



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Agronomía y Veterinaria

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo”

**Evaluación de polímero hidratante en la implantación de *Pinus elliottii* en condiciones de
secano en las sierras de Calamuchita**

Andrés Jesús MARRA

DNI: 32.680.117

Director: Ing. Ftal. Marcela DEMAESTRI

Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Marzo 2011

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Río Cuarto por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A la Ingeniera Forestal Marcela Demaestri de la Universidad Nacional De Rio Cuarto, por su apoyo e incentivo para la realización de este trabajo.

A mi familia por darme la posibilidad de formarme profesionalmente, y por el apoyo brindado durante mi carrera.

A Virginia por su ayuda en el proceso de armado de este trabajo.

A Alejandro, Andrés y Mario, por ayudar a realizar la preparación del ensayo.

A Emanuel y Santiago por ayudarme en la toma de datos.

A mis compañeros y amigos, Diego, Darío, Franco, Leo, Emanuel y Wilfredo, por su compañía y por acompañarme a lo largo de la carrera.

INDICE

Índice General.....	IV
Índice de figuras.....	V
Índice de cuadros.....	VI
Resumen.....	VII
Summary.....	VIII
1- Introducción.....	1
2- Antecedentes.....	2
3- Hipótesis.....	7
4- Objetivos	
a. Objetivos generales.....	7
b. Objetivos específicos.....	7
5- Materiales y Métodos.....	8
6- Resultados y discusión.....	15
a. Supervivencia.....	15
b. Altura.....	16
c. Diámetro.....	18
7- Conclusiones.....	20
8- Bibliografía.....	21
9- Anexo.....	24

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del ensayo.....	8
Figura 2: Método de aplicación de gel.....	10
Figura 3: Finalización del proceso de plantado.....	11
Figura 4: Plano de diseño a campo.....	13
Figura 5: Número de plantas vivas en cada tratamiento.....	15
Figura 6: Incremento de altura de plantas en función del tiempo.....	16
Figura 7: Incremento mensual de la altura de las plantas.....	18
Figura 8: Incremento mensual del diámetro de las plantas	19
Figura 9: Registros pluviométricos en el periodo de plantación y distribución normal de las mismas.....	24
Figura 10: Sitio de plantación previo a la preparación del terreno.....	25

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Prueba de Duncan para la variable sobrevivencia de plantas de pinos para los 4 tratamientos.....	14
Cuadro 2. Prueba de Duncan para la variable altura de plantas de pinos para los 4 tratamientos.....	16
Cuadro 3 Ajustes lineales del incremento de la altura de las plantas.....	17
Cuadro 4. Prueba de Duncan para la variable diámetro de plantas de pinos para los 4 tratamientos.....	18
Cuadro 5: Datos pluviométricos del sitio de plantación.....	24

RESUMEN

En zonas forestales del Valle de Calamuchita se presentan, por lo general, condiciones ambientales desfavorables para las plantaciones forestales. Actualmente se presentan nuevas tecnologías como el uso de geles hidratantes para ampliar el periodo de plantación y favorecer un mejor establecimiento de nuevas plantaciones. La finalidad de este trabajo fue evaluar la efectividad de un polímero hidratante y evaluar el comportamiento en una plantación de *Pinus elliottii* en las sierras de Calamuchita. El ensayo se llevo a cabo en una plantación de *Pinus elliottii* realizada en condiciones de secano en la que se aplicaron diferentes dosis de un gel hidratante en dosis de 0 grs (T1), 2 grs (T2), 4 grs (T3) y 6 grs (T4) por planta, en un diseño completamente aleatorizado. Por el término de un año, se registró mensualmente sobre las plantas, sobrevivencia, altura total y diámetro de cuello. Los datos fueron sometidos al test de análisis de varianzas y al test de comparación de medias con la prueba de Duncan ($p=0.05$). Al analizar sobrevivencia, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en T4 con respecto a los demás tratamientos a partir de los 240 días post-plantación, obteniendo porcentajes de sobrevivencia del 65%, 63% 56% y 84% para T1, T2, T3 Y T4 respectivamente. En cuanto a la altura, se mantiene misma tendencia donde T4 mostró mayor crecimiento a partir de los 150 días post-plantación diferenciándose de los demás tratamientos, con crecimientos totales promedios de 6.7, 6.5, 6,3 y 13,7 cm, para los tratamientos T1, T2, T3 Y T4 respectivamente. Con respecto a diámetro, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los testigos.

Palabras claves: *Pinus elliotti*, Hidrogel, Implantación, Sobrevivencia, Forestación

SUMMARY

In forest areas on the Calamuchita valley generally presents unfavorable environmental conditions for forest plantations. In the present, there are new technologies such as the use of hydrating gels to extend the planting window and promote a better establishment of new plantations. The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of a moisturizing polymer and evaluate the behavior of a plantation of *Pinus elliottii* in the mountains of Calamuchita. The test was carried out on a new plantation of *Pinus elliottii* under rainfed conditions in which different doses of a moisturizing gel was applied at 0 g (T1), 2 g (T2), 4 g (T3) and 6 g (T4) per plant in a completely randomized design. For a period of one year, survival, total height and diameter of each month for planting was recorded. The data were subjected to analysis of variance test and the test of comparison of means with Duncan test ($p = 0.05$). When analyzing survival, there are statistically significant differences in T4 compared to other treatments from the 240 days after planting, obtaining survivals of 65%, 63% 56% and 84% for T1, T2, T3 and T4, respectively. Regarding height, T4 registered higher growth from 150 days post-planting differing from the other treatments, with average total growth of 6.7, 6.5, 6.3 and 13.7 cm for treatments T1, T2, T3 and T4 respectively. When analyzing diameter logs, no statistically significant differences were found.

Key words: *Pinus elliottii*, Hydrogel, Implantation, Survival, Forestry

INTRODUCCION

En el Valle de Calamuchita, Córdoba, la actividad forestal está relacionada con plantaciones de Coníferas especialmente de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*, ocupando una superficie de 32.609 ha (Cendoya, 2008, comunicación personal)¹.

En este valle se han establecido varios núcleos importantes de forestaciones, que en 1983-84 se calculaban equivalentes a 45.000 ha; casi todos integrados por especies de *Pinus*, inicialmente de *Pinus radiata* hasta que los devastadores ataques de la oruga del brote (*Evetria buoliana*) y del hongo “banda roja” (*Dothistroma pini*) obligó a sustituir su uso en nuevas plantaciones desde 1970 por *P. elliottii* y *P. taeda*, que ahora integran más del 80% de los planes de forestación regional (Cozzo, 1995a). Una de las consecuencias de la ampliación de la frontera agrícola, fue la búsqueda de nuevas áreas forestales, con menores condiciones para el crecimiento de las diferentes especies, por lo que se deben brindar las mejores condiciones durante la implantación para garantizar el éxito de las nuevas plantaciones.

La plantación es una de las tareas más importantes que implica altas inversiones para el establecimiento de un bosque. El éxito de un turno completo a menudo está determinado por las decisiones tomadas en el momento de la plantación. Los errores cometidos, aumentan generalmente la cantidad de tratamientos posteriores y puede ocurrir que éstos no puedan ser corregidos completamente durante el ciclo (Hawley y Smith, 1982).

En la zona serrana, los plantines con pan de tierra, en envases de plástico, con 13-18 meses de crianza en vivero, son llevados a campo coincidiendo con el periodo de las lluvias; la plantación consiste en realizar hoyos con barreta, lucha contra las hormigas y no se realizan riegos de asiento (Cozzo, 1995b).

En regiones que no son estrictamente de regadío, el suministro de agua a las plantaciones forestales, no es habitual. Esto solamente ocurre por razones ajenas a la verdadera planificación, cuando las labores de plantación no se ajustan a las épocas de lluvias o si sobreviene una sequía. En este último caso el riego es una contingencia imposible de predecir. En estas situaciones,

¹ Cendoya, M. 2008. Secretaría de ambiente. Área bosque Implantado. Córdoba

donde se deben realizar tareas de riego suplementario, se colocan 4-6 litros por planta. Se repite el riego, según la intensidad de la sequía, una vez por semana, pudiéndose aumentar la dosis a 10 litros si se trata de tierra suelta y se quieren espaciar mas los riegos. Cada uno de estos suministros equivale teóricamente a una lluvia de 30 a 62 mm (Cozzo, 1976).

En estas situaciones de escasas precipitaciones o sequías temporales, la solución tradicional de aplicar riego manual, hace que el trabajo sea más tedioso y genere un aumento significativo en los costos de implantación. Una alternativa es el uso de polímeros sintéticos que tienen la capacidad de retener una gran cantidad de agua y entregarla gradualmente a la planta cuando la misma lo necesite. Se trata de un polímero no contaminante que prolonga su actividad al menos por 4 años, proporcionando una reserva de agua para las raíces que la van consumiendo a medida que la necesitan (Tubert y Bronstein, 2006).

En el presente trabajo se evaluó la efectividad de un polímero hidratante en la primera etapa de establecimiento de una plantación de *Pinus elliottii* bajo condiciones de secano al sur de las sierras de Calamuchita.

1. ANTECEDENTES

Los polímeros sintéticos superabsorbentes son elaborados a base de acrilamida, mediante la polimerización de la misma. Hidrogel, gel hidratante, gel absorbente, son diferentes denominaciones de este producto comercializado como Gelforest o Quemisoil. Está formado por cristales de textura fina, que al ser hidratado se transforman en gel. La capacidad de retención de agua varía con la calidad de la misma; utilizando agua destilada, el mismo absorbe hasta 500 cc por cada gramo de producto, disminuyendo la eficiencia de absorción con la presencia de materia orgánica o sales. Luego de ser hidratado, el gel retiene el agua y se la entrega a la planta hasta un 95% de la misma. La eficiencia del producto disminuye en un 7-10 % anual y dura en el suelo de 4 a 7 años (SIECON, 2010).

Históricamente estos productos fueron caros, de textura gruesa y difícil de aplicar; actualmente se ha logrado un producto de textura más fina, más económico y con un sistema de aplicación adecuado. Si bien el costo por plantín es sensiblemente mayor, le garantiza al productor la subsistencia de la planta (Bronstein, 2006).

Algunas de las ventajas que genera el uso del gel es que, “almacena y retiene el agua y nutrientes en la zona radicular aumentando la capacidad de almacenaje de agua del suelo hasta un 35 por ciento lo que permite reducir las frecuencias de riego, mejorar la utilización de los fertilizantes y agroquímicos evitando que los mismos se pierdan por drenaje disminuyendo la contaminación al retener estos últimos en el perfil del suelo evitando su traslado hacia la napa freática” (Geronch, 2000).

Debido a los cambios en el volumen del polímero hidratado se producen movimientos de la tierra y espacios vacíos entre las raíces, lo que mejora la aireación del suelo (Tubert y Bronstein, 2006).

En Brasil, se evaluó el efecto de la concentración de un hidrogel polímero en diferentes tipos de suelos. Las concentraciones evaluadas fueron 1, 5, 15, 20 gramos por kg de suelo luego se analizaron las variables de agua útil, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Los resultados arrojaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos a potenciales matricos menores a -1.0 MPa, pero para potenciales mátricos superiores a -1.0MPa, las variables analizadas aumentaron proporcionalmente con el aumento en la concentración del hidrogel polímero; el tratamiento con 20 gramos por kg, aumentó la retención del agua en capacidad de campo en un 41% en texturas arenosas y en un 37% en texturas arcillosas. La disponibilidad del agua retenida por el hidrogel, se encuentra entre las variables punto de marchitez permanente y capacidad de campo, por lo que está altamente disponible para las plantas (Oliveira *et al*, 2004).

En Alemania se investigó la respuesta al crecimiento de *Pinus halepensis* usando sustratos con diferentes concentraciones de gel absorbente (desde 4gr hasta 40 grs por kg), encontrándose diferencias significativas entre estos tratamientos. La supervivencia de las plantas se duplicaron con respecto al testigo sin gel, también se registró un aumento significativo en la biomasa de raíces y la altura total de la planta (Hüttermann *et al*, 1999). En Arabia Saudita, se realizó una evaluación de la sobrevivencia de manglares (*Conocarpus erectus* L.) con diferentes concentraciones del gel; se encontró que la máxima concentración probada de hidrogel (600 cc por litro de tierra), fue capaz de modificar las características de potencial mátrico y contenido de agua de un típico suelo arenoso a un suelo franco o franco arcilloso. Durante una sequía inducida, se logró prolongar el periodo de sobrevivencia de las plantas con altas concentraciones tres veces más que las plantas testigos sin presencia del hidrogel (Al-Humaid y Moftah, 2007).

La aplicación del hidrogel se puede realizar de dos formas; una manual y otra en forma mecanizada. La técnica manual, es utilizada en zonas donde el acceso de los vehículos a las zonas de plantación es dificultoso; en este caso, se puede aplicar hidratado o en estado de polvo seco. La aplicación hidratada, se realiza mediante una solución mezclando la cantidad de producto deseada con agua, para luego colocarlo en el hoyo de plantación. En la aplicación en estado de polvo seco, se coloca directamente la cantidad deseada de producto en el hoyo, siendo hidratado el mismo con las lluvias. El método mecánico se utiliza en plantaciones donde el acceso con vehículos no es dificultoso, y en suelos donde es posible realizar preparación mecánica. Este método consiste en el uso de picos plantadores que de un solo paso, colocan el plantín y el gel hidratado (Bronstein, 2006, comunicación personal)².

La función del gel es evitar problemas de deshidratación de las raíces permitiendo eliminar los poros de aire evitando la oxidación de los ápices radiculares. La aplicación del hidrogel hidratado involucra un alto costo, debido a que requiere la concurrencia de camiones aljibes para el traslado de agua y mangueras para implementar el sistema de distribución de agua, además de cajas plantadoras y dosificadores (INFOR-FONDEF, 1994). Además, el uso del gel puede ocasionar que la planta al tener agua disponible no desarrolle un buen sistema radicular y al momento de presentarse condiciones limitantes, no esté preparada para enfrentar situaciones adversas (García *et al*, 2000).

“El método de plantación hidratado se aplica sin inconvenientes en la zona forestal del litoral, ya que el crecimiento del pino es elevado y genera raíces en un corto periodo de tiempo. Se han registrado algunas complicaciones en situaciones de sequías prolongadas, con bajo crecimiento de las plantas; escaso desarrollo radicular y total consumo de agua de gel, agravándose el déficit hídrico. Es recomendable para estos casos, aplicarlo en forma de polvo, mezclándola con la tierra y luego de cubrir el hoyo con tierra se aplica agua para que el gel se hidrate” (Bronstein, 2006, comunicación personal)².

La experiencia en la aplicación de gel fue exitosa en empresas grandes y medianas, que lograron aumentar la productividad. En primer lugar porque el agua almacenada en la planta garantiza el logro del cultivo independientemente del factor hídrico, de las lluvias o del riego, evitando mortandad y posteriores reposiciones. Además, permite ampliar el periodo de plantación sin riego con buen desarrollo radicular. En Brasil, se aplica el sistema con gran éxito

² Daniel Bronstein, 2010 Ingeniero químico, Representante de venta de Gelforest. Buenos Aires.

desde hace cuatro años y los forestadores plantan todo el año con independencia de lluvias. En tanto, en Misiones y Corrientes, los productores deben esperar las lluvias o atender el déficit hídrico para decidirse a plantar, por lo que se estima que este producto viene a solucionar una demanda de los productores (Bronstein, 2006).

Experiencias desarrolladas en el INTA Balcarce, en el año 2001, evaluaron distintos parámetros de crecimiento, así como también la supervivencia de dos especies: *Eucalyptus globulus* y *Pinus pinaster* en ensayos a campo y vivero con diferentes dosis de gel hidratante. Resultados obtenidos con estas especies forestales bajo condiciones de estrés hídrico, permitieron corroborar el beneficio que aporta dicho producto en el período de implantación. En *Eucalyptus globulus*, cuya experiencia se desarrolló en invernáculo, no presentó mortandad en los tratamientos con 4 y 6 g de gel hidratado a los 100 días de plantado y 25 % de mortandad 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 % de las plantas, llegando a los 63 días con una mortandad del 100 %. La altura total y el peso seco, como parámetros de crecimiento no presentaron diferencias con el aumento de la dosis. En *Pinus pinaster* plantados sobre una duna fijada en el Partido de Gral. Alvarado (Miramar) también se evaluó sobrevivencia como uno de los factores más importante en la etapa inicial de las plantaciones forestales. A los 10 días de implantado el ensayo, no se observaron síntomas acentuados de senescencia, pero a los 60 días, el testigo presentó una mortandad del 58,33 %; en los tratamientos con gel ésta se ubicó entre el 2,77 % y el 5,55 %, no siendo significativa la diferencia entre estos últimos pero sí con el testigo (Esparrach y Galletti, 2001).

Este producto, es también utilizado para mejorar el trasplante en especies a raíz desnuda. Una investigación de la Universidad de Purdue, en Estados Unidos, intentó comprobar la eficacia de un hidrogel absorbente para contrarrestar los efectos de desecación de la raíz en plantaciones de *Quercus rubra* al exponerla a 1, 2 y 5 horas de desecación pre-trasplante y su efecto como protector al estrés hídrico por un periodo de 45 días post-plantación. Los resultados encontrados fueron un 80% más de humedad en raíces al momento de trasplante y una disminución del 31% de rotura de células de la membrana en un estrés de 5 horas. Las plantas tratadas con el hidrogel no presentaron diferencias significativas en longitud de raicillas, biomasa, volumen radicular, fotosíntesis neta y conductancia estomática, en el periodo de estrés que se extendió hasta los 45 días post-plantación (Apostol *et al*, 2009).

En México se investigaron diferentes sustratos en la etapa de vivero y plantación temprana de *Pinus greggii* utilizando diferentes sustratos con concentraciones de gel conocidas, controlando también las condiciones de riegos en la plantación. A los 5 meses se registró altura total de la planta y diámetro del cuello y se encontró que el máximo crecimiento fue para el tratamiento sin restricción de humedad con 32,8 cm y 3.3 mm para altura total y diámetro, respectivamente. El tratamiento de 4 grs de gel por litro de maceta, registro una altura total y diámetro de 21,8 cm y 3mm respectivamente, valor menor que el tratamiento sin restricción pero mayor que el tratamiento sin gel y con restricción hídrica, el cual arrojó valores de 15,6 cm de altura y 2.56 mm de diámetro. Ello demostró que los sustratos que contenían hidrogel, obtuvieron disminuciones notables en la cantidad de macroporos lo que limitó la aireación, pudiendo ocasionar problemas de oxigenación de la raíz (Maldonado Benitez, 2010).

En Eslovaquia, se analizó el efecto de un hidrogel en plantaciones de *Pinus sylvestris* en la recuperación de terrenos mineros. El método de dosificación fue la aplicación directa del polvo de gel a la semilla humectada y luego la aplicación de concentraciones de gel humectado de hasta 7 gr en el hoyo de plantación. Encontraron diferencias estadísticamente significativas en sobrevivencia entre el tratamiento testigo y las concentraciones de gel, mientras que no encontraron diferencias en la variación del diámetro y la altura medida en el segundo periodo vegetativo de la plantación. Observaron también que la concentración de 7 grs por planta de gel en estado granulado generó asfixia radicular y mayores mortandades que los tratamientos donde se aplicó el gel hidratado (Sarvaš *et al*, 2007).

En la zona de Achiras, provincia de Córdoba, se realizaron plantaciones de *Pinus elliottii* durante 3 años; dos años caracterizados por escasez de precipitaciones. En todos los casos se plantó en el periodo mayo-junio y fueron necesarios entre 2 y 4 riegos suplementarios realizados con carro cisterna operado por tres personas; dos regadores y un conductor. Se aplicaron aproximadamente 10 litros por planta, aumentando así los costos de la plantación. La intensidad de la sequía de esos dos años, generó pérdidas de hasta 50 %, requiriendo la reposición de las plantas perdidas (Marra, M. 2008. Comunicación personal)³.

La altura de los árboles es una variable de fundamental importancia porque es usada para describir la calidad del crecimiento de los árboles de una plantación (Torres Rojo y Magaña

³ Marra, M, 2008. Productor agropecuario y forestador de la zona de achiras

Torres, 2001). “el uso de varillas graduadas es el método más práctico para medir árboles de hasta 25 m de altura” (Schreuder y Swank, 1974)

El diámetro medido en el cuello de la planta en el vivero es una variable que frecuentemente se usa para estimar la calidad de la planta. Este parámetro es medido también en plantines de vivero. El criterio de calidad es similar al de altura; a mayor calibre mejor es la calidad de la planta. Mientras que la evaluación de la sobrevivencia sólo requiere el registro del número de árboles vivos y muertos (Torres Rojo y Magaña Torres, 2001).

2. HIPOTESIS

El uso del polímero hidratante en la etapa de implantación de una masa forestal permite obtener un mayor porcentaje de sobrevivencia debido a la mayor disponibilidad de agua por parte de las plantas.

Objetivos generales:

- Evaluar la efectividad del polímero hidratante en la implantación de una masa forestal de *Pinus elliottii*.

Objetivos específicos

- Cuantificar la sobrevivencia de *Pinus elliottii* que resulta de la aplicación de Hidrogel hidratado.
- Evaluar los parámetros de crecimiento, altura total de la planta y diámetro de cuello en plantines de *Pinus elliottii*.

3. MATERIALES Y METODOS

Ubicación geográfica

El trabajo se realizó en un lote de la Estancia Las Lajas, que corresponde a la zona ecológica de sierra y pedemonte ubicada a 5 Km. al este de la localidad de Achiras y a 65 Km. al oeste de la ciudad de Río Cuarto, sobre la ruta N° 30, Latitud 33°08' sur longitud 64°56' oeste, y a 850 m.s.n.m. (Fig.1).



Figura 1: Ubicación Geográfica del Ensayo

Caracterización Climática

El clima del lugar del ensayo es templado subhúmedo con estación invernal seca. El régimen de precipitaciones es monzónico con lluvias medias anuales de 748 mm (Serie

2000/2010), siendo los datos de precipitaciones aportados por el Ing. Agr. Víctor Rotondo (Cátedra de Agrometeorología- FAV-UNRC) y completados por registros personales en el predio donde se realizó el ensayo mediante un pluviómetro. Las temperaturas medias anuales son de 15°C y se registran precipitaciones en forma de nieve durante los meses de invierno (Rotondo, V. 2009. Comunicación personal⁴).

Caracterización Edáfica

El ensayo se emplazó en el área correspondiente al pedemonte próximo a las sierras de Comechingones. Los suelos son definidos como Haplustoles líticos, excesivamente drenados de poca profundidad y baja capacidad de retención hídrica (Agencia Córdoba D.A.C.Y T. S.E.M., 2003)

Selección de la especie

La especie elegida fue *Pinus elliottii* teniendo en cuenta la tendencia actual del país en dar preponderancia al cultivo de los pinos; debido a que presentan una producción más versátil, se desarrollan con mayor rapidez y rinden altos volúmenes de madera por unidad de superficie en relación a otras especies forestales (Ottone, 2005). Además se tuvo en cuenta que ya existen plantaciones en la región mostrando buena adaptación a las condiciones descriptas.

Preparación y marcación del terreno

La preparación definitiva del terreno se realizó 15 días previos a la fecha de la plantación. En primer lugar, se quitó la vegetación arbustiva natural de mayor tamaño con la ayuda de una motosierra. A continuación se marcó mediante estacas el lugar de plantación y se cuadró para darle rectangularidad. Luego de este procedimiento, se realizaron los hoyos con la ayuda de un pico, distanciando los mismos según el marco de plantación definido, que fue de 4 x 4 metros. Los hoyos se realizaron con la ayuda de una retroexcavadora montada en el sistema de 3 puntos de un tractor, la cual realizó un pozo rectangular de 20 cm x 40 cm aproximadamente, dejando la tierra sobrante próximo al pozo para su utilización en la plantación, cuidando de dar siempre la mayor profundidad.

⁴ Rotondo, V. 2009. Ingeniero Agrónomo y profesor de Agrometeorología de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Plantación y aplicación del gel

La plantación se realizó el día 25 de mayo de 2009 e insumió el trabajo de 4 personas en una jornada. Se utilizó la técnica de plantación propuesto por el fabricante del gel, con modificaciones adaptadas a las condiciones del ensayo; esta consistió en verter una mezcla del gel en polvo con agua en proporciones conocidas en el hoyo de plantación para luego cubrir con tierra. Con la ayuda de un caño de PVC de 2" de diámetro y 30 cm de alto, ubicado en el pozo de plantación y relleno en su exterior con tierra, se delimitó el pozo de plantación. Luego se colocó una cantidad de la solución del gel conocida (Fig. 2), se colocó el plantín de pino y se retiró el caño, para luego tapar definitivamente el hoyo (Fig 3).



Figura 2: Método de aplicación del gel



Figura 3: Finalización del proceso de plantación

Producto a evaluar

El producto que se utilizó en este trabajo fue un polímero superabsorbente, el cual es un copolímeros de acrilamida y acrilato de potasio. Este polímero forma estructuras de redes con enlaces libres donde son retenidas las partículas de agua para ser entregadas por diferencia de presión a las raíces de las plantas.

Dosificación del gel

En primer lugar, se realizaron pruebas para determinar el cambio de volumen de agua luego del agregado de gel y no se observaron cambios en el mismo, lo que permitió dosificar el gel mediante el agregado de un mismo volumen a los diferentes hoyos de plantación variando únicamente la concentración de gel según los tratamientos. Para preparar la solución, se utilizó un balde de 20 litros el cual se llenó con 11,5 litros de agua, en el que se disolvió el gel en polvo. Con la ayuda de una varilla de madera se agitó el agua para mejorar el proceso de dilución

debido a que en concentraciones elevadas de gel la preparación tiende a saturarse. La preparación se realizó en cantidad necesaria para cubrir una línea de plantación correspondiente a un tratamiento (23 pinos), aplicándose a cada pino 500 cc de esta solución. Para poder brindar a todos los pinos las mismas condiciones hídricas también se le suministró 500 cc de agua a los plantines del tratamiento testigo.

Riego de asiento

Se realizó un riego inicial de 15 litros por planta el día 28 de mayo de 2009, para brindarle buenas condiciones iniciales al ensayo e igual reserva de agua a todos los tratamientos.

Control de plagas

Hormigas:

El día de la plantación, así como también en los trabajos de preparación de terreno, se observaron hormigueros en el terreno y los alrededores, los que fueron identificados para su posterior control. Luego de la plantación, fueron tratados mediante el uso de Cipermetrina al 25%. En el mes de Octubre y Diciembre, se observaron pinos atacados por hormigas en plantaciones contiguas, aplicándose Fipronil para su control en todo el terreno de plantación a modo preventivo. Este tipo de plaga no revistió problemas posteriores para la plantación.

Liebres y roedores:

Debido al ataque de liebres, durante el mes de junio, se reemplazaron 5 plantines de pino que habían sido cortados por esta plaga. Luego de este incidente, no se produjeron otros eventos similares.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizado. Se realizaron tres bloques y cuatro tratamientos, con 23 plantas por tratamiento, considerando al plantín como la unidad de muestreo. (Figura 4)

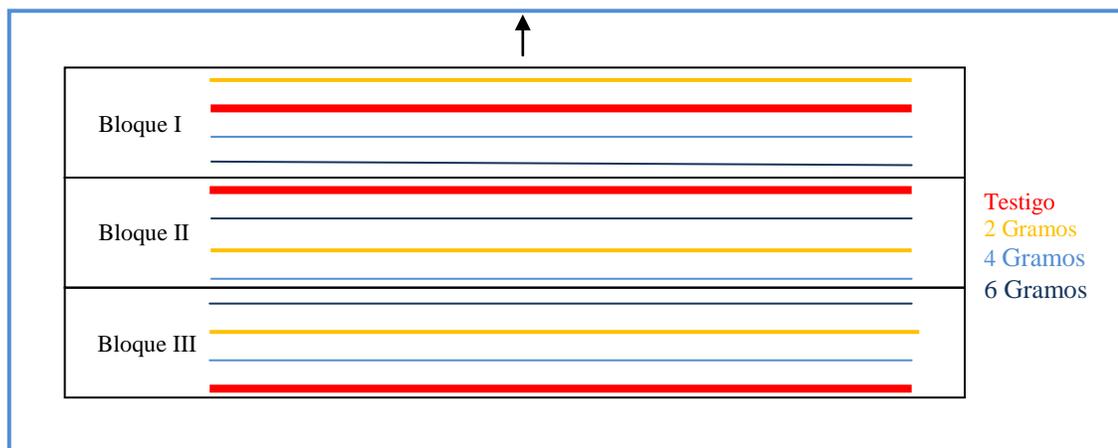


Figura 4: Plano del diseño a campo.

Los tratamientos fueron los siguientes: T1: sin gel; T2: 2 gramos de gel por planta; T3: 4 gramos de gel por planta y T4: 6 gramos de gel por planta.

Variables a medir

Las variables a medir fueron sobrevivencia, altura total del plantín y el diámetro del tallo a la altura del cuello. El criterio de evaluación de sobrevivencia fue en considerar planta muerta, la que no presenta brotes vivos (síntomas acentuados de senescencia) y planta viva. La medición de la altura se realizó con una regla rígida de un metro de alto, midiendo desde la base del árbol hasta el ápice terminal. La medición del diámetro en el cuello, se realizó con calibre de alta precisión a 5 cm de la base del plantín.

Análisis de los datos

Los datos fueron tratados mediante ANAVA y sometidos al test de comparación de medias de DUNCAN con el software INFOSTAT, 2006.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los resultados e interpretaciones que surgen del análisis de los parámetros: sobrevivencia, altura total de la planta y diámetro de tallo de la planta.

5.a - Sobrevivencia

El análisis de la variable sobrevivencia (Cuadro 1), mostró que existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) para el tratamiento de 6 gramos a partir del mes de enero de 2010, mientras que los demás tratamientos no presentaron diferencias.

Cuadro 1: Prueba de Duncan para la variable sobrevivencia de plantas de pinos para los 4 tratamientos

Tratamientos	Meses					
	Diciembre 2009	Enero 2010	Febrero 2010	Marzo 2010	Abril 2010	Mayo 2010
Testigo	0,91 A	0,86 AB	0,68 A	0,68 A	0,65 A	0,65 A
2 Gramos	0,99 A	0,74 A	0,67 A	0,67 A	0,65 A	0,64 A
4 Gramos	0,91 A	0,76 A	0,58 A	0,58 A	0,58 A	0,57 A
6 Gramos	0,97 A	0,97 B	0,90 B	0,88 B	0,84 B	0,84 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

La figura 5, muestra el número de plantines vivos en el momento de la medición, donde se observa que hasta los 210 días (diciembre de 2009) desde la plantación, la disminución en la sobrevivencia fue mínima, con una leve tendencia de mayores pérdidas en los tratamientos testigo y 4 gramos. A partir de los 240 días, que corresponde al mes de enero de 2010, situación de importante déficit hídrico y altas temperaturas, se registra una disminución en la cantidad de plantas vivas, marcándose una tendencia a una mayor sobrevivencia de las plantas en el tratamiento de 6 Grs, coincidiendo con Esparrach y Galletti (2001), Hüttermann et al (1999), Al-Humaid y Moftah (2007).

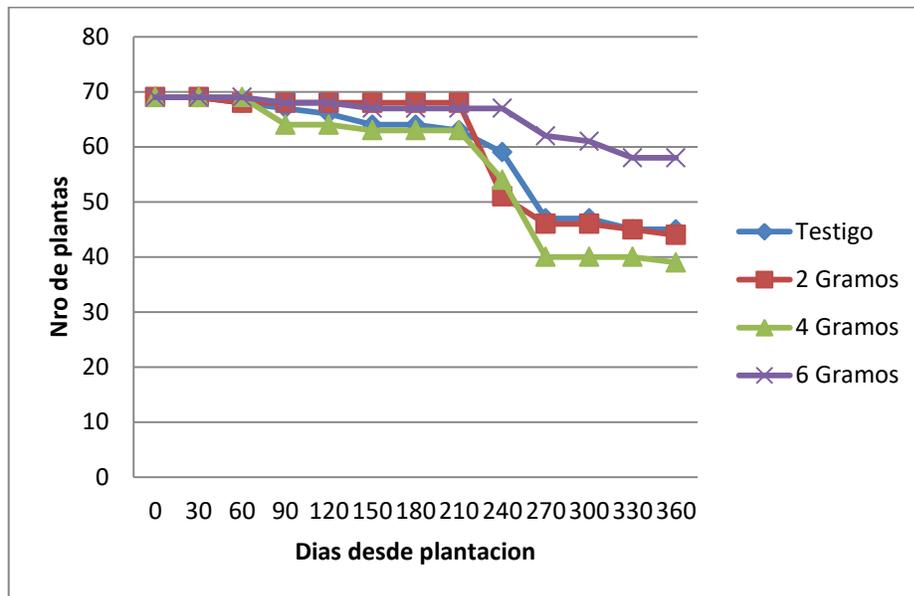


Figura 5: Número de plantas vivas en cada tratamiento

Al consumirse el agua que retenía el gel, fue disminuyendo su volumen y el espacio que ocupaba el gel hidratado alrededor del pan de tierra del plantín, fue ocupado por aire produciendo en algunos plantines desecamiento de raíces y eventual muerte de plantas. Este hecho se observó principalmente en el tratamiento de 4 gramos. La aparición de plantas muertas en este tratamiento puede ser explicado porque al generarse una cámara de aire se produjo muerte de raíces por desecamiento y la concentración de gel no fue suficiente para asegurar el aporte de agua para la sobrevivencia de la planta, como ocurrió en el tratamiento de 6 gramos. Situación similar plantean García *et al.* (2000) con el uso del gel, donde las plantas no estarían preparadas para enfrentar situaciones adversas de sequía debido al bajo desarrollo de raíces. Bronstein (2010), también asegura que en situaciones particulares, la plantación con gel seguida de un gran déficit hídrico puede presentar problemas de desecamiento de plantines por la no reposición del agua del gel. En el caso del tratamiento de 2 gramos de gel por planta, esta cantidad de gel no retuvo suficiente agua como para ayudar a los plantines en la sobrevivencia comportándose como el tratamiento testigo.

5.b - Altura de las plantas

En el Cuadro 2, se muestra el resultado obtenido con el test de comparación de medias usando la prueba de Duncan, donde se observa que a partir del mes de noviembre, el tratamiento

con mayor concentración de gel, se diferencia de los otros tratamientos, resultados similares a los encontrados por Hüttermann *et al.* (1999), quienes encontraron que ante un aumento en la concentración del gel, la altura total de las plantas aumenta significativamente.

Cuadro 2: Prueba de Duncan para la variable altura de plantas de pinos para los 4 tratamientos

Tratamientos	Meses							
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Testigo	4,18A	3,92AB	3,96A	4,64A	5,24A	5,58A	6,78A	6,78 A
2 Gramos	3,50A	3,01A	3,86A	5,48A	5,38A	5,70A	6,66A	6,66 A
4 Gramos	3,28A	3,35A	3,79A	4,67A	5,70A	5,41A	6,23A	6,31 A
6 Gramos	3,81A	4,88B	7,26B	10,10B	11,33B	11,47B	13,71B	13,71 B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

La figura 6, muestra el incremento de la altura de los pinos a partir del día de plantación, con una clara tendencia a un mayor crecimiento a partir del mes de diciembre de 2009 para el tratamiento de 6 gramos de gel.

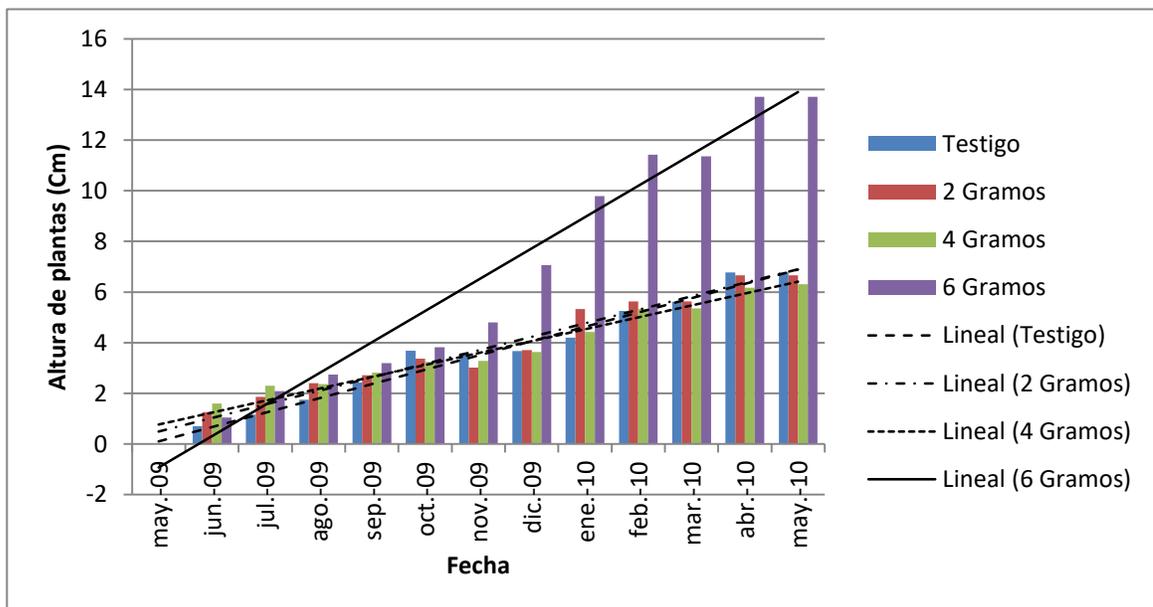


Figura 6: Incremento de altura de plantas en función del tiempo

Las curvas de ajuste de incremento de altura de los diferentes tratamientos muestran que T1, T2 y T3, poseen pendientes similares mientras que el crecimiento en T4, fue

aproximadamente 2.5 veces superior con respecto a los demás tratamientos. Los valores de R^2 tienden a 1 por lo que son altamente confiables (Cuadro 3).

Cuadro 3: Ajustes lineales del incremento de la altura de las plantas

	Testigo	2 Gramos	4 Gramos	6 Gramos
Valor de la curva de ajuste	$y = 0,5557x - 0,212$	$y = 0,5473x - 0,1101$	$y = 0,4908x + 0,1785$	$y = 1,2315x - 2,0172$
Valor de R^2	0,9704	0,9673	0,9739	0,9611

Al analizar la altura de las plantas se observó una tendencia de mayor crecimiento en el tratamiento de 6 gramos, a partir de los meses de noviembre y diciembre, coincidiendo ésta situación con una disponibilidad hídrica superior y menor estrés por la sequía invernal que los demás tratamientos. En los meses de enero, febrero y marzo se presentó una situación de escasas precipitaciones y altas temperaturas reflejándose una disminución en el crecimiento, tendencia similar al periodo de sequía anterior (Fig. 7).

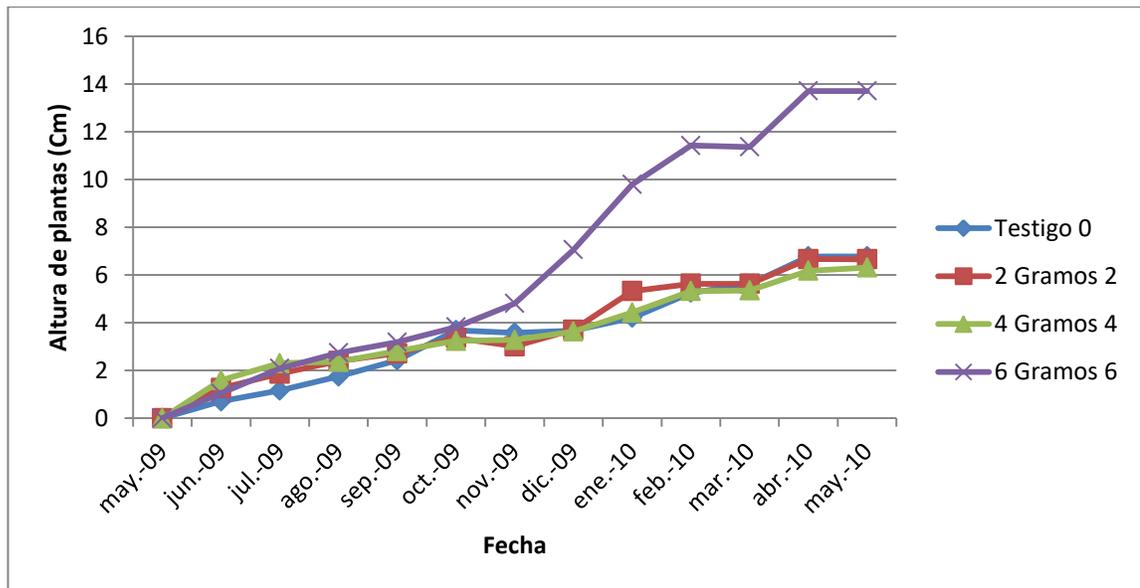


Figura 7: Incremento mensual de la altura de las plantas

La distribución de las lluvias en el periodo de evaluación del ensayo comparado con la serie de datos 2000-2010 (Anexo, Cuadro 1), muestra claramente un marcado déficit hídrico a partir del mes de febrero de 2009, el cual se prolongó hasta el mes de agosto de 2009, lo que muestra claramente las condiciones adversas durante los primeros meses de implantación. Pasado éste periodo ocurren otros dos eventos de marcada sequía; el primero en octubre de 2009, que ocasionó un estado de estrés importante, causando la caída de acículas y muerte de ápices. El segundo, en enero de 2010, con precipitaciones cercanas a los 36 mm y alta demanda evaporativa característica de este mes, generó un nuevo estrés en las plantas afectando su crecimiento.

5.c - Diámetro de las plantas

En el cuadro 4, se muestran los resultados del análisis de la varianza y del test de comparación de medias de Duncan relacionando la concentración de gel con el incremento de la variable diámetro analizada mediante una transformación logarítmica donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$), coincidiendo con las experiencias citadas por Maldonado Benítez, 2010, quien no encontró diferencias significativas en el diámetro de los plantines con diferentes concentraciones de gel a 5 meses de realizada la plantación. Este resultado también es similar a los obtenidos por Sarvaš *et al.* 2007,

Cuadro 4: Prueba de Duncan para la variable diámetro de plantas de pinos para los 4 tratamientos

Tratamientos	Meses				
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Testigo	0.13A	0.36A	0.35A	0.44A	0.46A
2 Gramos	0.15A	0.37A	0.36A	0.45A	0.46A
4 Gramos	0.16A	0.38A	0.38A	0.45A	0.48A
6 Gramos	0.15A	0.34A	0.38A	0.47A	0.46A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

La figura 8, muestra el incremento del diámetro de los plantines a partir del día de plantación, en el grafico se puede observar un crecimiento insignificante en todos los tratamientos en los primeros 6 meses. A partir del mes de diciembre de 2009, el incremento en el diámetro comienza

a ser importante y se mantiene ascendiendo por el resto de la evaluación coincidiendo el mismo con el periodo de crecimiento en altura de los plantines.

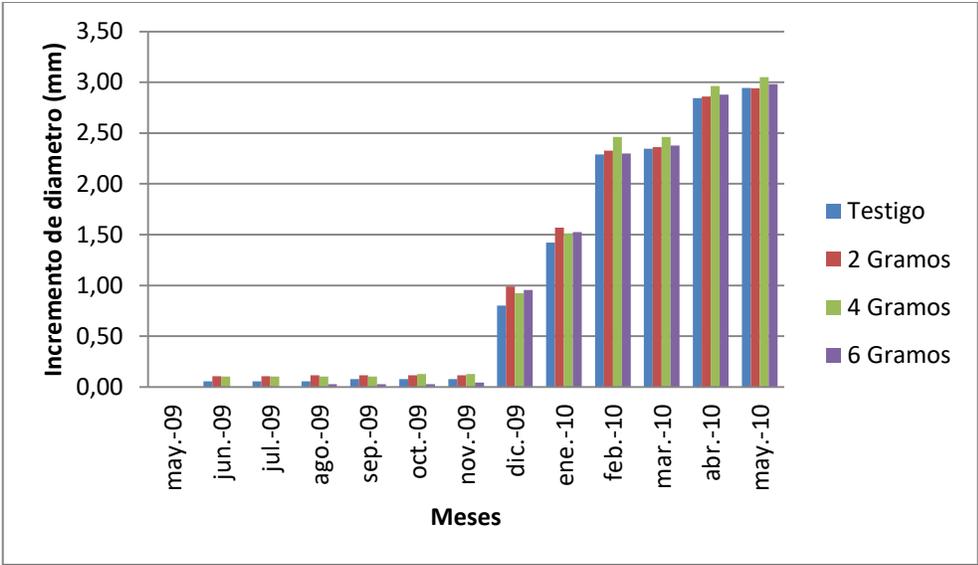


Figura 8: Incremento mensual del diámetro de las plantas

5. CONCLUSIONES

La sobrevivencia y la altura total se ven favorecidas por la presencia de gel en el hoyo de plantación.

La concentración que presentó respuesta estadísticamente significativa en la variables sobrevivencia y altura de las plantas fue de 6 grs de gel por planta.

La variable diámetro es poco afectada durante el primer ciclo de crecimiento y no responde a la presencia de gel.

El método de plantación utilizando el gel hidratado, en periodos de sequía prolongados, puede presentar problemas de desecamiento radicular al generar una cámara de aire en la proximidad de la raíz, llevando a un estrés importante en la planta que de continuar llevará a la muerte de la misma.

Se debe evaluar cual es método de aplicación de gel más adecuado teniendo en cuenta las características ambientales especialmente los pronósticos de precipitaciones.

Se debería evaluar concentraciones superiores de gel y en diferentes especies forestales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA CORDOBA D.A.C Y T. S.E.M. 2003. Los suelos. Nivel de reconocimiento. Agencia Córdoba ambiente S.E. Córdoba, Argentina. p.291
- AL-HUMAID, A.; MOFTAH, A. 2007. "Effects of Hydrophilic Polymer on the Survival of Buttonwood Seedlings Grown Under Drought Stress". [Journal of Plant Nutrition](#), Volume [30](#), Issue [1](#) January 2007, pages 53 - 66
- APOSTOL, K; JACOBS, D.; DUMROESE, R. 2009. "Root desiccation and drought stress responses of bareroot *Quercus rubra* seedlings treated with a hydrophilic polymer root dip", Plant and Soil. Nro 315. Indiana, Estados Unidos. P.229-240.
- BRONSTEIN, D. 2006. "Nuevas tecnologías en la implantación de forestaciones en Entre ríos", Inforestal, Nro 21. P.14-5
- COZZO, D. 1976. Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Pp 236 y 298
- COZZO, D. 1995a. Silvicultura de plantas maderables. Tomo I. Orientación gráfica editora. Buenos Aires, Argentina P.267-269
- COZZO, D. 1995b. Silvicultura de plantas maderables. Tomo II. Orientación gráfica editora. Buenos Aires, Argentina P.495-496
- ESPARRACH, C; GALLETI, M. 2001. "Evaluación del polímero sintético Qemisoyl en plantaciones de Eucalyptus globulus y Pinus pinaster." Trabajo de investigación. INTA, 2001
- GARCIA, E.; SOTOMAYOR, A; SILVA, S; VALDEVENITO, G. 2000. "Establecimiento de plantaciones forestales". Fondo de desarrollo e innovación del INFOR. Chile. P 21
- GERONCH, M. 2000. "Una mano en contra de la sequía", Ambiente ecológico, edición nro 67.

- HAWLEY, R.; SMITH, D. 1982. *Silvicultura practica*. Ediciones Omega. Barcelona, España. P 554.
- HÜTTERMANN, A; ZOMMORODI, M; REISE K. 1999. “Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought”, *Soil and tillage research*, Göttingen, Alemania. P 294-306
- INFOR-FONDEF. 1994. Antecedentes biométricos y modelos de apoyo a la gestión y manejo racional de Eucalipto. pp:30 - 45.
- INFOSTAT, 2006. Manual del usuario. Versión 1. Córdoba, Argentina. ISBN987-9449-90-8.231
- MALDONADO BENITEZ, KR. 2010. Sustratos alternativos para la producción de *Pinus greggii* Engelm en vivero. Tesis. Maestro en Ciencias, especialidad Forestal. Colegio de post-graduados de Mexico.
- OLIVEIRA, R.; REZENDE, L.; MARTINEZ, M.; MIRANDA, G. 2004. “Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* Vol. 8 nro 1. Campina grande, Brasil.
- OTTONE, J. R. 2005. Árboles forestales practicas de cultivo, Orientación grafica editora. Buenos Aires, Argentina.
- SARVAŠ, M; PAVLENDÁ, P; TAKÁČOVÁ, E. 2007. “Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations”. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE* n°53. p.204-209.2007
- SCHREUDER, H.T; SWANK, W.T; 1974. “Coniferus stands characterized with the Weibull distribution”, *Canadian Journal of Forestry Research*, num. 4, P 518.
- SIECON. 2010. Quemisoyl product description.
En: <http://www.sieconengineering.com/web/html/qemisoyl.htm>. consultado el 04-11-2010.
- TORRES ROJO, J.; MAGAÑA TORRES, O. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa. Méjico. P 153, 387

TUBERT, F.; BRONSTEIN, D. 2006. "Avanzan en la región, en la aplicación de un eficaz sistema de plantación hidratada con gel.", Argentina Forestal, nro 30. p. 44-45

7. ANEXOS

Cuadro 5: Datos pluviométricos del sitio de plantación

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitaciones serie 2000-2010	116	118	88	63	19	8	9	13	27	54	87	147
Precipitaciones 2009	160	87	67	7	17	0	5	0	52	8	113	264
Precipitaciones 2010	39	124	86	65	10	0	0	10				

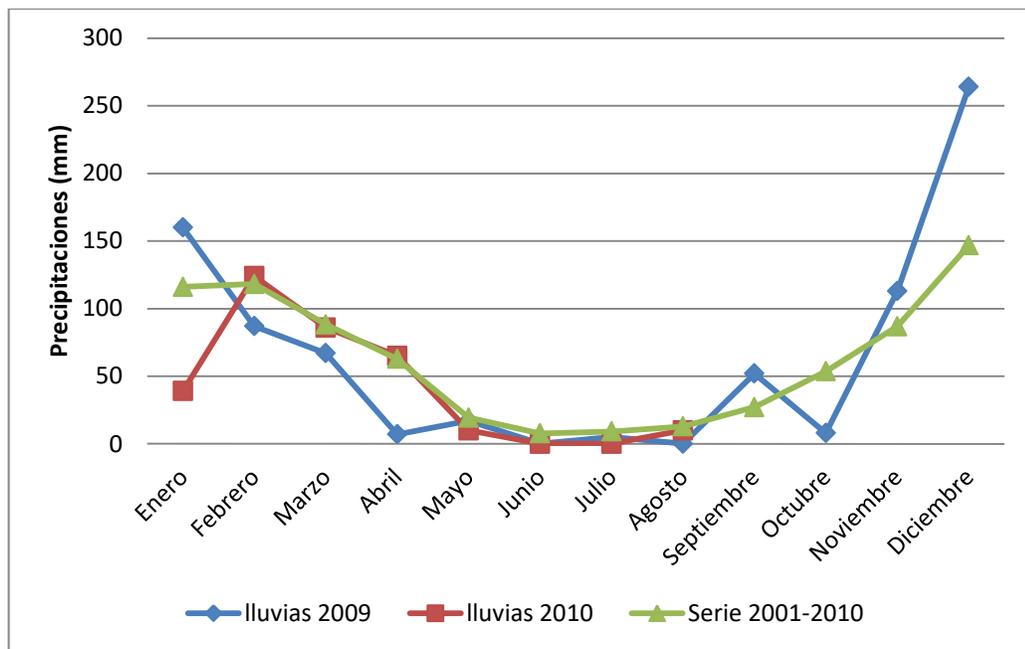


Figura 9: Registros pluviométricos en el periodo de plantación y distribución normal de las mismas



Figura 10. Sitio de plantación previo a la preparación del terreno

