investigación, además de ser mi maestro y un gran amigo.

Al M.C. Alberto Rodríguez Hernández, por su apoyo y disposición de tiempo para terminar con mi investigación, además de brindarme su amistad.

A M.C. Jorge David Flores Flores, por su paciencia y disponibilidad de tiempo para la revisión de mi investigación, además de brindarme su amistad.

A los profesores del Departamento de Forestal, por haber transmitido sus conocimientos a lo largo de mi formación como Ingeniero Forestal de antemano gracias a todos ustedes.

A mi equipo de trabajo José Trinidad Martínez Cruz y Jesús Ángel López Sánchez, por los gratos momentos que pasamos a lo largo de nuestra investigación y concluir con la misma.

A mis compañeras de generación Rosa Eréndira Guadalupe, Alba Dennis, Paty y Nancy por brindarme su amistad, por los buenos momentos que pasamos a lo largo de esta travesía en la UAAAN.

A mi estimado amigo Emilio Irene Martínez Sánchez, por los gratos momentos que pasamos juntos a lo largo de la carrera.

A mis compañeros de cuarto Porfirio 13 Efraín, Constantino, Sergio, José Aldo, Pablo, Chevis, Jesús.

INDICE

INDICE DEL CONTENIDO.....	IV
INDICE DE CUADROS	IV
INDICE DE GRAFICAS	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	VI

INDICE DEL CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia del estudio	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Objetivo general	2
1.4 Objetivos específicos	2
1.5 Hipótesis	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades de los hidrogeles.....	3
2.1.1 Que es un hidrogel.....	3
2.2 Influencia del hidrogel en las propiedades físicas del suelo.....	3
2.2.1 Porosidad.....	3
2.2.2. Aireación.....	4
2.2.3. Infiltración	4
2.3 Influencia del hidrogel en la retención de humedad del suelo.....	5
2.4 Antecedentes.	5
2.5 Características de <i>Abies vejarii</i> Martínez	8
2.5.1 Clasificación taxonómica	8
2.5.2 Descripción botánica del <i>Abies vejarii</i> Martínez.....	8
2.5.3 Distribución	8
2.5.4 Descripción del genero <i>Abies</i>	8
2.5.5 Estatus de conservación	9
2.6 Aspectos generales sobre la reproducción.	10
2.6.1 Semilla.....	10

2.6.2 Germinación.	10
2.6.3 Factores necesarios para germinación, emergencia y desarrollo de la plántula.	11
2.6.5. Factores extrínsecos.....	12
2.6.6 Pruebas de germinación.	13
2.6.7 Porcentaje de germinación	14
2.6.8. Velocidad de germinación.....	14
2.7 Sustratos.....	14
2.7.1 Definición	14
2.7.2 Características de un buen sustrato	15
2.7.3 Clasificación de los sustratos.....	15
2.7.4 Propiedades físicas.....	16
2.7.5 Propiedades químicas	17
2.7.6 Propiedades biológicas.....	18
2.8 Mezcla de sustratos.	19
2.9 Descripción de los sustratos utilizados	19
2.9.1 Peat moss o turba.....	19
2.9.2 Perlita.....	20
2.9.3 Vermiculita.	20
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Descripción del área de estudio.....	21
3.1.1 Ubicación del invernadero	21
3.1.2 Altitud y suelo	21
3.1.3 Clima.....	21
3.1.4 Precipitación	21
3.2 Invernadero.....	22
3.3 Contenedores.....	22
3.4 Descripción de tratamientos.....	23
3.5 Diseño experimental	23
3.6 Variables evaluadas.....	24
3.6.1 Retención de humedad.....	24

3.6.2 Porcentaje de germinación	24
3.6.3 Porcentaje de mortalidad.	25
3.6.4 Altura	25
3.6.5 Diámetro	25
3.6.6 Sobrevivencia.	25
3.7 Modelo estadístico.	25
3.8 Prueba Tukey	25
3.9 Manejo del área experimental	26
3.9.1 Colecta de semilla.....	26
3.9.2. Secado de los conos.....	27
3.9.3. Lavado de conos-contenedor	27
3.9.4. Prueba de viabilidad	27
3.9.5. Pesado de los porcentajes de hidrogel	27
3.9.6. Preparación del sustrato	28
3.9.7. Llenado de las charolas y siembra.....	28
3.9.8. Riego y pesado de los conos.....	29
3.9.9. Aplicación de fungicida y fertilización.....	29
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Retención de humedad.	30
4.1.1 Retención de humedad cada 4 días	30
4.1.2 Retención de humedad cada 7 días.	32
4.2 Porcentaje de germinación	34
4.3 Sobrevivencia.....	37
4.4 Mortalidad.	39
4.5 Altura de la planta.	40
4.6 Diámetro de la planta.	42
V CONCLUSIONES	45
VI RECOMENDACIONES.....	46
VII LITERATURA CITADA.....	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos utilizados.....	23
Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en el diseño experimental.	23
Cuadro 3. Cantidad de hidrogel en gramos correspondiente a cada tratamiento..	28
Cuadro 4. ANVA ($p \leq 0.05$), para retención de humedad cada 4 días	30
Cuadro 5. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%	30
Cuadro 6. ANVA ($p \leq 0.05$), para retención de humedad cada 7 días	32
Cuadro 7. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%	33
Cuadro 8. Porcentaje de germinación de <i>Abies vejarii</i>	34
Cuadro 9. ANVA ($p \leq 0.05$) para el porcentaje de germinación.....	35
Cuadro 10. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%	35
Cuadro 11. ANOVA ($p \leq 0.05$), para la sobrevivencia de <i>Abies vejarii</i>	37
Cuadro 12. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%	37
Cuadro 13. ANVA para mortalidad de plantas de <i>Abies vejarii</i>	39
Cuadro 14. Análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para altura.	40
Cuadro 15. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%	41
Cuadro 16. Análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para diámetro.	42
Cuadro 17. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%	43

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Retención de humedad cada 4 días expresada en porcentaje.	31
Grafica 2. Retención de humedad cada 7 días expresada en porcentaje.	33
Grafica 3. Porcentaje de germinación	36
Grafica 4. Porcentaje de sobrevivencia.	38
Grafica 5. Porcentaje de mortalidad en cada tratamiento.	39
Grafica 6. Altura de la planta.	41
Grafica 7. Diámetro de la planta.	43

RESUMEN

El agua es un factor importante en el desarrollo de las plantas, el cual está relacionado con los procesos fisiológicos. Con el fin de optimizar el uso del agua en viveros, se han realizado investigaciones sobre técnicas que permitan mejorar la retención de humedad en sustratos, siendo una de estas el uso del hidrogel ya que posee la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua permitiendo una hidrorregulación en las plántulas, mejorando así la retención de agua y reduciendo las pérdidas debido a la evaporación y filtración. El objetivo del estudio es contribuir al manejo óptimo del agua para la producción de plantas en invernadero, mediante la evaluación de diferentes dosis de hidrogel y así mismo evaluar su efecto en la germinación, desarrollo y sobrevivencia de plantas de *Abies vejarii* Martínez. Las hipótesis planteadas para este estudio son las siguientes; Ho: No existen diferencias entre los tratamientos, en cuanto la retención de agua y desarrollo de plantas, Ha: Al menos uno de los tratamientos es más eficiente en cuanto la retención de agua y por consiguiente se tenga mejor desarrollo en la producción de plantas. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar, donde se probaron cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, los tratamientos utilizados fueron 18.75 gr/1.2 kg sustrato, 37.50 gr/1.2 kg sustrato, 56.25 gr/1.2 kg sustrato y 0 gr/1.2 kg sustrato. En el estudio se evaluó el porcentaje de retención de humedad por 4 días y 7 días, porcentaje de germinación, porcentaje de mortalidad, porcentaje de sobrevivencia, altura y diámetro de la planta. Los datos se procesaron en el Software Estadístico Minitab 16, donde se obtuvo el análisis de varianza (ANVA) y las pruebas de rango múltiple Tukey. Los resultados de retención de humedad fueron favorables al utilizar dosis altas de hidrogel (56.25 gr/1.2 kg sustrato), en cuanto la germinación, desarrollo y sobrevivencia se encontraron mejores resultados al utilizar dosis bajas de hidrogel (18.75 gr/1.2 kg sustrato).

PALABRAS CLAVE. Hidrogel, sustrato, germinación, sobrevivencia y *Abies vejarii*

ABSTRACT

Water is an important factor in the growth of plants, which is related to the physiological processes factor. In order to optimize water use in nurseries , research has been done on techniques to improve the retention of moisture in substrates, one of them being the use of hydrogel as it has the ability to store large amounts of water allowing hidroregulación in seedlings , thereby improving water retention and reducing losses due to evaporation and leakage . The objective of the study is to contribute to optimal water management for the production of plants in the greenhouse, by evaluating different doses of hydrogel and likewise assess their effect on germination, plant development and survival of *Abies vejarii* Martinez. The hypotheses for this study are as follows; Ho: No differences between the treatments, as water retention and development of plants, have: at least one treatment is more efficient in terms of water retention and hence better development to be taken in the production of plants. Completely Randomized Design, where four treatments with three replicates each were tested was used, the treatments were 18.75 gr/1.2 kg substrate kg substrate gr/1.2 37.50, 56.25 kg gr/1.2 0 gr/1.2 kg substrate and substrate. In the study the percentage of moisture retention for 4 days and 7 days, germination percentage, percent mortality, percent survival, height and diameter of the plant was evaluated. The data were processed using Minitab Statistical Software 16, wherein the analysis of variance (ANOVA) and Tukey multiple range tests was obtained. The results were favorable moisture retention when using high doses of hydrogel (56.25 kg gr/1.2 substrate), as germination, growth and survival were found best results using low doses of hydrogel (18.75 kg gr/1.2 substrate).

KEYWORDS. Hydrogel substrate, germination, survival and *Abies vejarii*

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del estudio

El agua es un factor importante en el desarrollo de las plantas, el cual está relacionado con los procesos fisiológicos tales como: fotosíntesis, fosforilación oxidación e ionización de ácidos (Vega, 1979). La demanda de agua la mayoría de especies vegetales es alta y frecuentemente se afirma abundancia vegetal sobre la tierra es determinada mayormente por la disponibilidad de agua que por otros factores (Narro, 1987).

Con el fin de optimizar el uso del agua en viveros, se han realizado investigaciones sobre técnicas que permitan mejorar la retención de humedad en sustratos, siendo una de estas el uso del hidrogel ya que posee la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua permitiendo una hidrorregulación en las plántulas, mejorando así la retención de agua y reduciendo las pérdidas debido a la evaporación y filtración (Terry y Nelson, 1986).

Los beneficios derivados de la aplicación de hidrogel en sustratos son el incremento en la capacidad de retención de agua, incrementa la porosidad, incremento en la reserva de nutrientes y reduce la compactación del sustrato o suelo (Bugbee y Frink, 1986; Cook y Nelson, 1986). La utilización de hidrogeles puede ser muy extensas en nuestro país debido a que se cuenta con gran superficie de terreno localizado en zonas áridas y semiáridas, en dichas zonas donde la principal limitante es el agua, en la producción de plántulas, principalmente en incrementar la periodicidad de riegos (Jaramillo, 1996).

1.2 Planteamiento del problema

Del agua proporcionada a las plántulas a través de riegos no toda es retenida por el sustrato, debido a la baja retención, existiendo pérdidas por infiltración y

percolación, en algunos casos estas pérdidas pueden ser elevadas, como en suelos arenosos (Ganvade 1979). Debido a que estas pérdidas pueden ser elevadas también hay una gran disminución de nutrientes, que son lixiviados por la acción del agua infiltrada a través del sustrato. Las ventajas de usar hidrogeles en la producción de plantas son: aumenta la capacidad absorción de agua o vapor de agua, liberan el contenido de humedad a las raíces, ocasiona el rompimiento en los enlaces liberando iones y nutrientes, incrementa el porcentaje de supervivencia del trasplante y disminuye la compactación del suelo. (Johnson, 1985).

Ante tal situación se plantea el presente estudio con los siguientes propósitos.

1.3 Objetivo general

Contribuir al manejo óptimo del agua para la producción de plantas en invernadero, mediante la evaluación de diferentes dosis de hidrogel y así mismo evaluar su efecto en la germinación, desarrollo y sobrevivencia de plantas de *Abies vejarii* Martínez.

1.4 Objetivos específicos

- ✓ Evaluar la eficiencia de tres dosis de hidrogel mezclado con sustrato como retenedor de humedad bajo dos periodos de riego.
- ✓ Evaluar la germinación, desarrollo y sobrevivencia en plántulas de *Abies vejarii* Martínez en condiciones de invernadero.

1.5 Hipótesis

Ho: No existen diferencias entre los tratamientos, en cuanto la retención de agua y desarrollo de plantas.

Ha: Al menos uno de los tratamientos es más eficiente en cuanto la retención de agua y por consiguiente se tenga mejor desarrollo en la producción de plantas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades de los hidrogeles.

2.1.1 Que es un hidrogel

Es polímero hidrofílico de alto peso molecular que pueden ser sintetizados de una variedad de monómeros. La composición química de estos polímeros hidrofílicos incluye: acrilamida vía entrecruzada, poliacrilatos de sodio, almidones, copolímeros de acrilato y acrilamida (Tess y Poehlein, 1985).

Los hidrogeles son polímeros los cuales poseen una alta capacidad de absorción de agua, estos productos han sido mezclados con suelos agrícolas y sustratos con la finalidad de retención de humedad de los mismos (Quinn, 1990; Wallace y Colette, 1984). Este producto absorbe y retiene el agua y es de interés para la producción de cultivos en zonas áridas (Graham, *et al*, 1982).

Evans *et al.* (1990), mencionan que los polímeros pueden absorber grandes cantidades de agua destilada (tanto como 1000 veces su peso), pero las aplicaciones en campo muestran que la hidratación no excede raramente 400 o 500 veces su peso, debido al nivel de salinidad en la mayoría de las fuentes de agua, y al incrementarse la concentración de iones en el agua la cantidad de hidratación del polímero disminuye: además mencionan que el tamaño de las partículas entre los diferentes tipos de polímeros son de 5 micras a 2 milímetros.

2.2 Influencia del hidrogel en las propiedades físicas del suelo.

2.2.1 Porosidad

La porosidad del suelo es el volumen de aire y agua contenido en una unidad de volumen de suelo, distinguiéndose en el suelo otras características las cuales son: la porosidad, distribución o porcentaje de diferentes rangos de diámetros de poros

y la relación promedio entre la longitud real y la distancia entre los extremos de los poros (Gavande, 1979; Luthin, 1979).

Wallece *et al.*, (1986), señalaron que el hidrogel favorece a la estabilidad coloidal, permitiendo esta al suelo tener mayor capacidad de distribución del agua, así como una mayor penetración y retención de mayor volumen de agua en la estructura de los suelos incluso de los arenosos, la actividad dependerá directamente de ciertas condiciones del suelo tales como: contenido de arcilla, materia orgánica, sales solubles, pH entre otras.

2.2.2. Aireación

El efecto de la aireación del suelo en el crecimiento de las plantas, generalmente comprende el efecto sobre los constituyentes del suelo y efectos directos en las condiciones fisiológicas de las plantas. La adición sobre los mejoradores físicos del suelo como los hidrogeles, tienen efectos benéficos sobre los constituyentes del suelo (Wallace y Colette, 1984).

La aireación es producida por un espacio poroso vacío que existe entre los gránulos del gel después de que estos son hidratados, sin embargo esta propiedad puede ser afectada así como el contenido de humedad retenida, debido a la degradación del gel por la constante hidratación-deshidratación del medio que lo contiene (Wallace, 1988; Taylor y Helfacre, 1986); la aireación está relacionada directamente con las propiedades físicas del suelo siendo inversamente proporcional al contenido de humedad de este y directamente proporcional al volumen (Bugbee y Frink, 1986).

2.2.3. Infiltración

La infiltración es otra de las propiedades que se ve beneficiada con la incorporación de geles en el suelo, esto debido a la estabilidad coloidal, permitiendo esto al suelo tener una capacidad mayor de distribución del agua, así como una mayor penetración y retención de mayores volúmenes de la misma

(Mitchell, 1986); el incremento en la velocidad de infiltración se debe a que existe un incremento en el espacio poroso total y dicha infiltración es proporcional al cuadrado del diámetro de los poros del suelo (Wallace *et al.*, 1986).

Sin embargo a ciertas dosis de hidrogel se reduce la velocidad de infiltración debido a que el gel retiene una mayor cantidad de agua, lo cual provoca una lentitud en el flujo vertical de la misma produciendo esto una mayor saturación del medio y en consecuencia una menor aireación (Mustafa *et al.*, 1988).

2.3 Influencia del hidrogel en la retención de humedad del suelo.

Lishtvan *et al.*, (1986), reportaron que el incremento en el contenido de humedad influye en la periodicidad del riego, alargando los intervalos de riego, además de que no afecta la actividad biológica del suelo. (Wallace, *et al.*, 1982), reportaron que el hidrogel interviene directamente en la nutrición de las plantas puesto que existe un mejor intercambio iónico suelo-planta.

Evans *et al.*, (1990), señalaron que los polímeros pueden absorber grandes porciones de agua destilada (tanto como 1000 veces su peso) pero las aplicaciones en campo muestran que la hidratación excede raramente 400-500 veces su peso debido al nivel de salinidad en la mayoría de las fuentes de agua. Como la concentración de los iones se incrementa la cantidad de hidratación del polímero disminuye.

2.4 Antecedentes.

Barreto (2011), evaluó el establecimiento de una plantación de *Juniperus fláccida* Schlechtendal, con el apoyo de retenedores de agua (Gel Humert, Acuagel, Terra Sorb) y riegos de auxilio, en el municipio de Ixcateopán de Cuauhtémoc, Guerrero. Dicho experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con 7 tratamientos y cuatro repeticiones, los riegos de auxilio consistieron en aplicaciones de 10 l/planta en el periodo de sequía.

Se realizaron análisis de normalidad, análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para las variables estudiadas. Dichas variables no se presentaron estadísticamente alguna diferencia significativa durante las dos evaluaciones realizadas. Pero el uso de retenedores de agua combinados con riegos de auxilio, se presentó un incremento del 4.5 % superior, con respecto al testigo.

Sandoval Méndez (1997), encontró que el porcentaje de germinación más alto se encuentran en altos porcentajes de materia orgánica (70-100%) es significativa en germinación, el efecto de eficiencia en el polímero no es significativo, el efecto de este solo se presenta si el sustrato es bajo o nulo en materia orgánica.

En el crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Pinus cembroides* Zucc., utilizando polímeros de agua es eficiente; sin embargo, los mejores resultados se obtuvieron con un riego no limitado.

Maldonado-Benítez 2010 del colegio de posgraduados Montecillos. Evaluó el efecto de un polímero sintético (hidrogel) en mezclas de sustrato alternativo con cuatro niveles de riego para la producción de *Pinus greggii* Engelm., en vivero. El diseño experimental fue de parcelas divididas con un tratamiento adicional, y se probaron 10 mezclas de sustrato compuestas por aserrín, corteza de pino, turba, agrolita y vermiculita. 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.

Idrobo y Rodríguez 2010 de la Universidad Nacional de Colombia verificaron la eficiencia de la retención de agua con retenedores de agua (hidrogel), el experimento consistió en evaluar la variación de humedad en el cultivo *Raphanus sativus* L. sembrada en arena, con un diseño experimental completamente al azar, se realizaron tres tratamientos con tres repeticiones, con diferentes porcentajes del polímero, T1 (23%), T2 (30.7%) y T3 (15.38%), donde el tratamiento 2 presentó los mejores rendimientos en el cultivo, una pérdida de humedad y diferencias significativas ($p=0.002$) a favor del mismo tratamiento señalando que la mayor cantidad de hidrogel en el suelo incrementa la retención de humedad en un suelo arenoso.

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. Los resultados fueron que se encontró que 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 de la raíz y producción ($r^2= 0.75$) y peso fresco del tallo y producción ($r^2=0.80$).

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.

2.5 Características de *Abies vejarii* Martínez

2.5.1 Clasificación taxonómica

Reino: Metaphyta
División: Pinophyta
Clase: Pinopsida
Orden: Pinales
Familia: Pinaceae
Género: *Abies*
Especie: *Vejarii*

2.5.2 Descripción botánica del *Abies vejarii* Martínez

Árboles de 30 hasta 40 metros de altura; los conos de esta especie son grandes de forma oblonga con más de 14 escamas. Los conos son erectos con escamas fácilmente caedizas. Las yemas y los conos generalmente se encuentran cubiertos por resina. Las brácteas se encuentran excertas. Las semillas se encuentran siempre en conos y sin cubierta carnosa. Las hojas son aciculares o planas sin vaina que llegan a medir de 1 a 3 cm. (Villareal, 2009)

2.5.3 Distribución

El *Abies vejari* tiene una distribución limitada en los estados de Coahuila y Nuevo León (Martínez, 1948). En la Sierra Madre Oriental se conocen dos aéreas en el cerro del potosí, en Nuevo León y en San Antonio Peña Nevada, Tamaulipas (Rzedowski, 1978; Domínguez, 1991).

2.5.4 Descripción del genero *Abies*

Los *Abies*, llamados vulgarmente oyameles, abetos o pinabetes, son árboles corpulentos, siempre verdes, resinosos, de copa simétrica y aguda. Con hojas

lineares, sésiles, rectas o algo flácidas; son por lo general tiesas y algo coriáceas, y frecuentemente aromáticas (Díaz, 2009).

Las inflorescencias masculinas se producen en la parte inferior de las ramillas en amentos ovados de 5 a 15 mm de longitud, de color púrpura o amarillento, protegidos por una envoltura escamosa; las flores femeninas crecen en las últimas ramillas de la cima del árbol. Los conos femeninos maduros de color verde, amarillento, café pálido, violáceo, o gris, erguidos, cilíndricos, de 7 a 16 cm de longitud, sésiles o subsésiles, con muchas escamas densamente imbricadas, anchas y delgadas, cada escama con dos semillas, éstos se presentan en las ramillas más altas y constan de un eje erguido y persistente, con las escamas caducas (Díaz, 2009).

El tronco es erguido y simple, de 30 a 40 m de altura, pero se han visto ejemplares de 60 o más, por 40 cm a 1.5 m de diámetro; generalmente las ramas comienzan a poca altura y son horizontales o algo levantadas. La corteza es oscura, gruesa y hendida y con placas escamosas e irregulares en los árboles adultos, y grisácea y más o menos lisa en los jóvenes. Éstos presentan en los tallos y primeras ramas numerosas ámpulas ovales o circulares, abultadas, llenas de una resina ambarina y aromática. Las ramillas son opuestas y frecuentemente dísticas; su color en general es moreno rojizo, a veces con tinte violáceo, y la superficie más o menos hirsuta, rara vez glabra. (Martínez, 1948).

2.5.5 Estatus de conservación

Por su limitada distribución se encuentra enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Norma Oficial Mexicana), que enlista a las especies de flora y fauna silvestre endémicas, en peligro de extinción y protección especial, tal es el caso de esta especie, como consecuencia de su distribución restringida en pequeños rodales (SEMARNAT, 2002).

Abies vejarii y su variedad macrocarpa Martínez y *Abies mexicana* Martínez, se encuentran en la lista de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de amenazadas, además que son endémicas (SEMARNAT, 2010).

2.6 Aspectos generales sobre la reproducción.

2.6.1 Semilla.

La semilla constituye la base de la repoblación, y el 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 supervivencia y la adaptación de las plantas obtenidas (Peñuelas *et al.*, 2000).

Lara (1996) menciona a la semilla como un 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.

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). Las características más frecuentes en la semilla son: tamaño, forma, peso, y que sea lo más homogénea posible (Sandoval *et al.*, 2001).

2.6.2 Germinación.

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 ésta para reproducir una planta normal en condiciones favorables (Peñuelas *et al.*, 2000). 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).

Meza (1965), define germinación como el brote y desarrollo de las estructuras especiales del embrión, que dependiendo de la clase de semilla de que se trate indican la capacidad para producir una planta normal en condiciones favorables.

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

Aparicio *et al.* (1999) indica que para que aparezca la germinación es necesario que existan factores intrínsecos lo que hace referencia a que la semilla debe de estar madura y que conserve su capacidad germinativa y de factores propios extrínsecos, es decir, que mantengan vivos e inalterados los tejidos de formación

2.6.4 Factores intrínsecos.

Latencia.

Existen diferentes factores inherentes 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 sean las más favorables (Gaytán, 2001).

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

Viabilidad

Es una característica fisiológica de la semilla mediante la cual es potencialmente capaz de germinar. Todas la 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).

2.6.5. 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 un 40 por ciento de humedad es adecuado para que germinen la mayoría de las semillas de 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 el medio de la germinación pueden afectar a las semillas como 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, pueden tener sus poros saturados de agua de forma que hay poco oxígeno para las semillas (Hartman y Kester, 1989).

Temperatura

En el sustrato o suelo es uno de los factores más importantes ya que ejerce un importante efecto en la germinación, el desarrollo y crecimiento de la plántulas (Niembro, 1986). Aunque debe señalarse que las semillas pueden ser afectadas por las temperaturas máximas o mínimas (periodos estacionales), o también por influencias diarias (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 las 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. Es 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 las coníferas; básicamente esto se debe a las diferencias entre la temperatura, la disponibilidad de agua y los nutrientes, así como la facilidad del sustrato que le brinde a la raíz para que esta se desarrolle en el interior de la cavidad de envase (Niembro, 1986).

2.6.6 Pruebas de germinación.

Camacho, (1994), menciona que es un medio adecuado para que las semillas puedan germinar y se pueda observar el crecimiento inicial de las plántulas, debe tener una buena retención de humedad, un buen pH entre 6 y 7.5, buena porosidad y ausencia de sustancia tóxicas y microorganismos que puedan afectar la germinación de las semillas.

2.6.7 Porcentaje de germinación

Bonner *et al.*, (1994), señalaron que el porcentaje de germinación es la proporción de una muestra de semillas que ha germinado normalmente en un período especificado de prueba, por lo general expresado como un porcentaje.

2.6.8. Velocidad de germinación.

Es aquella que se expresa en forma de valor máximo que es la germinación diaria media máxima (porcentaje acumulado de germinación de semilla llena dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra) que se alcanza en cualquier momento del periodo del experimento (FAO, 1991).

2.7 Sustratos

2.7.1 Definición

Abad (1993), define que dentro de la agricultura un sustrato es conocido como todo aquel material distinto al suelo, de origen orgánico o de síntesis mineral que colocado sobre un recipiente solo o mezclado, proporciona a la semilla las condiciones necesarias para su germinación, enraizamiento, anclaje y de igual manera este puede desempeñar un papel importante en el suministro de nutrientes, dependiendo de su origen.

Ballester (1992), lo define como un medio físico, natural o sintético, donde se desarrollan las raíces de las plantas que crecen en un recipiente, sea contenedor, saco, banqueta, etc., que tiene un volumen limitado.

Resh (1987), establece que un medio de cultivo es aquel que suministra oxígeno, agua, nutrientes, soporte y anclaje para las raíces de las plantas, también como el mismo suelo, mencionando que en las explotaciones agrícolas intensivas los medios de cultivo sin suelo son a base de agua, aserrín, turba y vermiculita.

2.7.2 Características de un buen sustrato

Cadahia (1998), menciona que un gran número de materiales pueden ser utilizados con éxito como sustratos, bien separadamente o bien en mezcla, en la preparación de los medios de cultivos de las plantas. La elección de un medio de cultivo viene determinada por:

- Su suministro y homogeneidad.
- La finalidad de la producción.
- Su costo.
- Sus propiedades físicas, químicas y biológicas; y
- La experiencia local en su utilización.

Hartmann y Kester (1999), mencionan que para producir plantas de calidad, un buen sustrato debe tener las siguientes características: el medio debe retener suficiente humedad para evitar riegos muy frecuentes. Debe ser suficientemente poroso de manera que drene el exceso de agua, permitiendo una aireación adecuada. Debe proporcionar cantidades adecuadas de nutrimentos cuando las plantas permanecen en él un período largo de tiempo. Debe estar libre de semillas de malezas y patógenos.

2.7.3 Clasificación de los sustratos.

Baixauli, (2002) clasifica los sustratos en:

- a) Sustratos orgánicos, que al mismo tiempo se pueden dividir en:
 - De origen natural, entre los que se encuentran las turbas.
 - Subproductos de la actividad agrícola: la fibra de coco, virutas de madera, paja de cereales, residuos de la industria del corcho, etc.
 - Productos de síntesis, entre los que se encuentran: los polímeros no biodegradables, como la espuma de poliuretano y el poliestireno.
- b) Sustratos inorgánicos, que podemos dividir en:

- De origen natural, que no requieren de un proceso de manufacturación, entre los que se encuentran: la arena, las gravas y las tierras de origen volcánico.

2.7.4 Propiedades físicas.

Abad (1993), reporta que las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia, ya que una vez que el sustrato esté en el contenedor y la planta creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho sustrato.

Raviv *et al.* (1986) Citado por López (2007), menciona que el suministro de agua y aire así como una baja densidad aparente, una elevada porosidad total y una estructura estable, son algunas de las características físicas que debe tener un sustrato para lograr proporcionar a la planta condiciones favorables para su desarrollo.

Capacidad de aireación

Pastor (1974), considera que la capacidad de aireación es la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). El valor óptimo se produce cuando se dan valores entre 10 y 30 %.

Estructura

Terés *et al.* (1997), menciona que se refiere a la forma en que está compuesto un sustrato; puede ser granular como la mayoría de los sustratos minerales, o bien fibrilar. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que en la segunda dependerá de la forma de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y

no se adaptan al recipiente pero tiene cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.

Granulometría

Ansorena (1994), reporta que la granulometría se refiere a la dimensión de las partículas que constituyen un material disgregado y a la proporción en que se mezclan. Dependiendo de la naturaleza de estos materiales tendrán en su interior poros de diferentes tamaños, que constituyen la porosidad interna o intraparticular, pero además quedarán huecos entre partículas tanto más grandes cuanto mayor sea el tamaño de las partículas que componen el sustrato, que dan lugar a la porosidad interparticular.

Porosidad

Esta propiedad se refiere al porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros (V_p) y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor (V_t). Este mismo autor menciona que los sustratos forestales pueden llegar alcanzar valores de porosidad de un 95% o superiores recomendándose un 85% (Ansorena, 1994).

2.7.5 Propiedades químicas

Infoagro (2007), menciona que la reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza:

Por otra parte Abad (1993), menciona que los materiales orgánicos son los componentes que contribuyen en mayor grado a la química de los sustratos, ya que interaccionan con la solución nutritiva, suministrando nutrimentos, actuando

como reserva de los mismos a través de la capacidad de intercambio catiónico, que a su vez depende en gran medida del pH del medio.

Disponibilidad de nutrientes

De acuerdo con la literatura se reconoce que la mayoría de los sustratos minerales no se descomponen químicamente ni biológicamente y, desde un punto de vista práctico, se pueden considerar desprovistos de nutrimentos. Por el contrario, los sustratos orgánicos se difieren marcadamente entre sí en el contenido de nutrimentos asimilables. Así, algunos poseen un nivel reducido de éstos, mientras que otros presentan niveles elevados, dependiendo dicho nivel del origen del compost y del proceso de compostaje (Cadahia, 1998).

Potencial Hidrógeno (pH)

Hartmann y Kester (1998), establecen que el pH es un parámetro de medición de la concentración de iones hidrógeno; sus principales factores de influencia los encontramos en la disponibilidad de nutrientes y la actividad de la flora microbiana benéfica. Un rango de pH de 5.5-7.0 es el mejor para el desarrollo de la mayoría de las plantas hortícolas.

2.7.6 Propiedades biológicas.

Bures (1999), Señala que las propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos 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.

Actividad enzimática

López (2007), menciona que se libera después de la descomposición de la materia orgánica. Se han identificado diferentes actividades enzimáticas (celulasas, proteasas, ureasas, etc.) en los sustratos orgánicos con efectos muy positivos sobre la nutrición vegetal.

Actividad reguladora del crecimiento

Esta función fisiológica está relacionada con la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo de las plantas. Muchos de los efectos biológicos de los sustratos son directamente atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación de la lignina y la hemicelulosa. Las sustancias húmicas actúan como transportadoras de los micronutrientes para las plantas (López, 2007).

2.8 Mezcla de sustratos.

Baixauli (2002), menciona que en función propia de su propia naturaleza y de la especie a cultivar, no es adecuado un solo componente como sustrato, por lo que recomienda se mezcle con otra porción de material minera, de origen natural o artificial, como puede ser la perlita, arena, picón volcánico, vermiculita, poliestireno expandido etc.

2.9 Descripción de los sustratos utilizados

2.9.1 Peat moss o turba.

Hartmann (1995), define la turba como restos de vegetación acuática, de pantanos, o marismas, que han sido conservados bajo el agua en estado de descomposición parcial, debido a la falta de oxígeno, lo que hace más lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetal.

2.9.2 Perlita.

La perlita es un material silíceo de origen volcánico, extraído de los ríos de lava. El mineral recién sacado se muele y se calienta en hornos a unos 1400 °F, esta es la temperatura a la cual se evapora el agua contenida en las partículas. La perlita absorbe de tres a cuatro veces su peso en agua, siendo esencialmente neutra con un pH de 6.0 a 8.0, a diferencia de la vermiculita, no tiene capacidad de intercambio iónico y no contiene nutrientes minerales. Es más útil para incrementar la aireación de las mezclas, ya que tiene una estructura muy rígida que, mientras dura, da lugar a que el tamaño de las partículas vaya disminuyendo conforme estas se parten con el uso (Resh, 1987).

2.9.3 Vermiculita.

Es un mineral con la estructura de la mica, y se prepara expandido por calor en hornos a temperaturas cercanas a los 2000 °F, el agua se convierte en vapor, separándose los estratos y formando trozos pequeños y porosos como esponjas, con la forma de una semilla. Al expandirse toma un peso muy ligero con reacción neutra y buenas propiedades catiónicas, siendo insoluble en agua, si bien es capaz de absorber grandes cantidades de esta. Tiene una capacidad de intercambio de cationes relativamente alta, por tanto, puede retener nutrientes en reserva e irlos cediendo posteriormente. Sus contenidos en magnesio y potasio, aunque bajos, son fácilmente disponibles por las plantas (Resh. 1987).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio.

3.1.1 Ubicación del invernadero

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 10km) 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 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 castañozem de origen aluvial, variando de somero a profundo y con afloraciones 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 17.3 °C (INEGI, 2011), siendo los meses más cálidos mayo, junio y julio (con temperatura máxima de hasta 40 °C). Durante diciembre y enero se registran las temperaturas más bajas, de hasta -11 °C. (SMN, normales climatológicas 1971-2000).

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).

3.2 Invernadero

Los invernaderos son parte de un vivero, con funciones muy importantes como pueden ser la parte esencial de las condiciones climatológicas y la otra es la de aumentar la producción. También permiten un mayor control de la producción; en forma general, son estructuras independientes, cubierta con techos de dos caídas de agua, están diseñados para que el espacio se utilice en forma adecuada. La ventilación es algo necesario dentro de estos, como una ayuda para controlar la temperatura y la humedad dentro del invernadero.

Está conformado por una estructura cuadrada de lámina galvanizada, con paredes y techos de láminas de policarbonato de dos capas, contiene un sistema de riego por aspersión aéreo y semirobotizado, mediante el cual se puede fertilizar y fumigar. La programación de la temperatura se establece en dos temporadas; la primera temporada es de primavera y verano con una temperatura interior promedio de 26°C en el día y por la noche de 22°C, la segunda temporada que es otoño e invierno con 22°C en el día y por la noche 18°C, como temperatura interior de la nave.

3.3 Contenedores

Es un envase o recipiente, el cual contiene perforaciones en la parte posterior para un mejor drenaje, estos son útiles para que germinen las semillas, ya que permiten que la raíz tenga movimiento y un mejor desarrollo, también le proporciona a la planta un medio de crecimiento, además el envase facilita el contacto del sistema radicular con el agua, nutrientes minerales y le sirve de soporte o anclaje a la plántula, el contenedor ideal es aquel que permite producir plantas de la mejor calidad; pero es necesario tener en cuenta que un sustrato puede tener diferentes resultados según el tipo, tamaño y forma del contenedor.

3.4 Descripción de tratamientos

Cuadro 1. Tratamientos utilizados.

Tratamientos	Sustrato	Gramos de hidrogel
T1	Peat moss +Perlita +Vermiculita+ Osmocote	18.75 gr
T2	Peat moss +Perlita +Vermiculita+ Osmocote	37.50 gr
T3	Peat moss +Perlita +Vermiculita+ Osmocote	56.25 gr
T4	Peat moss +Perlita +Vermiculita+ Osmocote	0 gr

Cuadro 1. Muestra la mezcla de sustrato e hidrogel que se utilizó en cada tratamiento, en total se utilizaron 600 semillas en 300 cono-contenedor y por cada tratamiento se utilizaron 75 y 25 por cada repetición.

3.5 Diseño experimental

Para la realización del experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, utilizado cuando las unidades experimentales son lo más homogéneas posibles como en el caso de los invernaderos donde los datos experimentales tienen las mismas condiciones en todos los sentido, ya que estas están controladas.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en el diseño experimental.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
T1 18.75 gr	T1	T2	T4
T2 37.50 gr	T4	T3	T1
T3 56.25 gr	T3	T1	T2
T4 0 gr	T2	T4	T3

3.6 Variables evaluadas.

3.6.1 Retención de humedad.

Para la evaluación de esta variable se utilizó una báscula para obtener los pesos de los 300 conos-contenedores correspondientes a los cuatro tratamientos y así calcular el porcentaje de retención de humedad tomando lo siguiente. La primera fase consistió en registrar el peso húmedo el cual se registraba después de cada riego y el peso seco que se registraba antes de cada riego, esto se realizaba cada cuatro días. La segunda fase se realizó el mismo procedimiento que el anterior, solo que el registro de los pesos húmedos y los pesos secos se obtenían cada siete días en los cuales se efectuaban los riegos.

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

Donde %R Es el porcentaje de retención de humedad.

PS es el peso antes del riego y PH peso después de regar

3.6.2 Porcentaje de germinación

Para evaluar la el porcentaje de germinación se realizó a los 32 días a partir de la fecha de siembra para lo cual se realizaron 6 evaluaciones, dichas evaluaciones consistieron en el conteo total de las plantas emergidas de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones hasta la fecha evaluada.

La evaluación de la germinación se realizó de acuerdo al método propuesto por

Camacho (1994):

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

Dónde:

%G= Porcentaje de germinación.

GA= Germinación acumulada hasta la última evaluación.

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

3.6.3 Porcentaje de mortalidad.

Esta se calcula restando las plantas vivas emergidas menos las plantas muertas hasta la fecha de evaluación, y posteriormente se realiza el mismo procedimiento con el método Camacho (1994)

3.6.4 Altura

Para esta actividad se realizaron 3 mediciones cada 2 meses para lo cual la primera evaluación se realizó el 1 de junio. Dichas evaluaciones consistieron en el medir la altura en cm, desde la base del tallo hasta la yema apical. Esta variable se midió con una regla de 30 cm.

3.6.5 Diámetro

Esta variable se tomó las mediciones en conjunto con la altura y en las mismas fechas, para lo cual se utilizó un vernier digital, en la base del tallo.

3.6.6 Sobrevivencia.

La sobrevivencia se determinó tomando en cuenta la evaluación de germinación para considerar el total de las plantas emergidas, para después tomar en cuenta las plantas que sobrevivieron hasta el término del estudio contando el número total de plantas por tratamiento.

3.7 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 recabados se procesaron con la ayuda del software estadístico Minitab 16 de donde se obtendrán el ANVA de cada variable además de las pruebas de rango múltiple Tukey.

3.8 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.

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.

3.9 Manejo del área experimental

3.9.1 Colecta de semilla.

La colecta de la semilla se llevó a cabo el día 22 de septiembre del 2012 a un costado de la carretera del ejido mesa de las tablas, Arteaga, Coahuila (INEGI 2012) entre las coordenadas 25°14'25.66"N y 100° 24'16.50"O. La vegetación

está constituida por un chaparral secundario con renuevos y relictos de *Abies sp.*, *Pseudotsuga macrolepis* Flous y *Picea mexicana* Martínez (Braham, 1995).

3.9.2. Secado de los conos

Esta actividad se realizó después de la colecta de la semilla la cual consistió en dejar madurar los conos en el sol hasta que abrieran dejando caer la semilla, esta actividad duro 5 semanas después de la colecta y posteriormente se obtuvo la semilla separándolas de los desperdicios de los conos.

3.9.3. Lavado de conos-contenedor

Los conos-contenedor se desinfectaron con detergente biodegradable y cloro diluidos en agua, esto para poder eliminar cualquier elemento patógeno que exista en ellas. Para ello los conos se lavaron los con un cepillo de plástico además de sumergirlos 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 conos-contenedores.

3.9.4. Prueba de viabilidad

Esta prueba se realizó en el laboratorio de semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el método con el que se realizo fue flotación por aire con la ayuda de un soplador, el cual se depositaron las semillas en una probeta, la cual al soplar aire en la parte de abajo esta impulsaba a las semillas vanas a subir y las semillas viables permanecieron en la parte de abajo.

3.9.5. Pesado de los porcentajes de hidrogel

El pesado de los gramos de hidrogel se llevó acabo en el laboratorio de fisiología vegetal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, dicha actividad consistió en determinar qué cantidad en gramos correspondiente a cada

tratamiento con la ayuda de una báscula analítica por lo cual se determinó lo siguiente.

Cuadro 3. Cantidad de hidrogel en gramos correspondiente a cada tratamiento.

Tratamiento	Gramos	No. Conos	Gr de hidrogel por tratamiento
T1	0.25 gr	75	18.75 gramos de hidrogel
T2	0.50 gr	75	37.50 gramos de hidrogel
T3	0.75 gr	75	56.25 gramos de hidrogel
T4	0 gr	75	0 gramos de hidrogel

3.9.6. Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se realizó mediante la siguiente proporción: un bulto de peat moss, un bulto de perlita, un bulto de vermiculita y 1.5 kg de osmocote. Posteriormente se determinó la cantidad de sustrato a mezclar con hidrogel para cada tratamiento, para esto se obtuvo el peso promedio de sustrato contenido en un cono, determinando 16 gr de sustrato, como el tratamiento se compone por 75 conos se determinó 1200 gr de sustrato a utilizar, después de determinar el peso de sustrato a utilizar, se mezcló con los gramos de hidrogel de cada tratamiento obteniendo lo siguiente. Al T1 se mezcló 18.75 gr/ 1200 gr de sustrato, al T2 37.50 gr/1200 gr de sustrato y al T3 56.25 gr/ 1200 gr sustrato y el T4 solo se utilizó 1200 gr de sustrato.

3.9.7. Llenado de las charolas y siembra

El llenado de las charolas se realizó el día 25 de enero del 2013 para lo cual se llenaron 75 conos-contenedores, los cuales correspondían a cada tratamiento con 25 conos por cada repetición. Sumando un total de 225 conos que se le agrego su correspondiente porcentaje de hidrogel, 75 conos que corresponden a los testigos divididos en 25 conos por cada repetición.

La siembra se realizó el mismo día, para lo cual se colocó una semilla por cada cono a 2 cm de profundidad aproximadamente y en total se llenaron 300 semillas correspondientes a los 300 conos.

3.9.8. Riego y pesado de los conos

Antes del riego se realizó un pesado de los conos para registrar el peso seco, posteriormente se aplicaban riegos con la ayuda de una probeta 50 ml aplicando 50ml de agua por cada cono, una vez aplicado el riego se determinó el peso húmedo. Esta actividad de riego y pesado de los conos se repitió durante un mes regando cada 4 días, tiempo en el cual la mayoría de la semillas germinaron, esto para evitar que perdiera humedad la parte superficial donde se encontraba la semilla. Posteriormente los riegos se realizaron cada 7 días para evaluar la resistencia de la planta, así mismo se registraron los pesos antes y después de cada riego.

3.9.9. Aplicación de fungicida y fertilización.

Una vez que germinaron todas las plantas se prosiguió a aplicar fungicidas que tienen la función de brindar protección a las plántulas, y así evitar la aparición de hongos que pudieran afectar el crecimiento. Los fungicidas que se aplicaron fueron Tecto 60 (Tiabendazol: 2-(4-Tiazolil)-1H-benzimidazol) y Captan 50 (N-triclorometiltio-4ciclorohexeno-1,2-dicarboximida) dichos fungicidas son del tipo de polvo humectante. La preparación del fungicida consistió en mezclar el Captan 50 y el Tecto 60 determinando que la dosis aplicar fue de 1gr/lt. Posteriormente se aplicó la mezcla del fungicida con la ayuda de un atomizador.

Después de la aplicación del fungicida al mes se aplicó un fertilizante para lo cual se aplicó FertiDrip (N20-P30-K10), este fertilizante es aplicado como fertirrigación y aspersión foliar. La dosis aplicar fue 7 gr el cual también se aplica en arboles ornamentales, para la aplicación se realizó asperjando completamente el follaje de las plántulas con la ayuda de un atomizador, siendo el objetivo de la fertilización mejorar el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con las variables observadas en la investigación, se presentan continuación los resultados y discusiones obtenidos en cada una de las variables.

4.1 Retención de humedad.

4.1.1 Retención de humedad cada 4 días

Durante el mes evaluado correspondiente a la primera etapa, se observó diferencias entre los tratamientos en cuanto la retención de humedad, esto se vió reflejado en las evaluaciones realizadas cada 4 días.

Cuadro 4. ANVA ($p \leq 0.05$), para retención de humedad cada 4 días

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	247.818	82.606	318.53	0.000*
Error	8	2.075	0.259		
Total	11	249.893			

*= Significativo

El Análisis de varianza muestra significancia puesto que el valor de $P < 0.05$, lo cual indica que al menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos sobre la retención de humedad cada 4 días durante los meses enero y febrero del 2013.

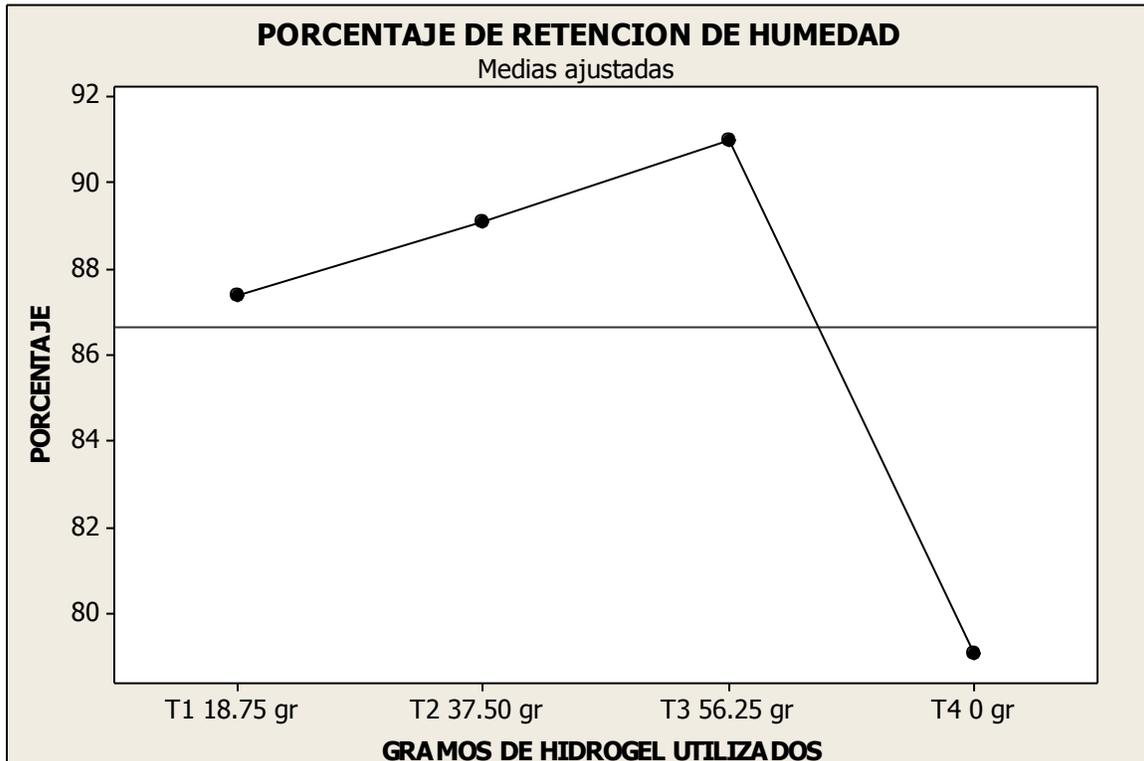
Cuadro 5. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3 50.25 gr	3	90.99	A
T2 37.50 gr	3	89.11	B
T1 18.75 gr	3	87.38	C
T4 0 gr	3	79.09	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En el cuadro 5 se muestran los resultados de la prueba Tukey, los cuales nos muestran que todos los tratamientos producen diferentes efectos en cuanto la

retención de humedad, sin embargo los valores más altos de retención de humedad se reflejan en el T3, mientras que el T4 retiene menos humedad, por lo que se muestra el comportamiento en la siguiente gráfica.



Gráfica 1. Retención de humedad cada 4 días expresada en porcentaje.

Como se muestra en la gráfica 1, los tratamientos que se encuentran por encima de la línea promedio son los que tienen resultados favorables en cuanto la retención de humedad durante 4 días, el tratamiento que tiene los valores más altos de retención de humedad es el T3, compuesto de 56.25 gr de hidrogel combinado con la mezcla base de sustrato reteniendo 90.99% de su peso húmedo, en comparación con el T4 compuesto de la mezcla base de sustrato y sin hidrogel que solo retiene 79.09% de su peso húmedo, 11.9 % menos que el mejor tratamiento.

Los resultados de este estudio determinaron que a mayores gramos de hidrogel mezclado con sustrato favorece a la retención de humedad por 4 días. Estos

resultados son parecidos a los resultados encontrados por Maldonado Benítez (2010), el cual menciona que los tratamientos con dosis medias (2gr/lt) de sustrato y dosis altas (4gr/lt) de hidrogel presentan altos porcentajes de retención de humedad siendo los mejores las dosis altas.

Por otra parte Puustjarvi y Robertson (1975), mencionan que una proporción elevada de microporos producida por el uso de hidrogeles, permiten una mayor retención de agua en los sustratos mezclados, lo cual tiene efectos positivos en el manejo de plantas para reducir la frecuencia de riegos.

4.1.2 Retención de humedad cada 7 días.

La evaluación de retención de humedad por siete días tuvo una duración de un mes, en las cuales se observa que los tratamientos con hidrogel muestran los valores altos de retención de humedad en comparación con tratamiento que no contiene el retenedor de agua, que muestra los valores más bajos y además por los tres días en los cuales se prolongaron los riegos realizados cada siete días, se observó que la retención de humedad disminuyó en comparación que cuando se aplicaban los riegos cada cuatro días.

Cuadro 6. ANVA ($p \leq 0.05$), para retención de humedad cada 7 días

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	170.465	56.822	145.65	0.000*
Error	8	3.121	0.390		
Total	11	173.586			

*= Significativo

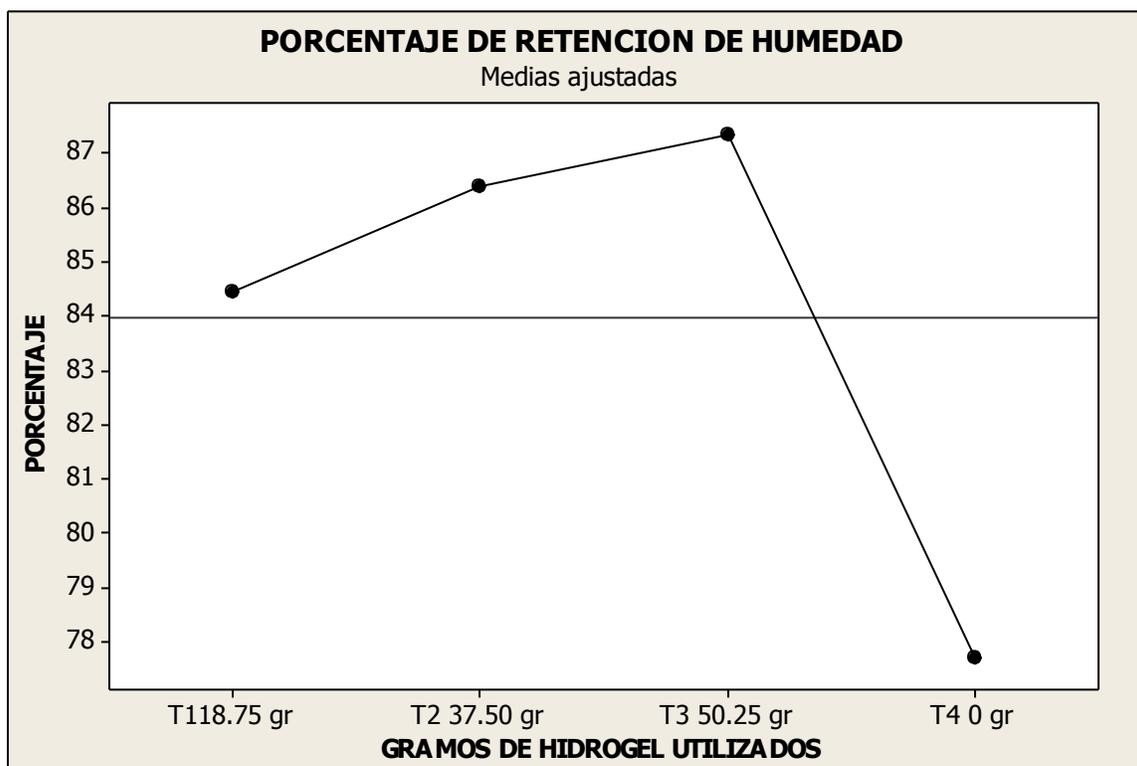
El Análisis de varianza muestra significancia puesto que el valor de $P < 0.05$ lo cual indica que al menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos sobre la retención de humedad cada 7 días durante el mes de marzo del 2013.

Cuadro 7. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3 50.25 gr	3	87.35	A
T2 37.50 gr	3	86.39	A
T1 18.75 gr	3	84.44	B
T4 0 gr	3	77.70	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La prueba de rango múltiple Tukey muestra que el T1 y T4 producen diferente efecto en la retención de humedad, además estadísticamente muestra que el T3 y el T2 producen los mismos efectos. Sin embargo el tratamiento que retiene mayor cantidad de humedad sigue siendo el T3 quien es el que contiene mayores gramos de hidrogel.



Grafica 2. Retención de humedad cada 7 días expresada en porcentaje.

Como podemos apreciar en la gráfica 2, los tratamientos que se encuentran por encima de la línea promedio son los mejores en cuanto la retención de humedad, los cuales son los tratamientos con diferente cantidad de gramos de hidrogel siendo el mejor el T3 compuesto por 56.25 gr de hidrogel quien retiene 87.35% de su peso húmedo por siete días, los tratamientos que se muestran por debajo de la línea promedio son los más bajos en cuanto la retención de humedad, siendo el único el T4 quien no contaba con el retenedor de agua reteniendo solamente 77.70% de su peso húmedo.

Como estos resultados son parecidos al de la primera fase se determinó que a mayor gramos de hidrogel mezclado con sustrato es más eficiente la retención de humedad por periodos prolongados y por consiguiente, se pone en manifiesto lo mencionado por Puustjarvi y Robertson (1975), que mencionan que el uso de hidrogeles permiten una mayor retención de agua en los sustratos mezclados, lo cual tiene efectos positivos en el manejo de plantas para reducir la frecuencia de riegos.

4.2 Porcentaje de germinación

El inicio de la germinación de la semilla de *Abies vejarii* se observó a los 10 días de la siembra, estos resultados son iguales a los encontrados por Sandoval Méndez (1997), quien observó que a los 10 días de la siembra comenzó la germinación en semilla de *Pinus cembroides* Zucc.

Cuadro 8. Porcentaje de germinación de *Abies vejarii*

Tratamientos	Composición del tratamiento	% Germinación
T 1	25 % de hidrogel + Sustrato base	85.3 %
T 2	50 % de hidrogel + Sustrato base	76.0 %
T 3	75 % de hidrogel + Sustrato base	57.3 %
T 4	Sustrato base	56.0 %

El cuadro 8 muestra los diferentes porcentajes de germinación en los diferentes tratamientos. Como se puede observar los porcentajes de germinación del estudio son altos.

Cuadro 9. ANVA ($p \leq 0.05$) para el porcentaje de germinación.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	1861.3	620.4	13.30	0.002
Error	8	373.3	46.7		
Total	11	2234.7			

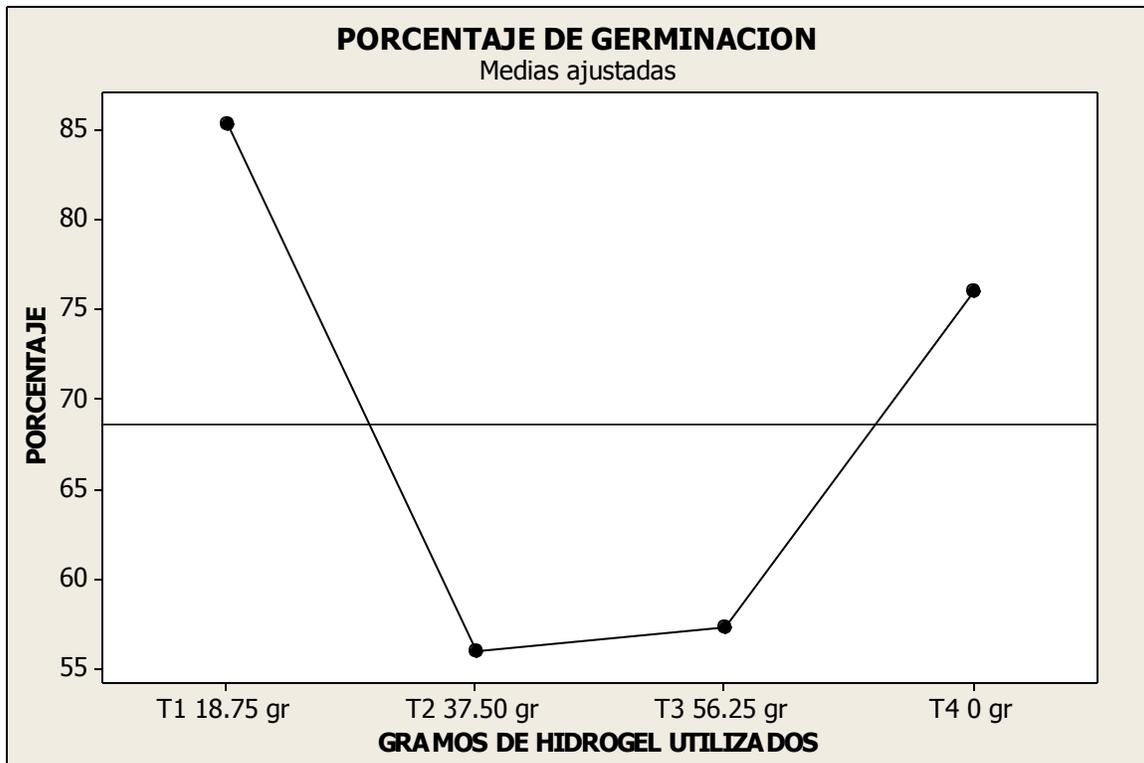
El Análisis de varianza muestra significancia puesto que el valor de $P < 0.05$ lo cual indica que al menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos en la germinación en las semillas de *Abies vejarii*.

Cuadro 10. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 18.75 gr	3	85.3	A
T4 0 gr	3	76.0	A
T3 56.25 gr	3	57.3	B
T2 37.50 gr	3	56.0	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La prueba de rango múltiple muestra que estadísticamente el T1 y el T4 producen los mismos efectos de germinación, por otro lado el T3 y T2 producen los mismos efectos. Sin embargo los valores más altos de germinación se muestran en el T1 seguido por el T4 y el que tuvo menor germinación fue el T2.



Grafica 3. Porcentaje de germinación

Como se puede apreciar la gráfica 3 muestra que los tratamientos que están por encima de la línea promedio son los mejores en cuanto a la germinación y los que están por debajo de la línea promedio son los bajos en la germinación.

El T1 (18.75 gr de hidrogel) tuvo una germinación del 85.3% , en comparación con los tratamientos con mayor concentración de hidrogel los cuales muestran menor respuesta a la germinación debido a dos factores los cuales son: el exceso de humedad ya que estos tratamientos retienen mayor cantidad de agua y a la falta de aireación, poniendo en manifiesto lo mencionado por Niembro (1996), un exceso de humedad en el sustrato puede ocasionar que la mayoría de las semillas no germinen a causa del escaso oxígeno.

Sandoval (1997), menciona que los mejores resultados para la germinación se presentan al utilizar porcentajes altos de (50-100%) de materia orgánica (turba de musgo) en la mezcla del sustrato con el polímero. Encontrando que el mejor

tratamiento para la germinación fue el T6 el cual estaba compuesto por turba de musgo al 100%, con riego no limitado y uso del polímero de 1 g/lit de sustrato.

4.3 Supervivencia.

La supervivencia de las plántulas depende de las características físicas y químicas de los sustratos, así mismo del medio físico donde se encuentran las plantas, también del genotipo de las plántulas y de la frecuencia de riegos Estrada, (2013).

Cuadro 11. ANOVA ($p \leq 0.05$), para la supervivencia de *Abies vejarii*

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	1584.0	528.0	18.00	0.001
Error	8	234.7	29.3		
Total	11	1818.7			

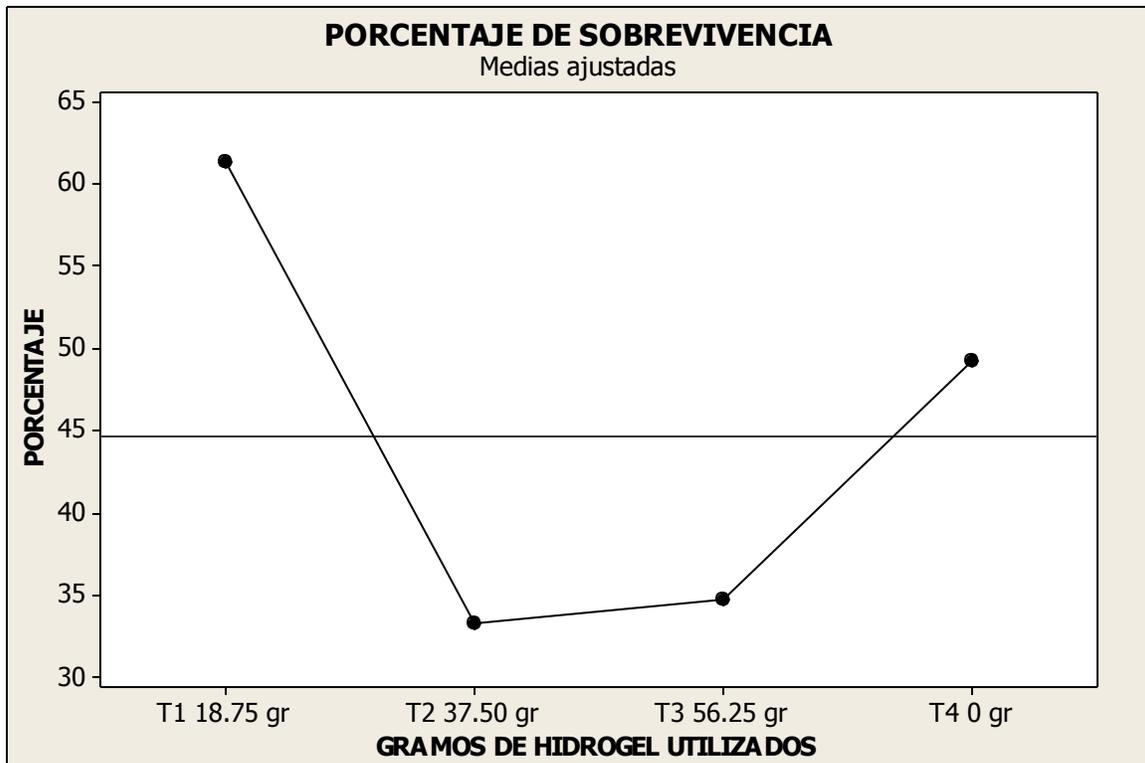
El Análisis de varianza muestra significancia puesto que el valor de $P < 0.05$ lo cual indica que al menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos en la supervivencia de las plantas de *Abies vejarii*.

Cuadro 12. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 18.75 gr	3	61.3	A
T4 0 gr	3	49.3	A
T3 56.25 gr	3	34.7	B
T2 37.50 gr	3	33.3	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La prueba de rango múltiple Tukey muestra que estadísticamente que el T1 y el T4 producen los mismos efectos en la supervivencia, por otra parte el T2 y T3 son iguales. Teniendo los valores más altos de supervivencia en el T1 y los peores en se presentan en el T2.



Grafica 4. Porcentaje de sobrevivencia.

Como se puede observar en la gráfica 4, los tratamientos que se encuentran por encima de la línea promedio sobreviven más plantas por lo que los valores más altos de sobrevivencia se muestran en el T1 compuesto de 18.75 gr de hidrogel.

Por otro lado los resultados más bajos fueron en el T2 y T3 los cuales contenían mayor cantidad de gramos de hidrogel donde la saturación de agua provocó la muerte de plantas por falta de aireación, como lo mencionado por Mustafa *et al.*, (1988), que en ciertas dosis de hidrogel se reduce la velocidad de infiltración debido a que el gel retiene una mayor cantidad de agua, lo cual provoca una lentitud en el flujo vertical de la misma produciendo esto una mayor saturación del medio y en consecuencia una menor aireación.

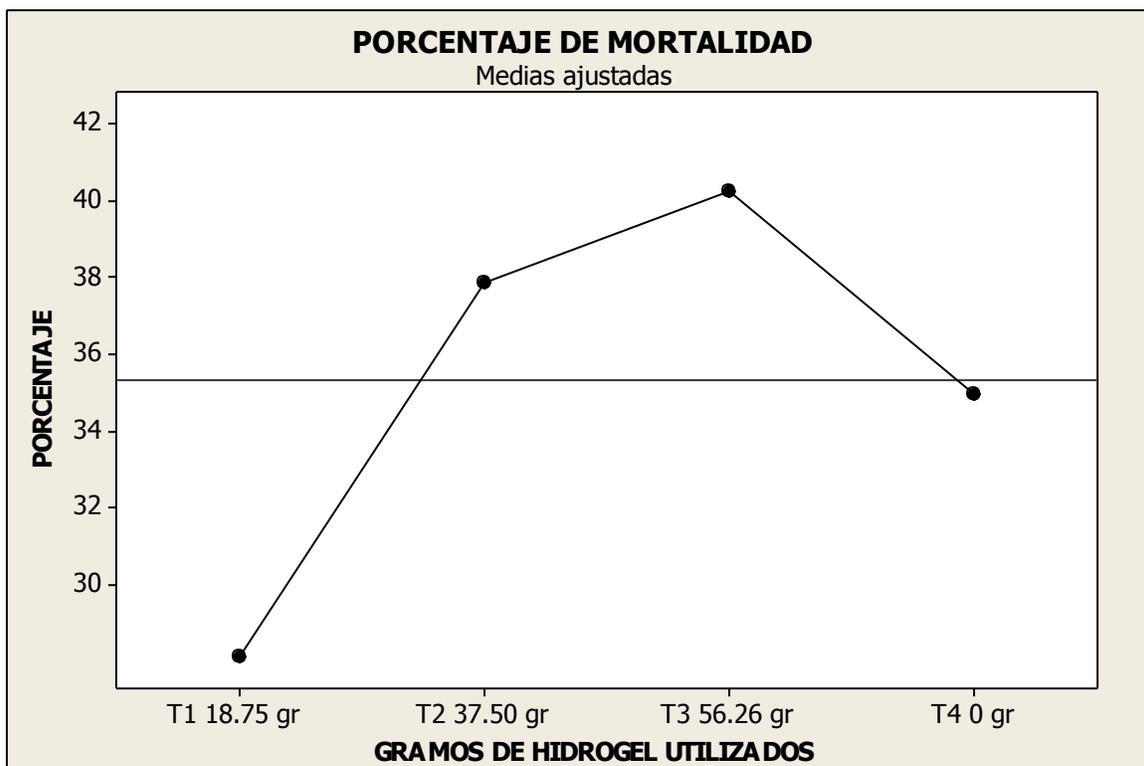
4.4 Mortalidad.

La mortalidad depende de las características físicas de la planta, además de las propiedades físicas de los sustratos, tales como la aireación la cual es una de las propiedades físicas del suelo más importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Gavande,1979).

Cuadro 13. ANVA para mortalidad de plantas de *Abies vejarii*.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	42.7	14.2	0.21	0.884
Error	8	533.3	66.7		
Total	11	576.0			

El análisis de varianza no muestra significancia entre los tratamientos siendo que el valor de $P > 0.05$ lo que nos indica que no hay diferencias de mortalidad.



Grafica 5. Porcentaje de mortalidad en cada tratamiento.

Como se observa en la gráfica 5 los tratamientos que se encuentran por encima de la línea promedio son los que muestran los porcentajes más altos de mortalidad siendo estos el T2 y T3 compuestos por 37.50 y 56.25 gramos de hidrogel y los tratamientos que tuvieron menores pérdidas se encuentran por debajo de la línea promedio.

El tratamiento que tuvo menos pérdidas de plántulas fue el T1 en cual tuvo un 28% mortalidad. Cabe mencionar que el T4 que no contaba con el retenedor de agua que mostro buenos resultados en cuanto la sobrevivencia teniendo un 35% de mortalidad, esto se debe a la saturación de agua como lo mencionan Johnson y Veltkamp (1985), que el entrecruzamiento en los polímeros parece contribuir al aumento de la retención de humedad, además de atenuar una barrera física al flujo del agua fuera del gel.

La barrera física formada por los altos contenidos de hidrogel de los tratamientos que ocasionó que disminuyera la aireación en el suelo y en consecuencia las plantas murieron, poniendo en manifiesto lo mencionado por Bugbee y Frink (1986), la aireación bajo el proceso de intercambio de gases consumidos y producidos bajo la superficie del suelo con los gases de la atmosfera, es de vital importancia en el crecimiento de los cultivos.

4.5 Altura de la planta.

El uso de retenedores de agua favoreció al crecimiento en altura puesto que el hidrogel no permite que los nutrientes sean lixiviados por los riegos aplicados en comparación con los sustratos comunes que pierden nutrientes por lixiviación.

Cuadro 14. Análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para altura.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	137.74	45.91	16.00	0.000*
Error	8	969.75	2.87		
Total	11	1107.49			

* = Significativo

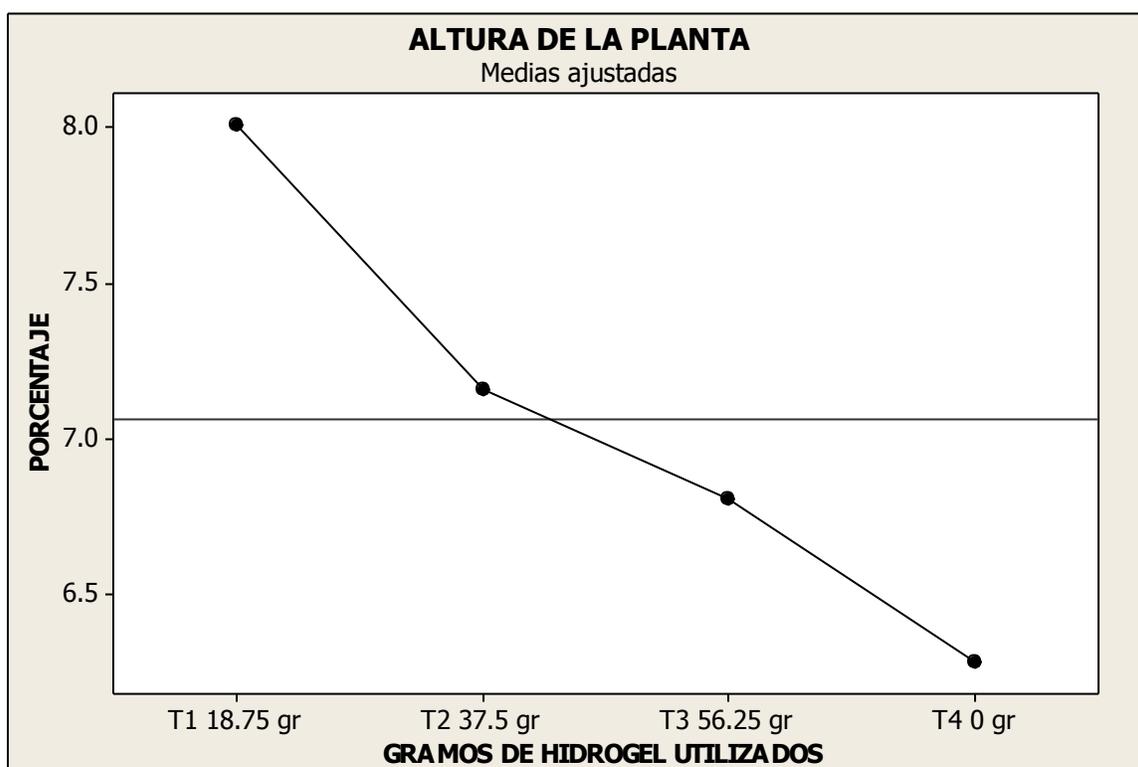
El Análisis de varianza muestra significancia puesto que el valor de $P < 0.05$ lo cual indica que al menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos en el crecimiento en altura de las plantas de *Abies vejarii*.

Cuadro 15. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 18.75 gr	3	8.0	A
T2 37.50 gr	3	7.2	B
T3 56.25 gr	3	6.9	B
T4 0 gr	3	6.1	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La prueba de rango múltiple Tukey muestra que el T1 y el T4 producen diferentes efectos, siendo el T1 quien tiene mayor incremento en la altura.



Grafica 6. Altura de la planta.

Como se observa en la gráfica 6 los tratamientos que se encuentran por encima de la línea promedio son los que producen mayor incremento en altura. Determinando que el T1 es quien tiene mayor incremento el cual alcanzo una altura promedio de 8 cm, mientras que el T4 solo alcanzan 6.1 cm en promedio.

Los resultados del experimento fueron favorables en comparación con lo encontrado por Sandoval (1997), quien menciona que los mejores incrementos en altura se produjeron en el T6 y T7 los cuales contenian 1gr del polímero y con riegos no limitados alcanzando de 8.47 a 12.51 cm, en contraparte menciona que los menores incrementos se dan en el T12 alcanzando una altura promedio de 8 cm debido a la deficiencia de humedad.

4.6 Diámetro de la planta.

Al igual que el aumento en la altura el uso de retenedores de agua contribuyen a un buen crecimiento en diámetro en los tratamientos mezclados con el retenedor de agua, evitando la perdida de nutrientes por lixiviación en los riegos aplicados.

Cuadro 16. Análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para diámetro.

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	3	17.922	5.866	13.46	0.000*
Error	8	147.025	0.435		
Total	11	164.947			

*= Significativo

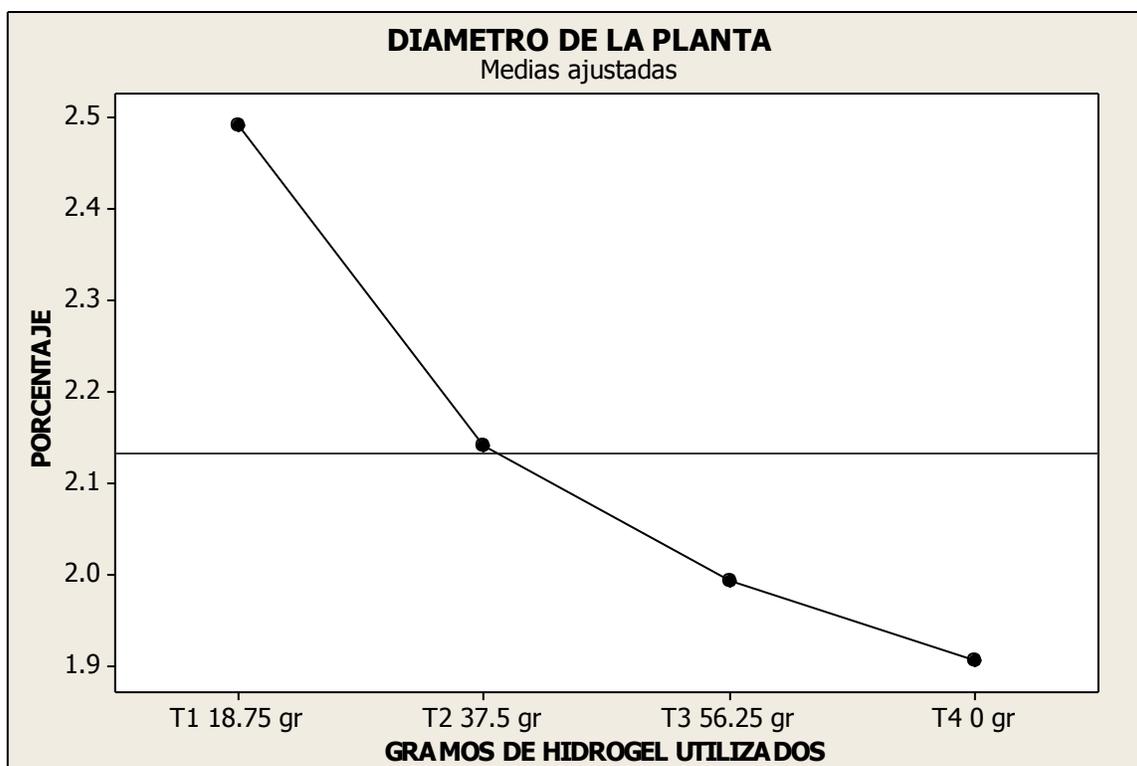
El Análisis de varianza muestra significancia puesto que el valor de $P < 0.05$ lo cual indica que al menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos en el crecimiento en diámetro en las plantas de *Abies vejarii*.

Cuadro 17. Prueba Tukey y una confianza de 95.0%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1 18.75 gr	3	2.5	A
T2 37.50 gr	3	2.1	B
T3 56.25 gr	3	2.0	B
T4 0 gr	3	1.9	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Al realizar la prueba de rango múltiple arroja que el único tratamiento que produce diferentes efectos en cuanto el crecimiento en diámetro es el T1 quien muestra los valores más altos en el crecimiento en diámetro.



Grafica 7. Diámetro de la planta.

Como podemos observar en la gráfica 7, los mejores tratamientos que se encuentra por encima de la línea promedio son los mejores en incrementos en

diámetro. Donde el T1 muestra mejores incrementos seguido por el T2, aunque el T3 muestra valores bajos por debajo de la línea promedio es superior al T4 quien no contaba con el retenedor de agua y posiblemente esto se ve reflejado en sus bajos incrementos.

Los resultados encontrados en el experimento en cuanto el aumento de diámetro muestra que al utilizar dosis bajas de hidrogel hay un buen incremento en diámetro. Al parecer utilizar dosis altas el incremento en diámetro no es tan significativo, aun así el incremento es superior cuando solo se utiliza la mezcla base de sustrato.

Los incrementos en diámetro son favorables como lo encontrado por Sandoval (1997), el cual menciona que al utilizar dosis bajas de hidrogel en su T 6 1gr de hidrogel, los incrementos son altos alcanzando 2.6 mm y su peor fue el T13 quien también no contaba con retenedor de agua llegando a tener 2.2 mm.

V CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cada una de las variables evaluadas se determinaron las siguientes conclusiones.

- ✓ En cuanto a la retención de humedad, se concluye que al mezclar sustrato con dosis altas de hidrogel se retendrá mayor cantidad de humedad y a medida que se usen dosis bajas el rendimiento disminuye. Determinando que el mejor tratamiento para este estudio fue el T3 el cual retiene 90.99% de su peso húmedo por cuatro días, al prolongar los riegos por siete días retiene 87.35%. En cuanto a los periodos de riego se concluye que se pueden prolongar los riegos a siete días al menos en la producción de plantulás de *Abies vejarii*.
- ✓ Para el caso de la germinación al utilizar dosis altas de hidrogel no se encuentran resultados favorables de germinación por lo que se concluye que el uso de dosis bajas de hidrogel favorecen a la germinación como en el T1 usado en el estudio que se obtuvo un 85.3 % de germinación.
- ✓ Los resultados de la sobrevivencia son favorables cuando se usan dosis bajas de hidrogel ya que el porcentaje de mortalidad fue bajo en comparación cuando se utilizan dosis altas, las cuales presentaron altos porcentajes de mortalidad, por lo que podemos concluir que la especie de *Abies vejarii* no requieren altos contenidos de humedad para sobrevivir, al contrario parece ser que el exceso de humedad afecta a la sobrevivencia en este estudio.
- ✓ Para el caso del desarrollo el uso del polímero muestran efectos positivos al utilizar dosis bajas de hidrogel tanto en altura como en diámetro. Concluyendo que los mejores incrementos tanto en diámetro como en altura se producen en el T1 ya que al parecer el porcentaje de retención de humedad es suficiente para su desarrollo.

VI RECOMENDACIONES

Con las conclusiones efectuadas se recomienda lo siguiente.

- ✓ Para el caso de la producción de plantas de *Abies vejarii* con la ayuda de retenedores de agua se recomienda utilizar dosis bajas de hidrogel, ya que se ve favorecido el porcentaje de germinación y así mismo utilizar el periodo de riego cada 7 días ya que no presenta efectos negativos en cuanto la sobrevivencia y desarrollo de las plantas.
- ✓ Se recomienda repetir el estudio utilizando dosis bajas de hidrogel que no superen los 18.75 gr de hidrogel que fue el mejor tratamiento de este estudio, además de probar diferentes periodos de riego.
- ✓ Utilizar la dosis de fertilizante aplicado en el experimento en la producción de plántulas en vivero, puesto que se obtienen mejores resultados en el desarrollo de plántulas de *Abies vejarii*.

VII LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. (1993). Sustratos, características y propiedades. Curso Superior de Especialización sobre: cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España.
- Ansorena, M.J: (1994).Sustratos, Propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa España.
- Aparicio, R. A., H. Cruz J., J. Alba L. 1999. 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): pp 31-36.
- Barreto N.I. 2011. Evaluación del efecto de retenedores de agua en establecimiento y crecimiento inicial de *Juniperus fláccida* Schlechtendal. Tesis de licenciatura. Chapingo, México.
- 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.
- Bugbee, G.J. and C.R. Frink. 1986. Aeration of potting media and plant growth. Soil Science 141 (6). 348-441.
- Burés, S. 1999. Introducción a los sustratos: aspectos generales. pp. 19-46.
- 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.
- Cook F.C. and S.D. Nelson.1986. Effect of polyacrylamide on seedling emergence in crust-forming soils. Soil Science. 141 (5):328-333.
- Díaz, H.D. 2009. Incremento de volumen en rodales de *Abies vejarii* Martínez en la sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura UAAAN Buenavista, saltillo, Coahuila. México.
- Domínguez, A.F.A. (1990).Nueva localidad para *Abies vejarii*. Martínez. Revista Ciencias Forestales en México. Vol. 16 Núm. 70.

- El-Sayed. H.R.C., Kirkwood and N.B. Graham. 1991. Effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. *Journal of experimental Botany*. 42 (240): 891-899.
- FAO, 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, con especial referencia a los trópicos, compilado por R.L Willan para el centro de semillas forestales de DANINA.
- Ganvade, S.A. 1979. Física de suelos, principios y aplicaciones. 1ª. Ed. Limosa, México, D.F.P. 107-135, 157-178, 181, 186.
- García, M. A. B. (1996), Algunos sustratos orgánicos, sus mezclas, caracterización y procedimientos. Tesis profesional en suelos. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- García, P.J.M. 1999. Propiedades y Característica de los Sustratos. Perlita, pp. 29-45.
- Gaytán M. D.M. 2001. Prueba de germinación de *Pinus cembroides* Zucc. En ocho sustratos diferentes. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.
- Graham, N. B; Nwachuku, N. E; D.T. Walsh. (1982). Interaction of poly (ethylene oxide) with solvents. Preparation swelling of a across-linked poly (ethylene oxide) hydrogel. *Polymer*. 23, 1345-9.
- Hartmann, H. T. 1995, Propagación de Plantas, Principios y Prácticas. Editorial CECSA, pp. 44-45, 53-54 México DF, México.
- Hartmann, H.T. y D. E. Kester. 1999. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. 3ª reimpresión, Editorial CECSA. México, pp 44.
- 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. and Veltkamp. 1985. Structure and functioning of the water-storing agricultural polyacrylamides. *J. Sci. Food Agr.*36: 789-793.

- Juan, J.V. (1996). Efecto de Dosis de Hidrogel en el Rendimiento del Cultivo de Tomate. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- 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.
- Lishtvan, I.I., A.A. Terent yev, A.J. Sorokin, A.M. Abroments, V.S. Bresgunov and A.M. Kusthnir. (1986). Change in the hydrophysical properties of pet-bog soils of the application of hydrolyzed polyacrilanitrile. Soviet Soil Science. Vol. 16 (5). 116-121.
- López M.A. 2007. Efecto de cuatro sustratos orgánicos en la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus pinceana* Gordon, bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Luthin, J.N. 1979. Drenaje de Tierras Agrícolas. Segunda Edición. Editorial Limusa, S.A. Mexico. Pág. 28-57.
- Maldonado B.R. 2010. Producción de *Pinus greggii* Engelm en mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados.
- Martínez, M. 1948. Los *Abies* mexicanos. Anales del Instituto de Biología. México. 19(1): 11 – 104.
- Meza, N.J. 1965. SEMILLAS. Manual para el análisis de su calidad. Ed. Herrera, México, D.F. 514 p.
- Mitchell, A.R. 1986. Polyacrylamide application in irrigation water to increase infiltration. 141 (5): 353-358.
- Mustafa, M.A., A.L. Omran, A.S. Shalaby and A.M. Al. Darby: 1988. Horizontal infiltration of water in soil columns as affected by a gel forming conditioner. 145 (5): 346-354.
- Narro, F.E.A. 1987. Física de suelos con enfoque agrícola. Universidad Autónoma Antonio Narro Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P. 5-13, 2-20, 5-21, 5-22.

- Peñuelas R.J.L., L. Ocaña B. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Segunda Edición. Ediciones Mundi-Prensa. 190 p.
- Posadas, S. F. 1999. Propiedades y características de los sustratos. Turba y fibra de coco, PP. 65 – 92.
- Quinn, J.J. 1990. Superabsorbents hydrogel use in landscaping turf establishment, nurseries, interior-scaping and agriculture. Proceedings of 22nd. National Agricultural Plastics Congress Montreal Quebec, Canada. P. 122-128.
- Rzedowski, J. 1978. La Vegetación de México Editorial Limusa, México. 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.
- SEMARNAT (2010). Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México. pp. 65.
- 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.
- Vega, G.J.D.1979. Curso de uso y manejo del agua. Monterrey, N.L., ITESM.
- Villareal, Q.J.A.2009. Manual de descripción botánica de gimnospermas.
- Wallace, G.P. and A. Wallace. 1986. Control of soil erosion by polymeric soil conditioners. Soil Science. 141 (5): 381-385.