

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Evaluación de Tres Dosis de Hidrogel en la Supervivencia y Desarrollo de  
*Pinus arizonica* Engelm. variedad *stormiae* Martínez Plantados Bajo  
Condiciones de Sequía Extrema

Por:

**NAZARETH PATRICIO HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación de Tres Dosis de Hidrogel en la Sobrevivencia y Desarrollo de  
*Pinus arizonica* Engelm. variedad *stormiae* Martínez Plantados Bajo  
Condiciones de Sequía Extrema

Por:

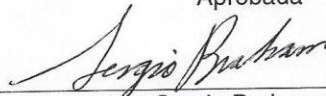
**NAZARETH PATRICIO HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada



Ing. Sergio Braham Sabag

Asesor Principal



M.C. Melchor García Valdéz

Coasesor



Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2014

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Quintila Hernández Torres y Miguel Patricio González por haberme dado la vida y brindarme todo el apoyo posible para que yo pudiera superarme profesionalmente sin importar que los abandonara y se quedaran solos; gracias por la formación que me dieron siendo una persona honorable ante la sociedad.

### **A mis hermanos:**

Profesor Alberhs, Guizet e Ing. Leet gracias por impulsarme a seguir adelante y confiar siempre en mi en todo momento, por darme consejos, por querer que fuera mejor que ustedes y porque necesite de ustedes la mayor parte de mi infancia.

### **A mis tíos y tías:**

Teófilo, Austreberta, Aurea, Nabor, Benita, Casto (+) y tía coti (+), Ana; gracias por brindarme su apoyo desde que era niño hasta mi proceso de formación profesional, por cuidarme y darme sus consejos.

### **A mis primos:**

Para no omitir nombres, quiero extenderles un agradecimiento en general para todos los mis primos y primas que han compartido parte de su vida conmigo y que también me alentaron para terminar mi carrera profesional.

### **A mis abuelos y abuelas:**

Aristeo, Anselma, José (+) y María (+) gracias por su cariño y amor.

## AGRADECIMIENTO

Resulta muy difícil agradecer aquellas personas que han apoyado durante mis estudios o en cualquier parte de mi vida, porque no alcanza el papel o la memoria, para mencionar y dar justicia con todos los créditos y meritos a quienes se merecen. Quiero agradecer a:

**A Dios:** Gracias por haberme conservado con vida y permitirme culminar una etapa más, a ti que me has cuidado hasta hoy, por ser la luz en mi camino y jamás perder la esperanza.

**A la UAAAN** por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de poder estudiar, por todas las experiencias vividas y todos los conocimientos adquiridos, a todos los maestros que me impartieron clases; por ser mi Alma Terra Mater,

**Al Ing. Sergio Braham Sabag** por brindarme todo su apoyo necesario para la realización del presente estudio, por sus sabios consejos, por su confianza y amistad y por haber estado desde el inicio hasta el final de mi tesis.

**Al M.C Melchor García Valdéz** por sus aportaciones en el presente estudio y por formar parte del comité revisor de tesis.

**Al Dr. Miguel Ángel Capo Arteaga** por su disponibilidad para formar parte de mi comité revisor de tesis, por sus consejos y sugerencias.

**Al M.C Raúl Cesar González Rivera** gracias por disponibilidad y ayudarme en lo estadístico.

**A la Familia Lechuga Santiago, a Leobardo, Isaura y Dulce** estoy muy agradecido con todos ustedes.

**A Eguiluz, Luis (Furias), Valentín, Fabián, Gregorio, José, Juan, Alfredo y Eladio** que me ayudaron en el establecimiento de mi plantación.

**A Zoila De La Cruz Ramírez (TB)** por apoyarme durante toda mi tesis, ayudándome a tomar mis datos y aplicar mis riegos, estoy eternamente agradecido y nunca podre pagarte todo lo que hiciste por mí, gracias por todo tu amor, cariño, motivación, confianza, esfuerzo; y por muchas cosas más que quisiera decirte y que no encuentro la forma de expresarlo.

**A mis compañeros de la carrera de Ingeniero forestal** pertenecientes a mi generación por el compañerismo, amistad que compartí con ustedes durante la carrera, las salidas a prácticas, los desvelos, la diversión y muchas experiencias vividas.

**A mis amigos.** A todos ustedes, que son parte fundamental y pieza importante para que este sueño se cumpliera y por mostrarme su amistad y su cariño; a Eguiluz, Aníbal, Palma, Melina, Judith, Ana Gabriela, Brianda, Pachuca, Gabriel, Rodrigo, Vicky, Saúl (Gato), Luis (Furias), Nikzayet, Cesar (Jicote), Germán (tachi), Jain, Amando, etc....

**A mis paisanos del Estado de Hidalgo** por el apoyo brindado en la realización de eventos durante mi administración como Presidente de la Mesa Directiva del Estado en la UAAAN.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Importancia del estudio .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.4 Hipótesis .....	2
1.5 Pregunta de investigación .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Antecedentes de aplicación de hidrogeles .....	4
2.2 Generalidades del hidrogel .....	6
2.2.1 Utilización del hidrogel .....	7
2.2.2 Formas de aplicación del hidrogel .....	8
2.2.3 Protección y almacenamiento .....	8
2.2.4 Efectos residuales del hidrogel .....	8
2.2.5 Ventajas al aplicar el hidrogel .....	8
2.3 Plantaciones forestales en México .....	9
2.4 Consideraciones importantes respecto a las plantaciones forestales .....	10
2.4.1 Selección de especies .....	10
2.4.2 Calidad de la planta .....	12
2.4.3 Época de plantación .....	13
2.4.4 Tamaño de las plántulas .....	13
2.5 Riegos .....	14
2.5.1 Aplicación de riegos en las plantaciones .....	14
2.5.2 Riegos de auxilio .....	15
2.6 Clasificación taxonómica de <i>Pinus arizonica</i> Engelm var. <i>stormiae</i> Martínez .....	15
2.6.1 Nombre científico .....	15

2.6.2 Descripción de la especie .....	16
2.6.3 Distribución de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. var. <i>stormiae</i> Martínez .....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 Descripción del área de estudio.....	18
3.1.1 Localización.....	18
3.1.2 Suelo .....	19
3.1.3 Clima .....	19
3.1.4 Precipitación .....	19
3.2 Procedimiento experimental.....	19
3.2.1 Obtención de la planta.....	19
3.2.2 Preparación del terreno .....	20
3.2.3 Limpia del terreno. ....	20
3.2.4 Trazado de la plantación .....	20
3.2.5 Pesado del hidrogel .....	21
3.2.6 Establecimiento de la plantación .....	21
3.2.7 Cuidados de la plantación .....	21
3.2.8 Tratamientos.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
4.1 Resultados por factores .....	26
4.1.1 Supervivencia .....	26
4.1.2 Diámetro .....	30
4.1.3 Altura .....	32
V CONCLUSIONES.....	34
VI RECOMENDACIONES.....	35
VII LITERATURA CITADA .....	36
APÉNDICE.....	42

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tratamientos aplicados para el experimento.....	22
Cuadro 2. Tratamientos y repeticiones. ....	23
Cuadro 3. Fechas de evaluación durante el experimento.....	24
Cuadro 4. Fechas de aplicación de riegos de auxilio. ....	25
Cuadro 5. Precipitaciones mensuales.....	28



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	18
Figura 2. Diseño de la plantación.....	22
Figura 3.Sobrevivencia final año del establecimiento de la plantación. ....	27
Figura 5.Incremento promedio del diámetro al año del establecimiento de la plantación. ....	30
Figura 6.Incremento promedio en altura al año del establecimiento de la plantación. ....	32

## RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres dosis de hidrogel en la sobrevivencia y desarrollo de *Pinus arizonica* Engelm. variedad *stormiae* Martínez plantados bajo condiciones de sequia extrema. El experimento fue establecido en septiembre del 2012 dentro de las instalaciones de la UAAAN Saltillo, Coahuila; el diseño de la plantación fue en marco real con espaciamiento entre planta de 2x2 metros; se utilizo un diseño experimental completamente al azar en donde se evaluaron 55 plantas, los tratamientos aplicados fueron 2.5 gr de hidrogel (T1), 5 gr (T2), 7.5 gr (T3) y el testigo (T4), para los tratamientos T1, T2, T3 se utilizaron 15 plantas por tratamiento mientras que para el testigo (T4) se utilizaron 10 plantas. Se realizaron aplicaciones de riegos de auxilio, eliminación de malezas y protección a las plantas con tubulares rígidos contra el ataque de animales.

La evaluación del estudio tuvo una duración de un año, en donde se evaluó la mortandad y el crecimiento de la planta (diámetro y altura). Se realizó un análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), donde mostró que al año de haber sido establecida la plantación no hubo diferencia significativa entre los tratamientos aplicados.

De acuerdo a los tratamiento aplicados se observo que en donde se aplicó mas hidrogel hubo mayor sobrevivencia e incremento que en los que la dosis fue menor así como en el testigo, pero no hubo diferencias significativas.

Palabras clave: Hidrogel, sobrevivencia, *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez.

## ABSTRACT

The aim of the present thesis was to evaluate the effect of three doses of hydrogel on the survival and development of *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez planted under conditions of extreme drought. The experiment was established in september 2012 within the premises of the UAAAN Saltillo, Coahuila; the design of the plantation was in framework with real plant spacing of 2x2 meters; we used an experimental design completely at random in where 55 plants were evaluated. The applied treatments were 2.5 gr of hydrogel (T1), 5 gr (T2), 7.5 gr (T3) and the control (T4), for treatments T1, T2, T3 used 15 plants per treatment while that 10 plants were used for the control (T4). Irrigation of relief, elimination of weeds and plant protection with rigid tubular against the attack of animals were carried out.

The evaluation of the study had a duration of one year, where mortality was evaluated and the growth of the plant (diameter and height). An analysis of variance using the statistical package SAS (Statistical Analysis System), showed that one year after planting was established there was no significant difference between treatments applied.

According to the results it was noted that the more hydrogel applied the higher survival and growth was recorded, but there were no significant differences.

Keywords: Hydrogel, survival, *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martinez.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Importancia del estudio

La degradación de los recursos forestales que hay en México ha ocasionado la reducción de la biodiversidad; para frenar este daño y recuperar la riqueza forestal, es necesario el establecimiento de plantaciones forestales de protección y restauración como una alternativa para recuperar los terrenos forestales incrementando así su productividad y protegerlos contra la erosión. (Villareal, 1994; Navarro et al., 2000).

Debido a que los bosques se han visto seriamente afectados por diversos factores (tala ilegal, sobreexplotación, incendios, cambio de uso del suelo o fenómenos naturales), sus impactos han traído como consecuencia un desequilibrio en el régimen hidrológico. Al romperse este, las condiciones de sequía se prolongan afectando el establecimiento en campo de cultivos agrícolas, plantaciones forestales comerciales y reforestaciones. (Niembro, 1979).

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

Una de las estrategias para aumentar el éxito de las plantaciones forestales es el empleo de hidrogel en el campo forestal, la cual aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo el desarrollo de las plantas. Al mezclar este polímero con el suelo se logra aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, y también se consigue disminuir la evaporación de la misma (Rojas *et al.*, 2006).

## 1.2 Planteamiento del problema

La aplicación del hidrogel en plantaciones de especies de coníferas no han sido estudiadas suficientemente, por lo que la información no es muy contundente en cuanto al tipo de producto, dosis óptima, rendimiento, eficiencia y otros conocimientos que son necesarios determinar para tener mayor dominio de esta técnica; la mayoría de los estudios se han realizado en algunos cultivos agrícolas donde se han obtenido buenos resultados en la retención de humedad. (Rojas et al., 2006).

En lugares donde hay baja precipitación es necesario buscar alternativas como es el caso de aplicación de hidrogel con el propósito que el suelo retenga humedad y la planta la aproveche para su crecimiento y sobrevivencia. (Sandoval, 1998).

## 1.3 Objetivos de estudio

Objetivo general:

- Contribuir al conocimiento de la aplicación del hidrogel en el área forestal.

Objetivo específico:

- Evaluar la eficiencia del hidrogel y su impacto en la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas de *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez en condiciones de sequía extrema.

## 1.4 Hipótesis

- Ho: La aplicación de hidrogel en la plantación de *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez no ayudara a que exista mayor sobrevivencia y crecimiento

- Ha: La aplicación de hidrogel en la plantación de *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez causara mayor sobrevivencia y crecimiento estadísticamente.

### 1.5 Pregunta de investigación

A 12 meses de haber sido establecida la plantación de *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez ¿Tendrá diferencia estadística significativa la aplicación de hidrogel en la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas?

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes de aplicación de hidrogeles

La retención de humedad por parte del hidrogel es benéfica, ya que en el intervalo de desarrollo de las plantas, los suelos absorben y liberan mayor cantidad de agua significando alivio energético para las plantas (Baron *et al.*, 2007). Esto permite la absorción de agua a través de las raicillas y como consecuencia las plantas logran acumular una mayor cantidad de carbohidratos (Kramer y Kozlowski, 1979), por lo que estas pueden emplear esa energía en funciones de crecimiento.

Barreto (2011) en su tesis Evaluación del efecto de retenedores de agua en el establecimiento y crecimiento inicial de *Juniperus fláccida* Schlta. *et al* en Ixcateopan, Gro, en donde utilizó 6 gramos de hidrogel, recomienda utilizar el retenedor Terra Sorb Hidrogel con diferentes cantidades de agua al momento de aplicar los riegos, ya que mostró mayor sobrevivencia y crecimiento.

Sandoval (1998) demostró que los polímeros de agua y la aplicación de los riegos de auxilio incrementan el porcentaje de germinación, así como el crecimiento y de desarrollo de *Pinus cembroides* Zucc.

Barón *et al.* (2007) estudiaron el uso de hidrogel y su efecto en las propiedades hidráulicas de suelos arcillosos para sistemas agroforestales y establecieron la opción del hidrogel como una alternativa válida para la conservación de agua en el suelo, mejorando sus propiedades de retención y liberación.

También mencionan que las condiciones donde es importante la velocidad de retención de agua y el poco tiempo de acceso a fuentes de agua, son convenientes los retenedores de este líquido. La mayor retención de agua en el suelo por el acondicionamiento con hidrogel permite sobrevivir a las especies forestales ante condiciones de sequía. El primer indicio de marchitamiento se

retrasa hasta en un 400% para especies forestales y para sequías prolongadas la cantidad de plantas marchitas desciende en un 250%.

Galetti y Esparrach (2001), evaluaron el efecto de un polímero en dos especies forestales (*Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*) bajo condiciones de estrés hídrico. Encontraron que en *Eucalyptus globulus*, no presentaron mortandad en los tratamientos con 4 y 6 g de polímero a los 100 días de plantado y 25 % con 2 g en el mismo lapso; mientras que el testigo (sin gel) comenzó a presentar síntomas de marchitez permanente a los 42 días en un 41.6 %, llegando a los 63 días con una mortandad del 100 %. Con referencia al crecimiento, fue evaluado mediante: altura total y peso seco, observándose que estos parámetros no presentan diferencias con el aumento de la dosis. En *Pinus pinaster*, no se observaron síntomas acentuados de senescencia, pero el testigo presentó una mortandad del 58,33 %, en los tratamientos con gel ésta se ubicó entre el 2.77 % y el 5.55 %.

Nissen y Ovando (1999) evaluaron el efecto de un hidrogel humectado aplicado a las raíces de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus dombeyi* durante el trasplante utilizando cinco intervalos de espera (luego de la extracción) para la plantación por especie. Concluyeron que en los tratamientos con hidrogel, *Nothofagus dombeyi* obtuvo mayores valores que en aquellos en los que no se usó el producto. Observaron que al no utilizar el hidrogel, se obtiene un porcentaje significativamente menor de sobrevivencia (66.7%), en la plantación más tardía.

Stockhausen (1994), señala que el hidrogel puede ser aplicado directamente a las raíces, para protegerlas durante el trasplante, evitando de esta manera su deshidratación. Se recomienda sumergir las raíces desnudas en gel (4 -6 g/L de agua) antes de plantar, asegurando que se adhiera una máxima cantidad de hidrogel a la raíz. Una vez realizado el trasplante, los hidrogel humectados aseguran una adecuada humedad a la planta.



## 2.2 Generalidades del hidrogel

En los últimos años se ha incrementado el interés sobre los hidrogeles que experimentan cambios de volumen, en respuesta a pequeñas variaciones en las condiciones del medio que los rodea. Esta respuesta se puede atribuir a la acción de diferentes agentes externos como: temperatura, composición del disolvente, pH, irradiación con luz a la longitud de onda adecuada, campo eléctrico, fuerza iónica, etc. Este comportamiento característico, sumado a su biocompatibilidad, biodegradabilidad, naturaleza inerte, propiedades mecánicas, resistencia química y térmica, ha abierto las puertas a una amplia variedad de aplicaciones tecnológicas en química, medicina, medio ambiente, agricultura, y en otros campos de la industria.

Así, los hidrogeles se han venido utilizando especialmente como súper absorbentes, controladores de ambiente húmedo, membranas de separación sensibles al pH, sistemas de purificación y recuperación de productos farmacéuticos, sistemas de aislamiento térmico dependientes de la temperatura, sensores, dosificadores de pesticidas y nutrientes, controladores de componentes aromatizantes y otros (Zulaga *et al.*, 2006 y Matzelle y Reichelt., 2008).

Los hidrogeles son polímeros entrecruzados, pero poseen una alta capacidad de hidratación que se manifiesta en un apreciable cambio de volumen; de allí que un parámetro característico sea su grado de hinchamiento. Los grupos hidrófilos presentes a lo largo de las cadenas del polímero, permiten la interacción de éste con las moléculas de agua del medio, formando así gran cantidad de enlaces de tipo puente de hidrógeno en toda la estructura (Martínez *et al.*, 2009).

El grado de hinchamiento ( $m$ ) del hidrogel puede ser caracterizado gravimétricamente utilizando la siguiente ecuación.

$$m = \frac{m_t - m_0}{m_0}$$

Donde  $m_t$  es la masa del hidrogel en un tiempo  $t$ , y  $m_0$  es la masa del hidrogel seco o xerogel (García *et al.*, 2005; Rojas *et al.*, 2007).

Los hidrogel (hidrorretentores o súper absorbentes) son los polímeros hidrófilos o absorbentes de agua que forman redes tridimensionales, siendo generalmente moléculas orgánicas de cadena larga y elevada masa molar unidas mediante enlaces transversales entre las cadenas. Son muy activos desde el punto de vista osmótico, por ello se dice que físicamente son especies intermedias entre el estado sólido y el estado líquido, ya que la naturaleza los hidrogeles hinchados tiene simultáneamente las propiedades cohesivas de los sólidos y las propiedades difusivas de transporte de los líquidos (Rojas *et al.*; 2004).

Para sintetizar polímeros superabsorbentes se realiza a partir de reactivos base, denominados acrilamida y ácido acrílico, que son monómeros hidrofílicos, los cuales se hacen reaccionar en diferentes proporciones, predominando la acrilamida, en presencia de un iniciador y un agente de entrecruzamiento. El iniciador permite la reacción de la acrilamida con el ácido acrílico, formando una malla con la ayuda del entrecruzador. (Venegas, 1999).

### 2.2.1 Utilización del hidrogel

Un polímero debe reunir las siguientes características (Sandoval, 1998):

1. Estabilidad: presentar resistencia a la degradación química y biológica.
2. Capacidad de almacenamiento: habilidad de almacenar agua y ponerla a disposición de la planta.
3. Durabilidad: su efectividad debe ser por varios años (4 a 5 años).

### 2.2.2 Formas de aplicación del hidrogel

Sandoval (1998) menciona las distintas formas de aplicación las cuales son:

1. Como un recubrimiento para la semilla en la germinación.
2. Añadiéndole al medio de cultivo en forma seca, expandido o hidratado.
3. Distribuido seco sobre la superficie antes de plantar o sembrar.
4. Como gel para el transporte de raíces, tubérculos y semillas.
5. En la plantación de árboles en las cuales los periodos de riego o lluvia sean prolongados.

### 2.2.3 Protección y almacenamiento

Para la protección y almacenamiento Sandoval (1998) recomienda:

1. El uso de guantes durante su manejo.
2. No se requiere de instalaciones especiales, es recomendable utilizar lugares secos y protegidos de los rayos solares para su almacenamiento.
3. Aseo con agua y jabón después del contacto con el producto.

### 2.2.4 Efectos residuales del hidrogel

Jasso y Plascencia (1992) mencionan que los retenedores (hidrogel) al ser aplicados al suelo no se consideran contaminantes al ambiente, debido a las siguientes características:

- a) Poseen un pH neutro.
- b) No es toxico, ni contamina el suelo, agua u organismos.
- c) En su descomposición no hay residuos tóxicos.
- d) No es volátil y es biodegradable.

### 2.2.5 Ventajas al aplicar el hidrogel

Trujillo (2009), menciona algunas ventajas al utilizar hidrogel en el establecimiento de plantaciones.

1. Permite un mejor crecimiento de la planta en regiones de escasa precipitación.
2. Permite el cultivo de la tierra bajo condiciones extremas de clima y suelo.
3. Provee a las plantas de un suplemento regular de humedad.
4. Reduce los ciclos de irrigación y las cantidades de agua utilizada.
5. Reduce al menos un tercio la pérdida de nutrientes en el suelo.
6. Incrementa las reservas de agua de los suelos por muchos años.
7. Mejora la ventilación de aquellos suelos compactos, dado que al hidratarse mejora la circulación de aire.
8. Mejora la retención de humedad en suelos arenosos.
9. El fertilizante está más tiempo disponible para la planta gracias al efecto retardado de liberación.
10. El precio del producto es accesible, constituyen un valor adicional a la estructura tradicional de costos de la reforestación, sin embargo por los beneficios del producto y la disminución de la tasa de mortalidad, resulta económica su aplicación, puede representar la diferencia entre el éxito o el fracaso de la plantación.

### 2.3 Plantaciones forestales en México

Las plantaciones forestales se establecen como respuesta a una necesidad, y la evaluación se convierte en estas condiciones, el sistema de medición que permite diagnosticar el grado en que se está satisfaciendo esa necesidad (Caballero y Zerecero, 1978).

Una vez que los ecosistemas forestales han sido afectados por un disturbio, al iniciar la sucesión secundaria y donde el crecimiento de los individuos deseados al inicio es lento, por la competencia que existe por dominar el sitio de las especies invasoras, se requiere una acción pronta y constante para controlar

todas aquellas especies con un potencial de dominancia mayor que la especie deseada. (Capó, 2002).

Es importante recuperar el área afectada por los disturbios naturales y antropogénicos de manera inmediata y no esperar que se haga de forma natural, porque su recuperación tardara mayor tiempo. Por lo tanto en establecimiento de plantaciones forestales es la mejor alternativa, para asegurar el éxito de estas se debe considerar los siguientes aspectos: selección de la especie, calidad de la planta e importancia de la fertilización. (Czapowskyj, 1973; capo, 2002).

Oviedo (1980), identifica y cuantifica las plantaciones forestales establecidas en la Sierra de Zapalinamé y evalúa características de crecimiento e incremento de las especies plantadas, utilizando un muestreo estratificado. En general concluye que las coníferas y en especial el *Pinus halepensis* ha manifestado tener mayores incrementos en altura y diámetro en comparación con las latifoliadas.

## 2.4 Consideraciones importantes respecto a las plantaciones forestales

### 2.4.1 Selección de especies

Una de las más importantes decisiones que hay que tomar en cuenta en la regeneración artificial, es la selección de especies por usar en cada nueva masa. La especie elegida deberá estar ante todo bien adaptada al lugar, es decir al clima, al suelo, y al ambiente biótico (Anderson, citado por Hawley y Smith, 1982).

Capó (2002), menciona que en la selección de especies se debe de considerar principalmente la tasa de crecimiento, con el propósito que el incremento sea mayor que las especies competidoras. Pero la tasa de crecimiento está influenciada fuertemente por un conjunto de características fisiológicas y morfológicas, tales como: la magnitud de la respiración de brotes y raíces, la eficiencia fotosintética, la relación entre el tejido fotosintético y tejido no

fotosintético, la eficiencia en el uso del agua, la proporción tallo y raíz, la forma y la extensión de la raíz y de la parte aérea, el patrón de ramificación, entre otras.

La selección de la especie se realiza en función del objetivo previamente establecido y del estado del terreno a repoblar, dicho proceso se lleva a cabo en tres etapas: la primera etapa es necesario considerar los factores ecológicos, fitogeográficos, climáticos, fisiográficos y edáficos; la segunda etapa se tendrá en consideración los factores biológicos que engloban: factores fitosociológicos, competencia de la vegetación actual, la posibilidad de micorrización, respuesta contra plagas y enfermedades, depredadores e influencia antropológica indirecta; en la tercera etapa se aplican criterios económicos, que influyen directamente e indirectamente como son: los costos de establecimiento, asistencia técnica y administrativas, pérdidas por agentes destructivos, el crecimiento y la utilidad, valor de los productos resultantes de la cosecha, distancia del mercado para determinados productos, estructura de la industria de la transformación de materias primas, disponibilidad de mano de obra (Capó, 2002).

Capó (2002), dice que a estas tres etapas de selección de las especies se le conoce como diagnóstico (conozca bien el sitio), el cual debe contener toda la información pertinente a los objetivos establecidos, básicamente una descripción de los factores ecológicos, económicos, sociales, legales y culturales del sitio a plantar y que afecte el resultado de la plantación

La probabilidad de supervivencia de una especie en un lugar determinado es tanto mayor, cuanto mayor sea la resistencia de las partes vitales más importantes de las plantas contra los factores ambientales, cuando mejor se recupere en los daños sufridos y cuando sea menor el peligro por excesos climáticos que se produzca regularmente. (Leacher, 1977).

#### 2.4.2 Calidad de la planta

Calidad de la planta se define como el conjunto de características morfológicas y fisiológicas de las plantas producidas por el vivero. El resultado de esto es que tienen un mejor desempeño en el sitio específico de plantación, obteniendo la máxima sobrevivencia y mejor crecimiento. (Capó, 2002)

El empleo de planta de calidad, asegura en mayor medida el éxito de las plantaciones o reforestaciones, dicha calidad viene definida a través de una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos que tratan de caracterizar a la planta en el momento de su establecimiento y que permitirán un seguimiento más controlado de su comportamiento en el campo (Pardos y Montero, 1997).

Para determinar la calidad de la planta debe considerarse un grupo de características morfológicas como son: la relación tallo-raíz, tamaño de la planta, grosor del diámetro del cuello de la planta, formación del sistema radicular, volumen de la raíz, volumen de la parte aérea y vigor de la planta. (Capó, 2002).

En los atributos fisiológicos se consideran: resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces (Prieto, *et al.*, 2009).

Como parte de la calidad de planta es importante conocer la fisiología de la misma, como el letargo y la dormancia de la planta antes de salir del vivero al sitio de plantación, dando como resultado en el sitio de crecimiento inicial de la raíz sea más rápido y también es necesario ponerlas bajo estrés para acondicionarlas o castigarlas lo que incrementara la resistencia contra la sequia que puede presentarse en el área de plantación (Capó, 2002)

La calidad de la planta no está determinada únicamente por factores morfológicos y fisiológicos sino que también se involucra el manejo que reciba en el vivero, transporte a las áreas de plantación y también la forma de

producción , ya que una planta producida en cepellón al momento de plantación toleran mejor las condiciones climáticas variables, y esto resulta favorable para que pueda existir un mayor porcentaje de sobrevivencia (77%), mientras que las plantas que se producen a raíz desnuda disminuye la sobrevivencia (70%), como el resultado de mayor estrés ocasionado por factores climáticos adversos. (Carrillo *et al.* 1998)

#### 2.4.3 Época de plantación

La plantación se realiza en la época más favorable del año y dentro de esta, escogiendo los días en que las condiciones ambientales sean mejores, considerando como tales los húmedos y los nublados. (Macías, 1951)

Goor (1984), menciona que para evitar que las plantas se sequen durante la plantación, o una vez plantadas, la operación se realizara en días húmedos, nublados o incluso ligeramente lluviosos; no se debe plantar en días cálidos o con mucho viento.

Una plantación temprana permite que las plantas aprovechen bien las lluvias subsiguientes. En las zonas de escasa precipitación pluvial, se procura plantar tan pronto como se empape el suelo (Goor, 1964). En general, la mejor época para plantar es aquella en que el suelo esta húmedo hasta cuando menos 30 cm de profundidad (Chapman y Allan, 1978).

#### 2.4.4 Tamaño de las plántulas

La altura de las plantas debe definirse en función de las características del sitio de plantación, en general se considera que en coníferas el rango debe fluctuar entre 15 y 20 cm; sin embargo, especies con crecimiento cespitoso en sus etapas iniciales de vida, como *Pinus engelmannii*, *P. devoniana* (*P. michoacana*) y *P. montezumae*, tienen menor crecimiento en altura, ya que las plantas tienden a crecer más en diámetro que en altura, por lo que la planta sale del vivero con menos de 15 cm (Prieto, *et al.*, 2009).



El diámetro del cuello de la raíz es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie (Prieto *et al.*, 2009).

## 2.5 Riegos

### 2.5.1 Aplicación de riegos en las plantaciones

Una de las principales limitantes en el establecimiento de plantaciones forestales es la humedad, recurso natural indispensable para la vida del hombre, los animales y las plantas (Potisek *et al.*, 2008).

Peñuelas y Ocaña (2000), mencionan que el agua es un factor primordial para el desarrollo de las plantas. La influencia del agua en los procesos de las plantas se refleja en los siguientes puntos:

1. El agua es el mayor componente de las plantas vivas, constituyendo entre el 80 % y el 90% de su peso seco.
2. Es el disolvente universal, siendo el vehículo de nutrientes dentro de la planta.
3. Es un reactivo bioquímico en muchos procesos de la actividad vital de las plantas, incluida la fotosíntesis.
4. Es esencial para mantener la turgencia de la planta.

La principal finalidad del riego en las plantaciones forestales es evitar que la falta de agua limite el crecimiento de los árboles (Chapman y Allan 1978). Toda plantación requiere de un volumen determinado de agua para crecer y desarrollarse, pero no toda el agua que se aplica en un riego, o que es aportada por las lluvias, es utilizada por ellos. Para lograr el máximo aprovechamiento del agua es esencial conocer algunos factores ambientales, como el suelo y el

clima donde la planta se desarrolla (Comisión Nacional de Riego y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 2011).

### 2.5.2 Riegos de auxilio

Las plantaciones en zonas áridas y semiáridas a menudo necesitan riegos de auxilio en forma periódica, sobre todo durante las primera etapa de crecimiento a fin de obtener una sobrevivencia satisfactoria (Parada, 2000).

Es conveniente realizar riegos auxiliares que permitan a la planta establecerse y evitar perder la plantación. Aunque en la mayoría de los casos el riego sale de las posibilidades, ya sea porque la disponibilidad de agua es crítica en el sitio, o porque el costo energético y económico sería muy grande. Este aspecto es una de las principales causas que evitan el éxito de la plantación o reforestación (Arriaga *et al.*, 1994).

Cuando se cuenta con la posibilidad de riego, este debe hacerse cuidando el uso del agua. Para esto se recomienda realizarlo a las horas de menor insolación, muy temprano o por la tarde, y buscando el método que cause el menor dispendio de agua. Si el terreno no es muy poroso, se puede distribuir el líquido por canales rústicos y en caso contrario, se tendrá que realizar con manguera o manualmente, utilizando cubetas o regaderas (Arriaga *et al.*, 1994).

## 2.6 Clasificación taxonómica de *Pinus arizonica* Engelm var. *stormiae* Martínez

### 2.6.1 Nombre científico

Martínez (1948), clasifica de esta manera.

Reino: Metaphyta

División: Spermatophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Pinus*.

Especie: *arizonica* Engelm.var. *stormiae* Martínez.

#### 2.6.2 Descripción de la especie

Nombre común (pino real, pino blanco) difiere en sus hojas, que son mayores (20-30 cm); en sus canales resiníferos, menos numerosos (3-8) y en sus conos, en lo general algo mayores (7-10 cm) de longitud. El árbol es generalmente de 10-20 m de altura; ramillas moreno oscuras y ásperas, en la base de las brácteas abultadas y salientes. Hojas en fascículos de tres, a veces cuatro y cinco (en los ejemplares de la Sierra de Los Patos en Coahuila) de 20 a 30 cm de largo, de color verde oscuro, triangulares cuando son cinco y carinadas cuando son tres; anchas y fuertes, tiesas y finalmente aserradas, con dientecillos casi invisibles en la costilla media. Endodermo moderadamente engrosado; hipodermo irregular, con entrantes en el clorénquima; canales resiníferos medios, en número de tres a ocho, más comúnmente tres ó cuatro; haces fibrovasculares alargados. Vainas de 13 a 20 mm, de color castaño al principio y muy oscuras o casi negras después, no resinosas. Conos ovoides, extendidos o ligeramente reflejados y algo encorvados, fuertes y pesados, persistentes, de 7.5 a 10.5 de largo de color moreno oscuro, colocados en pares o en grupos de tres o cuatro; pedúnculos de 10 mm, casi oculto en la base del cono, el cual al desprenderse deja en aquel algunas escamas basales. Escamas de 30 mm de largo por 15 de ancho, fuertes, de ápice anguloso o redondeado; quilla transversal fuerte y levantada, con apófisis prominente subpiramidal, levemente reflejada, con elevaciones de unos 6 mm; cúspide cenicienta, con espina cónica y persistente. Semilla de 6 a 7 mm, morena, con ala de 22 mm de largo por nueve a diez de ancho, con estrías longitudinales oscuras (Martínez, 1948; Perry, 1991; Farjon y Styles, 1997).

### 2.6.3 Distribución de *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez

*Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez se encuentra en Nuevo León, Coahuila y Zacatecas; como Sierra de Los Patos, Coah.; Cañón de la Peña, Los Lirios Arteaga, Coah.; Picos de Davis, Muzquiz, Coah.; Acuña y Cuatrociénegas Coah.; Las Margaritas, Zaragoza, Coah.; predio Ojo de agua, Galeana, N. L.; Las Placetas, Galeana, N. L. y en La Sierra La Marta, de Los Rayón, N. L. Se le puede encontrar en sitios similares al de la variedad arizonica, pero se encuentra generalmente en lugares más secos. Se encuentra formando masas puras, y cuando no, se encuentra mezclado con *Quercus*, *Juníperos* y *Pinus* como *P. cembroides* Zucc. y *P. pseudostrobus* Lindl. (Martínez, 1948; Capó 1972b; Perry, 1991; García y González, 1991; Farjon y Styles, 1997; Farjon *et al.*, 1997; Villarreal, 2001).

En comunicación personal con el Ing. Sergio Braham Sabag, el menciona que obtuvo semillas de esta especie procedente de la Sierra de Menchaca, perteneciente al Municipio de Cuatrociénegas, Coahuila.

En *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez su rango altitudinal generalmente es de 1500-3000 m, México: Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas suroeste y partes de San Luis Potosí ( Perry, 1991 ).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

##### 3.1.1 Localización

El área donde se realizó la plantación se localiza en Buenavista, Saltillo, Coahuila., en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se ubica en las coordenadas geográficas 25° 21' 11.56" de latitud Norte y 101° 01' 35.35" de longitud Oeste, con una altitud de 1792 m.s.n.m. (Figura 1).

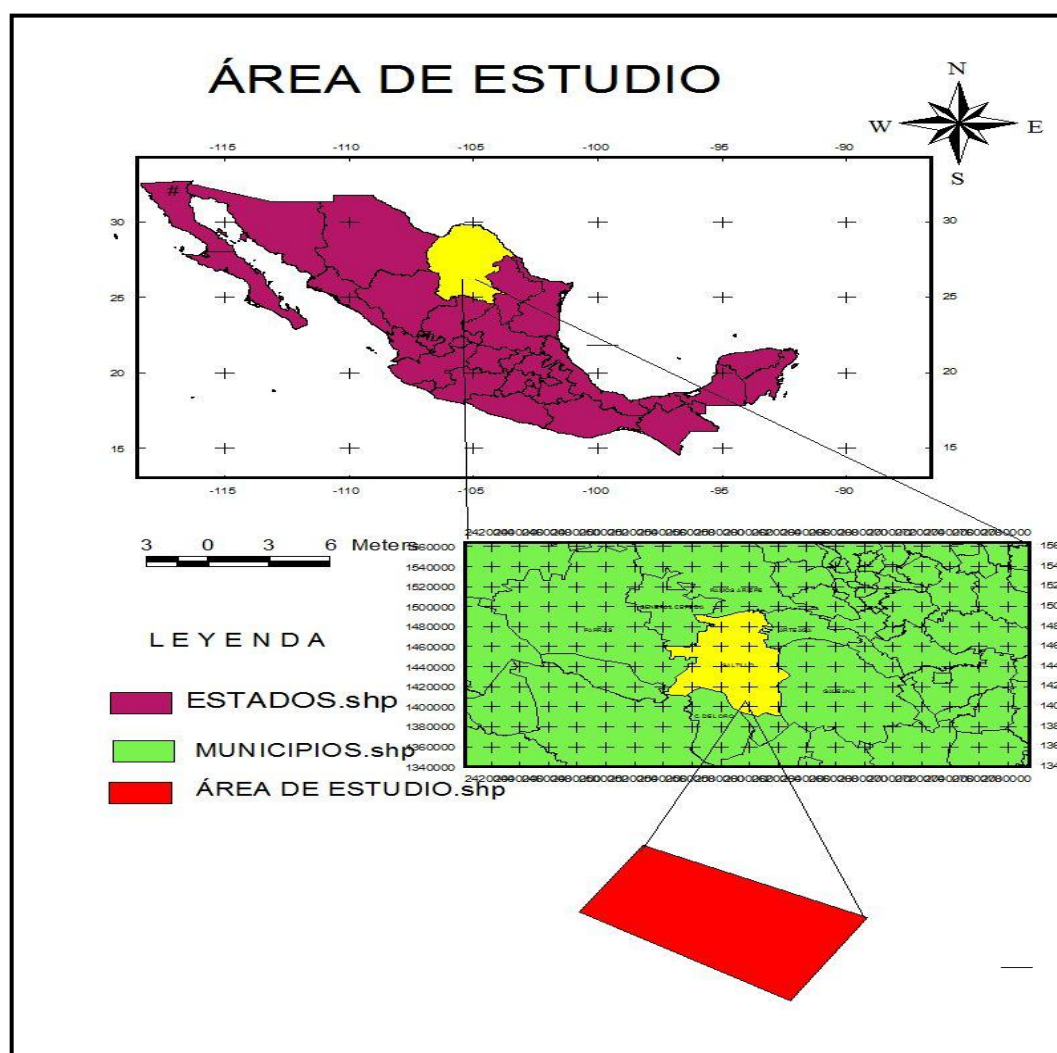


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

### 3.1.2 Suelo

Comprende un área irregular situada en un valle formado entre la Sierra de Zapalinamé y la Sierra Cuchilla de Calabacita. 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). Es de textura migajón y migajón arcillosa, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio (UAAAN, 2011).

### 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 por lo que es muy escasa, mientras que 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 Procedimiento experimental

### 3.2.1 Obtención de la planta

Se dispuso de 55 plantas las cuales fueron producidas en el sistema tradicional, en bolsas de polietileno de color negro con dimensiones de 10x 20 cm; las cuales fueron obtenidas del vivero forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro localizada en Buenavista Saltillo Coahuila, cuyas coordenadas geográficas son 25°21'12.30" latitud N y 101° 1'38.50" longitud O. Se encuentra a una altitud de 1782 m.s.n.m.

Cabe mencionar que las plantas se encontraban en malla-sombra por lo que ya estaban acondicionadas para ser plantadas.

Las plántulas se produjeron a partir de semillas colectadas en la Sierra de Menchaca del municipio de Cuatrociénagas, Coahuila. Datos proporcionados por el Ing. Sergio Braham Sabag encargado del área del vivero e invernadero del Departamento Forestal de la UAAAN.

### 3.2.2 Preparación del terreno

Uno de los trabajos importantes que se desarrolló para el establecimiento del experimento fue la preparación del terreno. Lo cual se realizó de manera semi-mecanizada (desbrozadora, excavadora, barra, etc.). El experimento se estableció en una superficie plana de de 220 m<sup>2</sup>.

### 3.2.3 Limpia del terreno.

El terreno que se utilizó para el establecimiento del experimento se encontraba cubierto por pastos altos lo que dificultaba la preparación del terreno. Los pastos se cortaron utilizando una cortadora de pastos (desbrozadora) ver apéndice 1a.

### 3.2.4 Trazado de la plantación

Una vez realizada la limpia, se procedió a trazar las líneas con ayuda de cintas métrica. El diseño de plantación que se utilizó fue de manera rectangular (marco real) y el espaciamiento entre plantas fue de 2 x 2 m. Una vez realizado el trazo de plantación se procedió a abrir las cepas de manera mecánica con un ahoyador y de manera manual con la ayuda de una barra. Las dimensiones de la cepa cilíndrica fueron de 40 cm de profundidad por 40 cm de diámetro (apéndice 1b).

### 3.2.5 Pesado del hidrogel

Se pesaron 2.5 gr, 5 gr y 7.5 gr de hidrogel con una balanza analítica para tener más precisión y estas fueron colocadas en bolsas pequeñas; en total fueron 15 dosis por cada tratamiento.

### 3.2.6 Establecimiento de la plantación

Después de preparar el terreno, se procedió a trasladar las plantas del vivero a la parcela experimental. Se realizó la plantación retirando cuidadosamente las bolsas de polietileno de las plantas, se mezcló en un recipiente el hidrogel con un poco de suelo y al colocar la planta en la cepa se le agregó la mezcla, se apisonó el suelo para evitar que quedaran bolsas de aire que pudiesen afectar el desarrollo de la raíz(apéndice 1c). La fecha de plantación fue el día 29 de septiembre del 2012.

### 3.2.7 Cuidados de la plantación

Una vez establecida la plantación se realizaron los cuidados culturales como la aplicación de riegos de auxilio, esto debido a que en la región había una sequia severa del año anterior y era muy escasa la precipitación. Se eliminó malezas alrededor de las plantas de manera manual, ya que la competencia por espacio, agua y nutrientes influye en el desarrollo de la planta. Además para proteger a las plantas de los animales silvestre se utilizó protectores tubulares rígidos durante algunas temporadas (apéndice 1d).

### 3.2.8 Tratamientos

Se establecieron cuatro tratamientos con la aplicación de hidrogel, el primero con 2.5 gr de Hidrogel, el segundo 5 gr, el tercero 7.5 gr y el cuarto fue el testigo. A todos se les aplicó riego de auxilio. (Cuadro 1).



Cuadro 1. Tratamientos aplicados para el experimento.

Tratamientos	Descripción
T1	2.5 gr. de hidrogel y aplicación de riego de auxilio.
T2	5 gr. de hidrogel y aplicación de riego de auxilio.
T3	7.5 gr. de hidrogel y aplicación de riego de auxilio.
T4 Testigo	Plantación normal sin aplicación de hidrogel y con aplicación de riegos de auxilio.

### 3.2.9 Diseño de plantación

La plantación en el terreno fue completamente al azar, por lo que los 55 brinzales con sus diferentes tratamientos quedaron dispersos en los 220 m<sup>2</sup> (Figura 2).

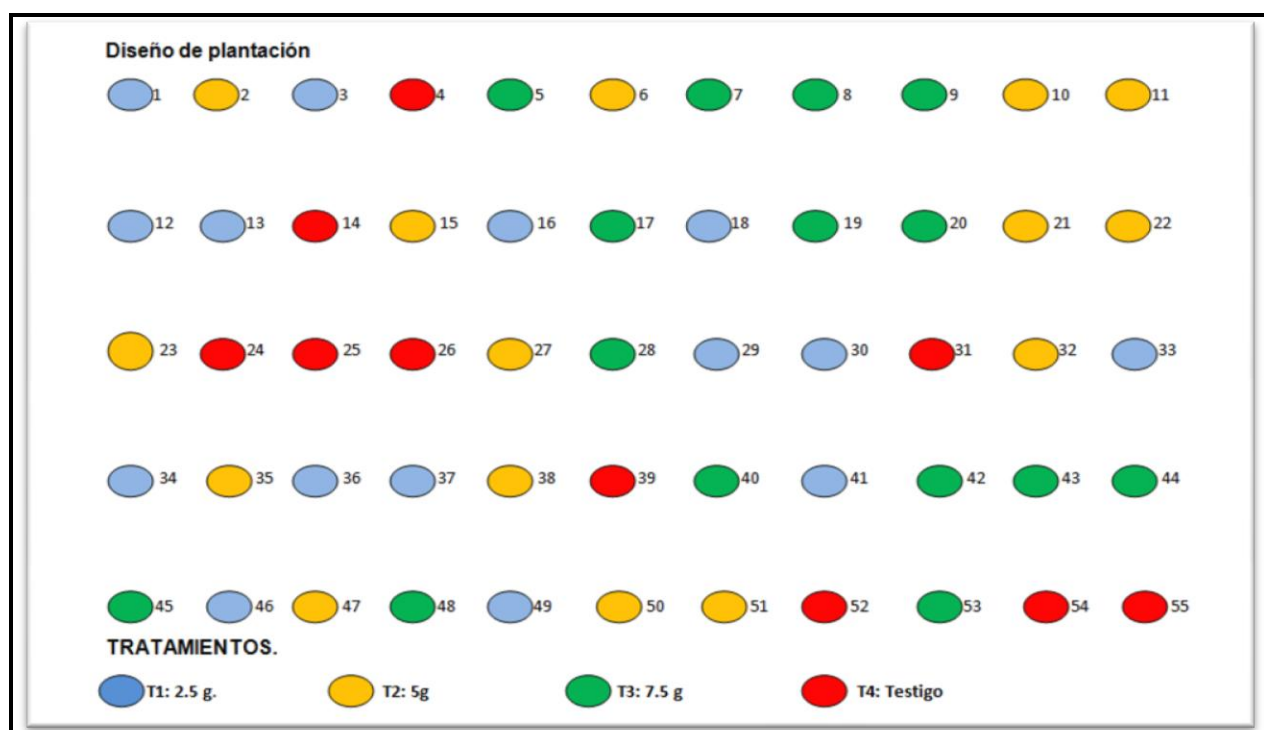


Figura 2. Diseño de la plantación.

### 3.3 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó es el completamente al azar, el total de plantas que se evaluaron en el estudio fue de 55 plantas, utilizando 15 plantas (repeticiones) en los tratamientos T1, T2, T3; mientras que para el tratamiento T4 solo se utilizó 10 plantas (repeticiones) ver cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos y repeticiones.

<b>TRATAMIENTOS</b>	T1	T2	T3	T4
<b>REPETICIONES</b>	15	15	15	10

El modelo utilizado fue el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = parámetro observado en las diferentes variables observadas.

$i = 1, 2, 3, \dots, t$  (número de tratamientos).

$j = 1, 2, 3, \dots, r$  (número de repeticiones).

$\mu$  = efecto de la media general.

$\zeta_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = Error del efecto de la  $j$ -ésima unidad experimental sujeta al  $i$ -ésimo tratamiento.

### 3.4. Medición de las variables

Las variables que se tomaron fueron:

- La sobrevivencia y mortalidad. Esto de acuerdo a las características fenotípicas de las plántulas. Se evaluó la sobrevivencia considerando las plantas iniciales y el número actual de arboles vivos. El cual se cálculo de la siguiente manera:

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

- Diámetro del cuello (mm). Se realizó con la ayuda de un vernier electrónico; se midió el cuello de la planta lo más cercano posible al ras del suelo.(apéndice 1e)
- La altura (cm). Se midió con una cinta métrica desde la base del suelo hasta en meristemo apical de la planta.(apéndice 1e)

#### 3.4.1. Fechas de evaluación y riegos de auxilio.

Las fechas en que se realizaron las evaluaciones de la plantación se muestran en el Cuadro 3, así como las aplicaciones de los riegos de auxilio (cuadro 4).

Cuadro 3. Fechas de evaluación durante el experimento.

<b>Evaluación</b>	<b>Fecha</b>	<b>No. De días desde la plantación</b>
Medición de referencia	1 de Octubre del 2012	2
Primera evaluación	17 de Diciembre del 2012	79
Segunda evaluación	17 de Febrero del 2013	141
Tercera evaluación	17 de Abril del 2013	200
Cuarta evaluación	17 de Junio del 2013	261
Quinta evaluación	17 de Agosto del 2013	322
Sexta evaluación	29 de Septiembre 2013	365

Cuadro 4. Fechas de aplicación de riegos de auxilio.

<b>FECHA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
10/11/2012	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta
26/01/2013	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta
12/04/2013	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta
01/05/2013	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta
20/08/2013	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta	5 L/planta

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados por factores

Para realizar el análisis de los datos obtenidos en campo tras las mediciones efectuadas en la plantación, se empleó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), en el cual se procesaron los datos; cabe señalar que cada uno de los arboles se tomo como una repetición.

#### 4.1.1 Sobrevivencia

Al año de haber sido establecida la plantación de acuerdo al análisis de varianza mostró que no hubo diferencia significativa en los tratamientos aplicados (apéndice 2a).

El porcentaje de sobrevivencia que se obtuvo de manera general a un año de establecida la plantación fue de 43.33%, lo que resulta una baja sobrevivencia de las plantas.

Para el tratamiento uno (T1) mostró una sobrevivencia final del 40 %; para el segundo tratamiento (T2) también alcanzó el 40%; mientras que el tratamiento tres (T3) obtuvo el 53.33% y finalmente el tratamiento cuatro (T4) se mantuvo en el 40 % de sobrevivencia (ver figura 3).

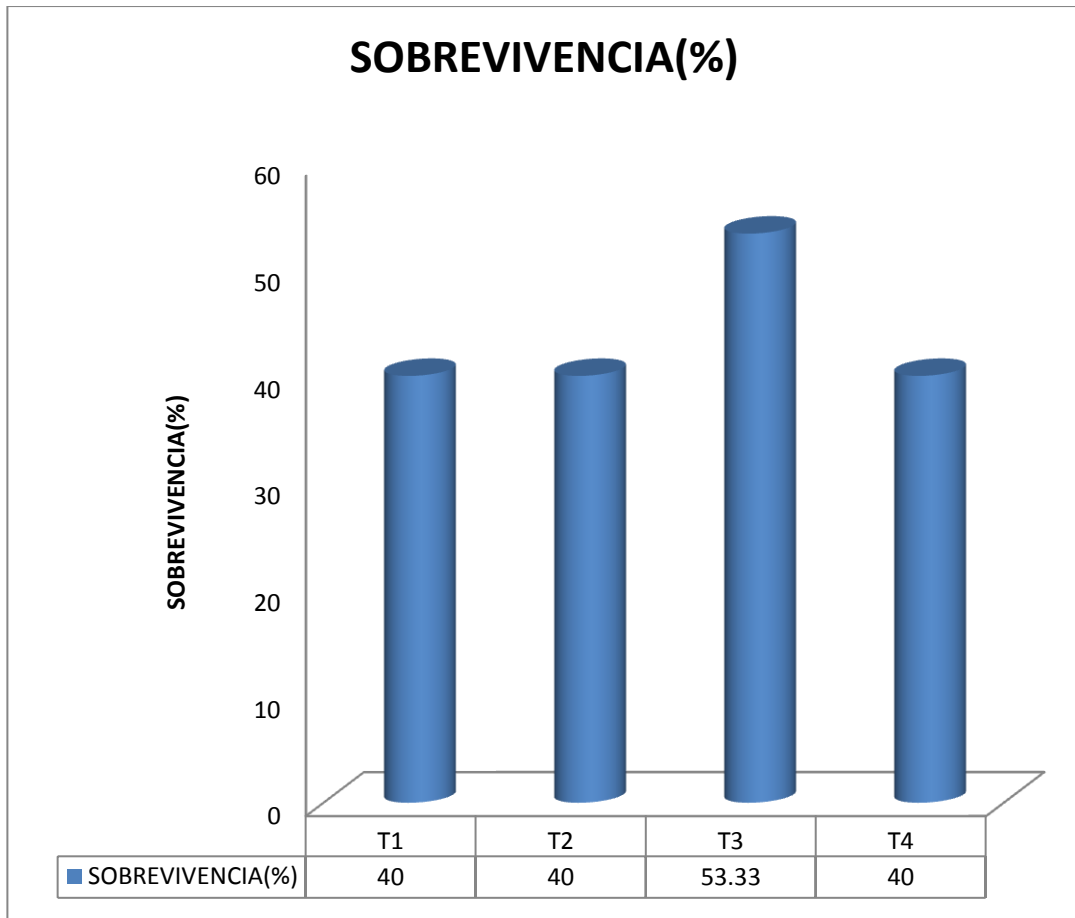


Figura 3.Sobrevivencia final año del establecimiento de la plantación.

La falta de humedad en el suelo reduce drásticamente la sobrevivencia de las plantas como se puede observar en la siguiente grafica; a inicio de la temporada de sequia se ve como las plantas donde no se aplicó hidrogel son las primeras en presentar mortandad, siguiéndole las plantas en donde se aplicó menos hidrogel (figura 4), así como las bajas temperaturas que también son causantes de la mortandad.

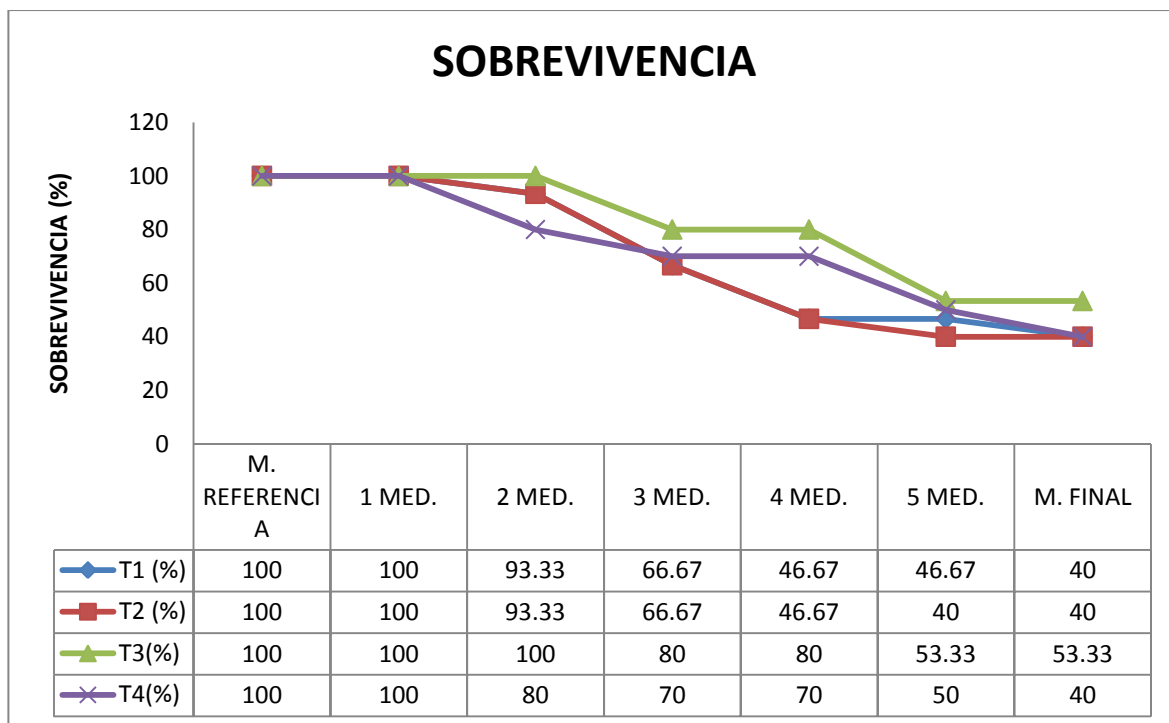


Figura 4 .Sobrevivencia en las diferentes evaluaciones de la plantación.

De acuerdo a los datos el tratamiento tres en donde se aplico 7.5 gramos de hidrogel se muestra una supervivencia mayor que los demás tratamientos. La mortandad se debió principalmente a la escasez de la precipitación durante la evaluación y del año anterior de haberse realizado la plantación (ver cuadro 5). Durante el año de la evaluación de la plantación solamente hubo una precipitación registrada de 254.9 mm.

Cuadro 5.Precipitaciones mensuales.

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2011	0	0	0	0	0	3.4	0	18.4	3.3	5.3	0	26	56.2
2012	0	25.8	0	2.5	7	15.8	0	35	84.9	14.5	2	0	187.5
2013	0	0	0	0	49.5	51.9	0	0	137	SD	SD	SD	239.7

Fuente: Estación meteorológica Buenavista UAAAN. (SD=Sin datos)

Barreto (2011) en su evaluación del efecto de retenedores de agua en el establecimiento y crecimiento inicial de *Juniperus fláccida* Schlta. et al en Ixcateopan, Gro., en donde aplico 6 gr con diferentes tipos de retenedores, al año de haber sido establecida la plantación obtuvo una sobrevivencia general de 98.25 % de plantas vivas; mientras que en el presente estudio solo se alcanzo una sobrevivencia general de 43.33%, que resulta muy bajo.



#### 4.1.2 Diámetro

Al año de haber establecida la plantación la variable diámetro de acuerdo al análisis de varianza donde  $P > 0.2688$  mostró que no hubo diferencia significativa en los cuatro tratamientos aplicados (apéndice 2b).

De acuerdo a las plantas que se reportaron como vivos al año de haber establecida la plantación, en el tratamiento 1 en donde se aplicó 2.5 gramos de hidrogel, se encontró que hubo un incremento promedio en diámetro de 2.350 mm. En el tratamiento 2 donde se aplicó una cantidad de 5 gramos de hidrogel se notó un incremento promedio en diámetro de 2.317 mm. Para el tratamiento 3 donde se aplicó una cantidad de 7.5 gramos de hidrogel, se encontró un incremento promedio en diámetro de 2.738 mm. Para el testigo que es el tratamiento 4, de acuerdo a las plantas vivas al año de la plantación mostró un incremento promedio de 2.525 mm (Figura 5).

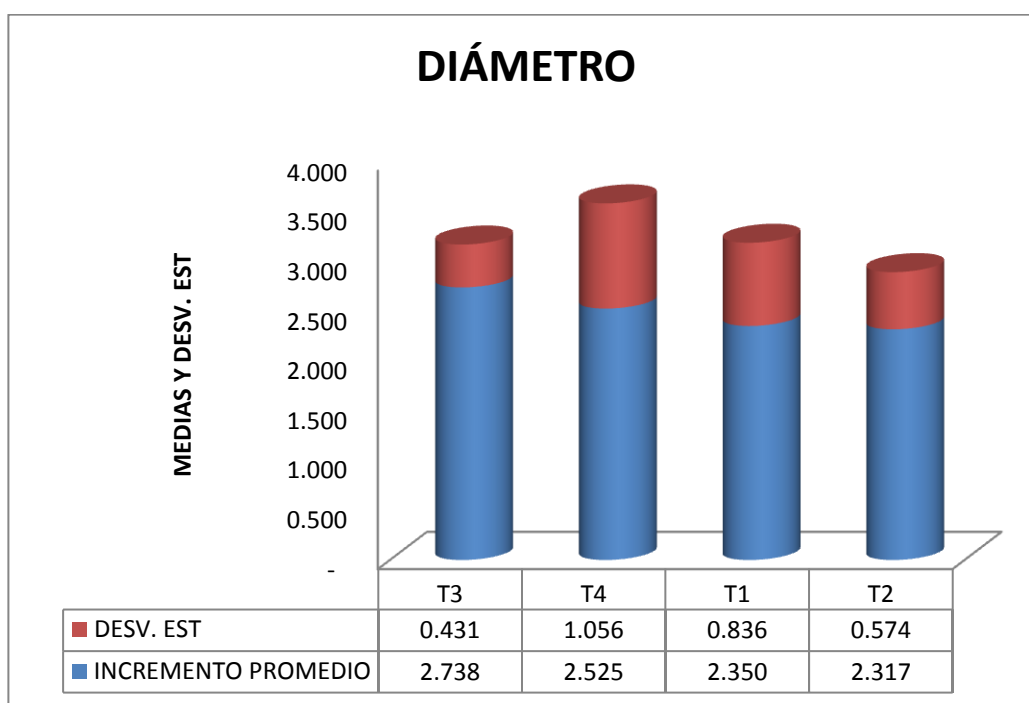


Figura 5. Incremento promedio del diámetro al año del establecimiento de la plantación.

De acuerdo a los diámetros promedios obtenidos en los diferentes tratamientos, notamos que el tratamiento 3 en donde se aplicó 7.5 gramos de hidrogel

alcanzo mayor incremento, mientras que el tratamiento 2 en donde se aplicó 5 gramos de hidrogel mostro menos incremento en diámetro que los demás tratamientos aplicados.

Los incrementos obtenidos en los tratamientos van desde 2.31 mm a 2.73 mm; Barreto (2011) obtuvo en sus diferentes tratamiento aplicados con retenedores de agua un incremento que van de 2.4 mm a 3.1 mm de diámetro; de acuerdo a esto podemos observar que los incrementos son parecidos al año del establecimiento de la plantación.

### 4.1.3 Altura

En la última evaluación que corresponde al año de haber establecida la plantación, no se encontró alguna diferencia significativa en la variable altura en ninguno de los cuatro tratamientos aplicados por lo que  $P > 0.7884$  (apéndice 2c).

En cuanto al incremento promedio en altura que mostró el tratamiento 1 al año de haberse establecido la plantación fue de 7.933 cm. En el tratamiento 2 en donde se aplicó 5 gramos de hidrogel produjo un incremento promedio en altura de 6.13 cm de todas las plantas vivas al año de haberse realizado la plantación. Mientras tanto en el tratamiento 3 en donde se aplicó una cantidad de 7.5 gramos de hidrogel se encontró que hubo un incremento promedio de 8.038 cm. Para el testigo que es el tratamiento 4, manifestó un incremento promedio de 7.82 cm al año de haberse establecida la plantación, esto de las plantas sobrevivientes. (Figura 6)

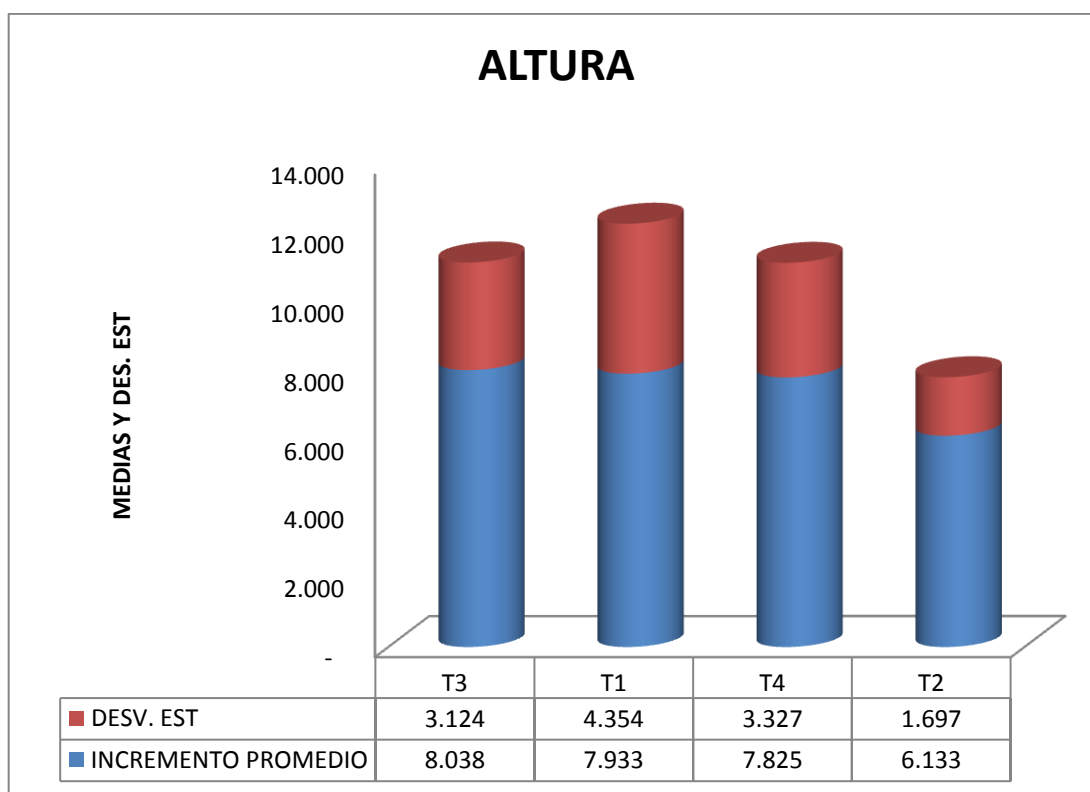


Figura 6. Incremento promedio en altura al año del establecimiento de la plantación.

Los promedios obtenidos de los incrementos en altura, muestra que con la aplicación de 7.5 de hidrogel (tratamiento 3) hubo mayor incremento; mientras que el que obtuvo menor incremento fue el tratamiento 2 donde se aplicó 5 gramos de hidrogel.

El poco incremento en diámetro y altura del tratamiento 2 pudo haber sido por el ataque de los logomorfos (liebres) que atacaron más a este tratamiento, limitando así su crecimiento, esto de acuerdo a las observaciones tomadas en campo; además de que la distribución al azar que se hizo muestra que las plantas que corresponden a este tratamiento se encuentran en las esquinas, por donde fue el acceso de las liebres.

Comparando los resultados con los obtenidos por Barreto (2011) en su evaluación del efecto de retenedores de agua en el establecimiento y crecimiento inicial de *Juniperus fláccida* Schltal. et al en Ixcateopan, Gro., donde al año haber establecida la plantación obtuvo un incremento en altura que va desde los 6 cm a 10.1 cm; mientras que en el presente estudio se obtuvo un incremento en un rango de 6.133 cm a 8.038 cm de incremento en altura.

## V CONCLUSIONES

1. La aplicación del hidrogel con la ayuda de algunos riegos de auxilio, estadísticamente no presentó diferencias significativas en la sobrevivencia y desarrollo en el establecimiento de la plantación de *Pinus arizonica* Engelm var. *stormiae* Martínez, durante el primer año en el campo.
2. El uso del hidrogel con la ayuda de riegos de auxilio aunque estadísticamente no mostró diferencia significativas, resultó que hubo mayor sobrevivencia con la aplicación de la mayor cantidad de hidrogel (7.5 gramos).
3. Aunque no hubo diferencia significativa con la variable diámetro, mostró que con la aplicación de 7.5 gramos de hidrogel tubo un incremento promedio de 2.73 mm que fue mayor que los demás tratamientos.
4. Con la aplicación del hidrogel aunque no hubo estadísticamente diferencias significativas, resultó que con la aplicación de 7.5 gramos de hidrogel se obtuvo un mejor incremento promedio en altura de 7.82 cm que los demás tratamientos.

## VI RECOMENDACIONES

1. Continuar realizando pruebas con la aplicación de hidrogel en diferentes especies de climas semiáridos, dosis y aumentar el tiempo de evaluación durante un año más.
2. Hacer otra prueba con hidrogel, siendo más estricto en la selección de las plántulas en relación a su calidad.
3. Aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas, se recomienda en plantaciones con esta especie, aplicar 7.5 gramos de hidrogel a cada planta; esto de acuerdo a los resultados obtenidos ya que mostró más sobrevivencia y desarrollo.

## VII LITERATURA CITADA

- Arriaga, M. V.; V. Cervantes G. y A. Vargas M. 1994. Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. Primera Edición. Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL. México, D.F. 186 pp.
- Barón, C. A.; I. Barrera R.; L. Boada E. y G. Rodríguez N. 2007. Evaluación de hidrogeles para aplicaciones forestales. Revista: Ingeniería e Investigación 27(3). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp. 35-44.
- Barreto, N. I. 2011. Evaluación del efecto de retenedores de agua en el establecimiento y crecimiento inicial de *Juniperus fláccida* Schelechtendal en Ixcateopan, Gro. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de Mexico. 55 p.
- Braham, S.S. 2012. Comunicación personal sobre la distribución de la especie de *Pinus arizonica Engelm. var. stormiae* Martínez. UAAAN, Saltillo Coahuila.
- Caballero D., M y G. Zerecero L. 1978. Necesidad de investigación sobre plantaciones forestales con especial interés en su evaluación. Memoria de Primera Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. S.A.R.H, D.G.I.C.F., Publ. Esp.No. 33. México. pp 73-78.
- Capó A., M.A. 2002. Establecimiento de plantaciones forestales: los ingredientes del éxito. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 207 pp.
- Capó A., M. A. 1972b. Notas para la colecta de coníferas en Nuevo León. Bosques. 9(4):30-36.

- Carrillo, F.A., M. Musalem., A. Muñoz. Y C.Mendoza. 1998. Influencia de la época, edad de la planta y sistema de plantación en la sobrevivencia de plantas de *Pinus montezumae* Lamb. *Agrociencia* 72:41-54
- Chapman, G.W y Allan T.G. 1978. Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales.FAO, Roma, Italia. 206 pp.
- CNR; IIA. 2011. Relaciones hídricas suelo-agua-planta. Comisión Nacional de Riego y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Huasco, Chile. 60 p.(Disponible:<http://www.fertilizando.com/articulos/CursoFertirrigacion2003/RelacionesSueloPlantaAgua.pdf>. Consultada el 23 de Enero de 2014).
- Cuevas, R. R.; P. De La Garza L. y F. Nepamuceno M. 1992. Estudio comparativo de la sequia en procedencia de *Pinus greggi* E. En: Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. SARH. Publicación Especial #1. INIFAP, Campo Experimental Coyoacán. pp. 225–236.
- Czapowskyj, M.M. 1973. Establishing forest on surface-mined land as related to fertility and fertilization. In: Forest Fertilization Symposium Proceeding. USDA. Forest Service General Technical Report NE-3. USA.pp. 132-139.
- Estación meteorológica Buenavista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Farjon, A. y B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). *Flora Neotropica Monograph* 75. New York Botanic Garden. Bronx, New York. 291 p.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa y B. T. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America. The Royal Botanic Gardens, Kew. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. pp. 14-129.
- Galleti M. A. y A. Esparrach C. 2001. Evaluación del polímero sintético Qemisoyl en plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster*. Universidad Buenos Aires, Argentina. 10 p.



- García, D.; Escobar, J.; Bada, N. y Casquero, J. 2005. Estudio de la transición crítica a temperaturas bajas en hidrogeles termosensibles. Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones, XXVI (1): 42-45.
- García A. A. y S. González. E. 1991. Flora y vegetación de la cima del cerro Potosí, Nuevo León, México. Acta Botánica Mexicana. 13: 53-74.
- González H., G. 1978. Evaluación del crecimiento en las plantaciones forestales de la cuenca de Coitzio. Tesis profesional. U.A.Ch., Chapingo, México.
- Goor, A., Y. 1964. Métodos de plantación en zonas áridas. F.A.O. Cuadernos de Fomento Forestal No. 16. Roma, Italia. 265 p.
- Hawley, R.C y D.M. Smith 1982. Silvicultura practica. Segunda Edición. Editorial Omega, Barcelona, España. 544 pp.
- INEGI, (2011). Prospectiva estadística Coahuila de Zaragoza.
- Jasso, P. J. y O. Plascencia. (1992) Poliacrilamida In: cursos nutrición II. Colegio de Posgraduados. Texcoco, Estado de México. 21 p.
- Kramer, J. P. y T. T Kozlowski. 1979. Physiology of woody plants. Ed. Academic Press. USA. 811 pp.
- 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.
- Learcher. L. 1977. Ecofisiología Vegetal. Ediciones Omega. Barcelona España. 305 p.
- Macías A, L. 1951. reforestacion teórica y práctica, S.A.G. Editorial Cultural. T.G.S.A. México. 330 p.
- Martínez, M. M. 1948. Los pinos Mexicanos. 2ª. Edición. Ed. Botas. México 296 p.

- Martínez R, A.; Sánchez, J.; Becerra, F.; Cruz, L. y González, A. 2009. Swelling characterization and drug delivery kinetics of polyacrylamide-co-itaconic acid/chitosan hydrogels. *express Polymer Letters*, 3: 25-32.
- Matzelle, T. y Reichelt, R. 2008. Review: hydro-, micro- and nanogels studied by complementary measurements based on sem and sfm. *Acta Microscopica*, 17: 4561.
- Navarro M., J., A. Vela L., J. Muñoz E., F. Ibarra S. y D. Ayerde L. 2000. Establecimiento y manejo de plantaciones bajo sistemas de agroforestales en el estado de Guerrero. In: I congreso nacional de reforestación. Resúmenes de ponencias. SEMARNAT-PRONARE.CP. Montecillo, Estado de México. P. s/n.
- Niembro, R. A. 1979. Semillas forestales. Departamento de Bosques, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 137 p.
- Nissen, M. J. y C. Ovando R. 1999. Efecto de un hidrogel humectado aplicado a las raíces de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. durante su trasplante. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 13 p.
- Oviedo R., J.L 1980. Inventario de alternativas de transformación de especies forestales en la Sierra de Zapalinamé. Tesis Profesional. U.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. 88 pp.
- Parada, S. B. 2000. Las plantaciones forestales comerciales de teca (*Tectona grandis* L.f.), una alternativa de desarrollo para la región costera de Estado de Nayarit. Tesis de Maestría. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 113 p.
- Pardos, M. y Montero G. 1997. Ensayo de diferentes técnicas de cultivo de plantas de Alcornoque en vivero y su seguimiento en campo. S.E.C.F. No 4. Madrid. España. pp. 93-101.
- Perry, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Ed. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.

- Peñuelas, R., J.L y L. Ocaña B. 2000. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España. 190 p.
- Prieto, R. J. A.; García R. J. L.; Mejía B. J. M.; Huchín A. S. y Aguilar V. J. L. 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 48 p.
- Rojas, B.; Aguilera, R.; Prin, J.; Cequea, H.; Cumana, J.; Rosales, E y Ramírez, M.2004. Estudio de la germinación de semillas de tomate en suelos áridos extraídos de la Península de Araya (Venezuela) al utilizar polímeros de tipo hidrogeles. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5: 17-27.
- Rojas, G. B.; M. Ramírez; R. Aguilera; J.L. Prin y C. Torres. 2006. Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. En *Revista Iberoamericana de Polímeros* 7(3). Venezuela, Venezuela. pp. 199-210.
- Rojas, G. B.; Ramírez, M.; Aguilera, R.; García, A.; Prin, J.; Lias, J.; Torres, C. y Katime, I. 2007. Hidrogeles obtenidos a partir de acrilamida, ácido maleico y monoitaconato de octilo: síntesis, capacidad absorbente y variaciones de pH en soluciones de sulfato de cobre. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, 30: 74-84.
- Potisek, T. M.; V. U. Figueroa; I. R. Jasso. 2008. Manual de aprovechamiento de biosólidos en suelos agrícolas y forestales. Libro Técnico #2. INIFAP. 139 p.
- Sandoval, M. C.1998. Sustratos y polímeros en la producción de planta de *Pinus cembroides* Zucc. Bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 56 p.

SMN, normales climatológicas (1971-2000), Estación: 00005048, Saltillo, México.

(Disponible:<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/coah/NORMAL05048.TXT>. Consultada el: 22 de Enero de 2014).

Stockhausen. 1994. Rentabilizar las reservas de agua con Stockosorb. Folleto técnico. Chemische Fabrik Stockhausen GmbH. Stockhausen, Alemania. 6p.

Trujillo, E. 2009. Plantines y retenedores de agua. Edición Especial. Revista El Semillero. pp. 25-27. (Disponible: <http://www.revista mm.com/rev50/forestal1.pdf>. Consultada el: 15 de Enero de 2014).

UAAAN. 2011. Campos experimentales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dirección de investigación. Subdirección de operación de proyectos.p.20.(Disponible:[http://www.uaaan.mx/investigacion/comeaa/Campos\\_Experimentales\\_2011.pdf](http://www.uaaan.mx/investigacion/comeaa/Campos_Experimentales_2011.pdf). Consultada el:11 de abril de 2014).

Venegas V., J. 1999. Relación suelo-agua-polímeros superabsorbentes. Universidad de Concepción, Chillán, Chile. 63p.

Villareal C., R. 1994. Obtención y manejo de germoplasma forestal para la producción de planta. In: IV reunión nacional sobre plantaciones forestales, Resúmenes de ponencia. SARH. México ,D.F. p.6

Villarreal Q., J. A. 2001. Listados florísticos de México-XXIII, Flora de Coahuila. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 138 p.

Zulaga F.; Valderruten, N. y Muñoz, F. 2006. Síntesis y estudio de hidrogeles de acrilamida metacrílico y su aplicación en la liberación de fármacos. El hombre y la maquina, 27: 100-107.

## APÉNDICE



Apéndice 1a. Limpia del terreno con ayuda de una desbrozadora.



Apendice 1b. Apertura de cepas de manera mecánica con un ahoyador.



Apéndice 1c. Establecimiento de la plantación. Mezcla de hidrogel con suelo (A); apisonamiento del suelo (B).



Apéndice 1d. Cuidados de la plantación. Aplicación de riegos de auxilio (A) y utilización de protectores tubulares rígidos (B).



Apéndice 1e. Medición de las variables. Medición del diámetro de cuello lo más cercano al ras del suelo(A) y medición de altura desde la base del suelo hasta el meristemo apical de la planta (B).



Apéndice 2a.- Análisis de varianza para la sobrevivencia al año de haber establecido la plantación.

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Modelo</b>	3	660.4547	220.1516	0.39	0.7645
<b>Error</b>	20	11416.27	570.8133		
<b>Error correcto</b>	23	12076.72			
	R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos	
	0.054688	34.61165	23.8917	69.02792	

Simbología: F.V= fuente de variación, GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados, CM= cuadrados medios, F=valor de F, Pr>F=F calculada.

Apéndice 2b.- Análisis de varianza para la variable diámetro al año de haber establecido la plantación.

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Modelo</b>	3	12.69291667	4.23097222	1.41	0.2688
<b>Error</b>	20	59.96041667	2.99802083		
<b>Error correcto</b>	23	72.65333333			
	R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos	
	0.174705	12.84163	1.731479	13.48333	

Simbología: F.V= fuente de variación, GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados, CM= cuadrados medios, F=valor de F, Pr>F=F calculada.

Apéndice 2c.- Análisis de varianza para la variable altura al año de haber establecido la plantación.

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Modelo</b>	3	59.163333	19.721111	0.35	0.7884
<b>Error</b>	20	1,121.770000	56.0885		
<b>Error correcto</b>	23	1180.933333			
	R-cuadrada	C.V	Raíz CME	Media de tratamientos	
	0.050099	17.73297	7.489226	42.23333	

Simbología: F.V= fuente de variación, GL= grados de libertad, SC= suma de cuadrados, CM= cuadrados medios, F=valor de F, Pr>F=F calculada.