

1. INTRODUCCION.

Un aumento en la productividad de las plantaciones forestales, como fin último por parte de silvicultores e investigadores, es lo que sustenta el desarrollo de estudios y ensayos tendiente al logro de este objetivo. Es así, como hoy en día, estos esfuerzos se centran en la búsqueda de nuevas tecnologías que desarrollen al máximo variables del cultivo, fundamentales en el ciclo de vida de la planta, como es el caso de la nutrición y el agua.

Recientemente, las relaciones suelo-agua-planta se contemplan de un modo mucho más dinámico, como un sistema más unificado en el que todos los procesos son interdependientes y denominado el continuo suelo-planta-atmósfera. En este continuo, la disponibilidad de agua en el suelo no sólo es función de éste sino del conjunto suelo-planta-clima (Cadahia, 1998).

En los últimos años, la mayoría de las plantaciones de eucalipto, se han establecido empleando una silvicultura intensiva. Es de esta forma, que en la preparación del sitio, se consideran los procesos de limpia, preparación del suelo y control de malezas, pues al igual que cualquier cultivo, el eucalipto es susceptible a la competencia por luz, agua y nutrientes.

Cuando la fertilidad del suelo es una limitante se recurre a la fertilización. La disponibilidad de nutrientes permitirá un rápido desarrollo radicular, dando ventajas a las plantas que pueden manifestarse a lo largo de toda una rotación.

Hoy en día dentro de toda la gama de fertilizantes de especialidad, es posible encontrar los fertilizantes solubles en agua, los cuales corresponden a materia prima mineral cristalizada de origen natural o sintetizada industrialmente, que contiene uno o mas nutrientes esenciales para los cultivos. De esta manera,

gracias a su naturaleza, se ha logrado hacer más eficiente el uso de los nutrientes, al ser posible inyectarlos directamente a la zona donde se concentra el sistema radical de las plantas.

El presente documento busca conocer el efecto de la técnica de aplicación de fertilizantes solubles a través del riego por goteo en una plantación de *Eucaliptus globulus Labill* en dos sitios del valle central de la VIII y IX regiones.

Para tal caso, se analizó el efecto conjunto de los factores fertilización y riego sobre las variables de estado diámetro a la altura del cuello(mm), altura total (cm) y el indicador de biomasa D^2H (cm^3), durante el período que comprende los once primeros meses desde su establecimiento. De la misma forma se busca determinar el efecto que tiene la aplicación de fertilizantes solubles sobre el desarrollo de las raíces.

Para esta especie en Chile no existe información sistematizada acerca de su respuesta en crecimiento a la aplicación de fertilizantes a través del agua de riego en su etapa de establecimiento, por lo que el conocimiento adquirido sobre esta técnica, en conjunto con otras prácticas silvícolas ayudaran a obtener un mayor conocimiento que permita desarrollar el potencial de crecimiento de esta especie, y a su vez servirá como base para la realización de futuros estudios que persigan objetivos similares.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.

2.1 Antecedentes de la especie.

Eucaliptus globulus Labill.

En condiciones naturales es un árbol de gran tamaño, alcanza alturas de 45 a 60 m y en sitios óptimos de hasta 75 m. Su fuste es recto hasta unos dos tercios de la altura total y presenta una copa bien desarrollada. La corteza es rugosa y persistente en la parte baja del tronco y en la parte alta se desprende en largas tiras que dejan una superficie lisa color gris-azulado (INFORCORFO, 1986).

La especie originaria de Australia, posee una distribución natural que incluye los estados de Tasmania, Victoria y New South Wales. Es posible encontrarla en un rango latitudinal entre los 31° y 43°L.S., y dentro de un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta unos 1.100 m.s.n.m., en la parte norte, y unos 550 m.s.n.m., en la parte sur.

Las características edafoclimáticas en las cuales se desarrollan las plantaciones actuales de *Eucalyptus* spp. en Chile determinan condiciones de importantes desbalances temporales entre la demanda evaporativa de la atmósfera y el aporte del agua de lluvia retenida en el suelo hacia las raíces; esto significa que se producen condiciones de estrés hídrico severo durante el fin de la primavera y el verano (Gurovich, 1996).

La economía hídrica en las plantaciones de *Eucaliptus* spp. está basada en la precipitación natural, que varía en las áreas actualmente plantadas en el país, en un rango de 450 a 1000 mm anuales, con una distribución correspondiente al clima mediterráneo templado, concentrándose lluvias esporádicas sobre los

20 mm diarios, entre los meses de abril y septiembre, y con una estación prácticamente seca de noviembre y marzo (Gurovich, 1996).

2.2 El agua y los nutrientes en la planta.

De acuerdo con Donoso (1992), todos los procesos ecológicos son importantes, pero el agua que se encuentra en el suelo, específicamente aquella que las raíces de las plantas son capaces de utilizar, es la que tiene mayor importancia.

El agua es la base de la existencia de la vida, debido a que es el factor esencial de los procesos de génesis del suelo, es necesaria para los requerimientos de las plantas (transpiración, elongación celular, metabolismo, etc.) y transporte de nutrientes en el proceso de absorción radical (Honorato, 2000).

Así mismo, la disponibilidad de agua para la planta en el suelo, resulta ser un factor de carácter prioritario para la misma y de él dependen, en gran medida, el resultado del cultivo y la eficacia de las principales prácticas agrícolas tales como el riego y la fertilización (Domínguez, 1996).

Dentro de la planta, la raíz es el órgano que detecta las condiciones existentes en el suelo y las transmite hacia las hojas controlando el metabolismo del agua y el crecimiento. Así mismo, la eficiencia de la absorción de nutrientes se reduce junto con el transporte a distancia de estos elementos. En consecuencia la formación de una buena masa radical, es de primera importancia para el uso eficiente del agua y la correcta utilización de los fertilizantes. Las raíces para crecer requieren humedad y oxígeno esencialmente porque están adecuadas para vivir en medios muy diluidos pero no en ambientes secos o muy mojados sin oxígeno (Alonso, 2000).

El efecto conjunto de adecuados niveles de aporte de nutrientes disponibles para la planta en el suelo, asociado a una mayor oferta de agua en el suelo, hacen que plantas con mayor volumen radicular absorban y distribuyan más nutrientes hacia polos de crecimiento (Alzugaray, 2003).

Estudios han demostrado que entre las variadas condiciones que soportan las especies de rápido crecimiento, el factor que explica la alta proporción de variación en volumen del fuste está mostrado por la relación de agua disponible (Hunter y Gybson, 1984).

2.3 Objetivos de la nutrición forestal.

La nutrición se relaciona con el abastecimiento y absorción de compuestos químicos necesarios para el crecimiento y metabolismo de las plantas. Los compuestos requeridos por los vegetales se denominan nutrientes y son de naturaleza inorgánica, los cuales son aportados por el suelo (Montoya, 2000).

En este mismo sentido, en la actualidad se reconoce que la nutrición de los cultivos es un factor importante y con clara incidencia final en el rendimiento, tanto en calidad como cantidad.

Respecto a la fertilización, esta tiene como objetivo aportar al suelo los nutrientes requeridos por la planta, en la cantidad, proporción, forma química y en la zona precisa para evitar desequilibrios nutricionales que alteren el metabolismo de la planta y lograr así un crecimiento adecuado de ella (Toro, 1988).

Según Prado y Barros (1989), los beneficios de la fertilización son muchos, entre los cuales se pueden mencionar que estimula el desarrollo de las raíces, permite a la planta hacer una rápida ocupación del suelo aprovechando en

forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles. Con esto se logra una mejor supervivencia, un rápido crecimiento inicial y un cierre de las copas, lo cual disminuye o elimina la competencia, obteniéndose un rodal más uniforme y un mayor rendimiento al momento de la cosecha.

En la actualidad para la mayoría de las especies del género *Eucaliptus*, la aplicación de fertilizantes al momento del establecimiento se ha convertido en una práctica común utilizada mundialmente con el fin de mejorar el estatus nutricional del suelo y promover el crecimiento inicial de las plantas a través de la adición antropogénica de elementos minerales, sin embargo hoy en día no existen evidencias de que ocurre cuando estos son aplicados como fertilizantes solubles vía agua de riego.

2.4 Nutrición en plantaciones de *Eucaliptus globulus* Labill.

Dentro de los factores ambientales que limitan la productividad de los bosques, encontramos la disponibilidad y absorción de nutrientes. Es aquí en donde, ante la casi nula posibilidad de poder modificar factores climáticos, los esfuerzos se deben concentrar en llevar a cabo un manejo intensivo de nutrientes, que permita lograr un incremento en la productividad final de los bosques.

La especie *Eucaliptus globulus* L. se encuentra dentro de un género que ha evolucionado para adaptarse a condiciones de baja fertilidad del suelo y a climas con precipitación reducida, siendo el primer factor el que controla la distribución de las diferentes especies.

Siguiendo esta misma línea Attiwill (1981) señala que, el género *Eucaliptus* se caracteriza por presentar bajos requerimientos de nutrientes, especialmente fósforo, donde las micorrizas ayudan a solubilizar formas de fósforo que no se encuentran accesibles para las raíces.

Para el caso de Chile, muchos de los suelos cubiertos con plantaciones de Eucaliptus o bien disponibles para ser forestados, son de origen reciente, los cuales no han experimentado una fuerte meteorización que signifique grandes pérdidas de elementos químicos del perfil del suelo. Sin embargo, debido a un uso intensivo derivado de prácticas agrícolas y ganaderas, han hecho que estos experimenten una fuerte erosión laminar unido a una pérdida de un alto porcentaje de materia orgánica que influye en la disponibilidad de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y boro (B).

El subsuelo adquiere entonces gran importancia en la nutrición de los bosques, cuando el sistema radicular ingresa a los horizontes subsuperficiales y las plantas son capaces de utilizar los nutrientes allí acumulados. Al respecto Toro (1988), señala que una fertilización inicial puede desarrollar un sistema radicular más vigoroso que permita explorar más eficientemente los recursos nutricionales del sitio.

La aplicación de nutrientes, vía fertilización durante los tres primeros años, ha tenido como resultado respuestas significativas en eucalipto, tanto en altura, como también en área basal, volumen del tronco, área foliar y biomasa aérea, si adicionalmente se eliminan las malezas existentes y se hace una buena preparación de suelo, la respuesta es aún mayor (Cromer, 1996, *cit por*, Bonomelli, 1999b).

Otros autores como Kriedeman y Cromer 1996 (*cit por*, Bonomelli, 1999a) indican que en ausencia de déficit nutricionales como de competencia por malezas, se asegura un cierre temprano del dosel y una captura efectiva del sitio.

A continuación se presenta en el cuadro 1 la demanda nutritiva de N, P y K en el suelo para plantaciones de *Eucaliptus globulus Labill* a los tres primeros años de edad.

CUADRO 1: Demanda de N, P, K en plantaciones de *Eucaliptus globulus Labill* en Chile a los tres primeros años de edad en un suelo arcilloso de la IX Región.

Edad (años)	Demanda de Nutrientes (Kg/ha)		
	N	P	K
1	20	2	18
2	90	9	75
3	150	15	130

Fuente: Barriga (2001).

2.5 Eficiencia de la fertilización.

Producto de la naturaleza de este estudio, el cual rescata conceptos y utiliza parte de la metodología de los sistemas de fertirrigación, es que resulta de gran importancia el concepto de una mayor eficiencia en la aplicación de los fertilizantes.

Según Domínguez (1989), la eficiencia de la fertilización esta dada por el método de aplicación de los fertilizantes el que depende entre otros factores de la distribución del sistema radicular, movilidad de los elementos en el suelo, el nivel de fertilidad, la capacidad de fijación del suelo de los elementos aportados en los fertilizantes, los productos fertilizantes (solubles e insolubles) y la época de aplicación (tipo de elemento nutritivo, debido a su diferente comportamiento en el suelo y el tipo de fertilizante, las condiciones del suelo).

A través del fertirriego se ha visto un incremento importante de la eficiencia en el uso de los nutrientes por los cultivos respecto de la fertilización tradicional, situación que es posible apreciar en el cuadro 2. Esto último se debe a que estos son inyectados directamente al sector donde se encuentra el 90% de las raíces y por que, al ir en el agua, tienen un vehículo de llegada directo a las raíces. En este sentido, estudios para el caso del fósforo han registrado movilidad de hasta 15 cm en profundidad, respecto de 1-2 cm/año en sistemas tradicionales, y 7 cm en lateral (Soquimich, 2001).

CUADRO 2: Comparación de rangos de eficiencia aproximada de uso de los nutrientes en fertirriego respecto de fertilización tradicional.

Nutriente	Fertilización tradicional Rango (%)	Fertirriego Rango (%)
Nitrógeno	15-50	50-80
Fósforo	5-30	30-40
Potasio	30-40	40-60
Azufre	20-50	50-80
Calcio	30-40	40-60
Magnesio	30-40	40-60
Micronutrientes	5-50	30-60

Fuente: Soquimich (2001).

2.6 Riego Localizado.

Se trata de riegos de bajo caudal de suministro de agua y alta frecuencia de aplicación que pueden llegar en algunos casos a poder ser considerados como

verdaderos riegos de precisión. De hecho, se denominan localizados, debido a que el agua se aplica en puntos concretos del suelo, de modo que solo se humedece una parte del mismo (Domínguez, 1996).

La alta frecuencia de aplicación del agua implica unas importantes consecuencias sobre el aprovechamiento, ya que al estar el suelo a la capacidad de campo o muy próximo a ella, las plantas absorben el agua con mucha facilidad (Fuentes, 1996).

El hecho de no mojar toda la superficie del suelo hace que se modifiquen algunas características de las relaciones suelo-agua-planta, tales como: reducción de la evaporación, distribución del sistema radicular, aumento de la transpiración (Fuentes, 1996).

El riego localizado incluye riego por goteo, en el cual el agua se aplica mediante dispositivos que la echan gota a gota o mediante flujo continuo, con un caudal inferior a 16 lt/hr por un punto de emisión o por metro lineal de manguera de goteo (Fuentes, 1996).

Los riegos localizados de alta frecuencia (riego por goteo, microaspersión, etc.) son los que mejor se asocian a la fertirrigación, ya que la exigencia principal es obtener la máxima uniformidad en la aplicación (Domínguez, 1996).

2.7 Fertirrigación.

Fertirrigación puede tener muchas definiciones. Según Domínguez (1996), se entiende por fertirrigación la aplicación de los fertilizantes y más concretamente, la de los elementos nutritivos que precisan los cultivos, junto con el agua de riego.

Por otra parte, según Moya (1998), consiste en dar abono disuelto en el agua de riego, distribuyéndolo uniformemente, para que, prácticamente, cada gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante.

Pero quizás la definición más precisa que permite describirlo sería: “nutrición continua del cultivo a través del agua de riego, ajustando las necesidades multiminerales de los mismos, de acuerdo a su propia dinámica de utilización de los distintos elementos, estableciendo las relaciones de absorción (nutrición balanceada), y considerando las interacciones que los mismos tienen con el suelo, aplicando los nutrientes precisos, en términos de cantidad, calidad y oportunidad, controlando constantemente las características de la solución nutritiva, con el propósito de obtener la mayor eficiencia y rendimientos de los fertilizantes, principal ventaja de los sistemas de riego localizado” (Soquimich, 2003).

Con la fertirrigación se da el alimento en óptimas condiciones para que se pueda aprovechar inmediatamente, y no tenga que pasar un tiempo más o menos largo, en disolverse y alcanzar la profundidad de las raíces (Moya, 1998).

Según Martínez (1998), el considerar un elevado costo de los fertilizantes, y la búsqueda constante de la eficiencia en su aplicación, es que hacen a la fertirrigación solo practicable en métodos de riego presurizados, en donde existe la seguridad de aprovechar al máximo todo el insumo. Es en este escenario en donde el cultivo podrá expresar todo su potencial, lo que más tarde se traducirá en altas producciones, ya sea por planta individual así como en todo el cultivo.

Martínez (1998) señala que la diferencia fundamental entre los diversos sistemas de riego aptos para la fertirrigación resulta ser su eficiencia, es decir,

la cantidad de agua utilizada directamente por la planta, en relación con el total de agua aplicada al cultivo. A continuación en el cuadro 3, se muestra la eficiencia promedio de diferentes métodos de riego.

CUADRO 3. Eficiencia en la aplicación de los métodos de riego.

Tipo	Método de Riego	Eficiencia (%)
Gravitacional	Tendido	30
	Surcos	45
	Bordes	50
	Tazas	65
	Surcos en contorno	65
Presurizado	Aspersión	75
	Micro-aspersión	85
	Goteo	90
	Cinta	90

Fuente: Reglamento Ley 18.450

De acuerdo a las ventajas que poseen los sistemas de fertirrigación respecto a otros sistemas tradicionales de fertilización, Domínguez (1996) y Fuentes (1996) señalan las siguientes:

- Asimilación eficaz de los nutrientes al estar localizados en la zona de máximo desarrollo radicular y de mayor absorción de agua.
- Adecuación de la dosificación de elementos nutritivos a las necesidades del cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo, permitiendo controlarlos en función de los objetivos concretos de producción.

- Posibilidad de realizar la aplicación de fertilizantes con el agua de riego sin las limitaciones propias de la fertilización convencional, tales como el mal tiempo, suelo húmedo, desarrollo del cultivo, etc.
- Excelente distribución de los elementos nutritivos en la superficie de cultivo.
- Costo reducido de la aplicación de fertilizante.
- Capacidad de reacción a las necesidades puntuales del cultivo en función de las características del desarrollo vegetativo.
- Reducción de compactación del suelo.
- Posibilidad de utilizar aguas con un alto contenido de sales.
- Aumento de la cantidad y calidad de las cosechas.
- Facilidad de ejecución de las labores agrícolas, al permanecer seca una buena parte de la superficie del suelo.
- Reducción del daño mecánico al cultivo mientras se ejecuta la aplicación de los fertilizantes.

2.7.1 Fertilizantes Solubles.

Al hablar de fertilizantes solubles normalmente se trata de una sal o molécula compuesta por un catión y un anión. Estas materias primas se pueden mezclar, si son física y químicamente compatibles, y dan origen a los fertilizantes solubles NPK, los cuales pueden incluir la gama completa de nutrientes que los cultivos necesitan (Soquimich, 2001).

En la actualidad no existen antecedentes de su aplicación en cultivos forestales, encontrándose solo experiencias en frutales cuyos resultados validan sus ventajas respecto a métodos tradicionales de fertilización. Según Venegas (2000), la utilización de fertilizantes solubles en huertos de palto, arroja muy buenos resultados en cuanto al rendimiento final del cultivo, que se traduce en un incremento del 25% en la cosecha, respecto a técnicas de cultivo tradicionales.

2.8 Riego en plantaciones Forestales.

En Australia se midieron durante los cuatro primeros años, luego del establecimiento, los patrones de crecimiento, ante el uso de riego, en plantaciones de *Eucaliptus globulus* y *Eucaliptus nitens*, en donde se encontraron diferencias significativas en los crecimientos de dicha especie (Honeysett et. al., 1996).

En cuanto al crecimiento en altura en *Eucaliptus globulus* se obtiene mejores respuestas ante el riego a diferencia de *Eucaliptus nitens* el cual tiene una mejor respuesta en el incremento en diámetro (Honeysett et. al., 1996).

En Australia, estudios de riego con efluentes realizados durante tres años demostraron altas respuestas en crecimiento en algunas especies como *Eucaliptus grandis* y *Pinus radiata* (Myers, 1995).

En Chile, experiencias en plantaciones de *Eucaliptus globulus* Labill en la localidad de Negrete, valle central de la VIII Región, bajo el uso del agua en diferentes regímenes riego, señalan que la condición hídrica del suelo resulta determinante en la expresión de respuesta en crecimiento de altura y desarrollo del diámetro fustal, que en definitiva producen una aceleración de los procesos de crecimiento y desarrollo (Gurovich, 1996).

De acuerdo a estudios realizados por Bonomelli (1999a), en plantaciones de *Eucalyptus globulus* en el valle central de la IX región (Collipulli), sus resultados son enfáticos en señalar que las mejores respuestas en cuanto a biomasa, altura y diámetro fueron aquellos que estuvieron sujetos a un régimen de fertilización y mayor disponibilidad de agua.

En tanto, estudios realizados en Portugal para la especie *Eucalyptus globulus*, bajo el uso de riego y fertilización, que buscaban determinar la acumulación de biomasa al cabo de 24 meses, arrojaron resultados cercanos a las 40 ton/ha (Pereira, 1989, *cit por*, Bonomelli, 1999a).

3. MATERIAL Y METODO.

3.1 MATERIAL.

3.1.1 Ubicación del Área de Estudio.

El estudio se llevo a cabo en dos predios, Casas Quemadas y Hermandad Campesina, de propiedad de las empresas Forestal y Agrícola Monteáguila S.A. y Forestal Mininco S.A., respectivamente. El primero de ellos se encuentra ubicado a 4 km al noreste del paso superior Las Maicas, sector aguada Chumulco, provincia del Bío Bío VIII Región. El segundo predio se ubica a 5 km al este de Renaico, sector San Gabriel, provincia de Malleco IX Región.

3.1.2 Plantación.

Fue realizada en Agosto del año 2002. Para tal efecto se ocupó pala a una profundidad de 15 a 20 cm y a un espaciamiento promedio de 3.8 m por 1.8 m.

Las plantas establecidas en ambos sitios provinieron del vivero de Forestal y Agrícola Monteáguila S.A., las cuales presentaron gran homogeneidad y calidad.

Debido a que luego de la plantación se registró mortalidad en un número considerable de plantas pertenecientes a los ensayos, es que resulto necesario sustituirlas, en algunos casos en más de una ocasión de modo de resguardar una correcta distribución espacial dentro de cada una de las unidades muestrales. Para tal efecto, se utilizaron plantas establecidas especialmente para esta actividad en los sitios de ensayo, las que contaban con idéntico acondicionamiento al establecimiento. Cabe señalar que el resultado de esta actividad fue insatisfactorio, debido principalmente a la condición de estrés al

que estaban expuestas las plantas durante y después del proceso de transplante.

El cuadro 4, muestra la cantidad de plantas utilizadas en cada sitio, señalando además la cantidad de plantas establecidas en cada ensayo para reposición.

CUADRO 4. Cantidad de plantas utilizadas y de reserva por área de ensayo.

Fundo	Nº Plantas utilizadas	Nº Plantas reserva
Casas Quemadas	315	30
Hermandad Campesina	315	45

Fuente: Proyecto FONDEF D011140.

3.1.3 Preparación de Sitio.

Esta actividad consideró:

- Preparación de suelo.

La preparación del suelo en ambos sitios consideró la utilización de un subsolador, profundizando en promedio a 60 cm, y a un ancho de 1-1.5 m con el objeto de favorecer la reserva de agua y ofrecer las mejores condiciones para el desarrollo radicular de las plantas para que puedan colonizar y explorar el terreno aprovechando al máximo las condiciones del sitio.

- Control de malezas.

La estrategia de control apuntó a lograr la erradicación de las malezas, de modo de evitar todo tipo de interferencia.

En ambos sitios se realizó un control pre-plantación con Simazina (2.5 lt/ha), y dos controles post-plantación. El primero, un control manual de las malezas emergentes, y un segundo con Glifosfato (3 lt/ha).

3.1.4 Instalación sistema de riego.

El sistema considero los siguientes elementos:

- Centro de Bombeo.

Compuesto por electrobombas monofásicas, sistema de filtros, red principal en tubería de PVC de 110 y 90 mm, red secundaria en tubería de PVC 40 mm, cabezales de riego, electro válvulas, programadores de riego.

- Sistema Inyector de Fertilizantes.

Esta constituido por una bomba inyectora auxiliar, del tipo centrífuga monofásica, adaptada de tal forma que permitiera un rápido montaje al sistema de riego (ver anexo 4).

Respecto a la fuente de abastecimiento de agua en los ensayos, tanto en el predio Casas Quemadas como Hermandad Campesina, esta correspondió a canales de regadío próximos a cada una de las zonas de estudio.

3.1.5 Descripción del sitio de ensayo.

3.1.5.1 Características edáficas del área de estudio.

Para el caso del sitio Casas Quemadas se tuvo:

El ensayo se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 37° 45' 16.9" S, 72° 17' 56" W, a una altitud de 210 m.s.n.m.. Presenta una topografía ligeramente plana con pendiente menor a 1%. Respecto a la vegetación, originalmente correspondía a una plantación de Eucalipto sin remoción de capas.

De acuerdo a la clasificación y apreciación agronómica (Arruda, 2002), el suelo se encuadra en un Leptosol. Corresponden a suelos delgados; presentan baja capacidad de retención de agua y pobres en nutrientes.

La naturaleza mineralógica es de arcilla dominante, una fracción de esta es de tipo caulínico, no expansiva y probablemente tiene una elevada proporción de óxidos de fierro.

Para el caso del sitio Hermandad Campesina se tuvo:

El ensayo se encuentra ubicado en las coordenadas UTM 719.198 E, 5826.978 N , a una altitud de 103 m.s.n.m.. Presenta una topografía ligeramente plana, con una pendiente menor a 2%, y un perfil abierto entre líneas de plantación. Respecto a la vegetación, originalmente correspondía a un terreno agrícola con pradera natural. Período lluvioso entre los meses de mayo a agosto, en donde se concentra el 80 % de las lluvias. Período seco (deficitario), comprendido entre los meses de septiembre a abril con períodos muy secos de diciembre a febrero.

De acuerdo a la clasificación y apreciación agronómica (Arruda, 2002), se trata de un Vertisol derivado de materiales no calcáreos, prácticamente sin carbonato de calcio en el perfil, con nódulos de manganeso a profundidades mayores a 60 cm, reflejando un drenaje interno muy ineficiente cuando está saturado. La presencia de elementos de cuarzo, muestra que se trata de un material de otro origen (desmonte de colinas circundantes), probablemente de origen aluvial. Es un suelo muy profundo, de elevado potencial auto-estructurante (expansión-contracción, por los procesos de humedecimiento y de desecación del suelo).

3.1.5.2 Descripción del Ensayo.

El ensayo es el mismo para los dos sitios mencionados, el cual comprende un Diseño de Bloques Completamente al Azar, con tres bloques y tres repeticiones. Respecto a la definición de los bloques, esta fue realizada utilizando como criterio la pendiente, definiendo en terreno tres rangos dentro de los cuales se reconocen alto-medio-bajo. En cuanto a los tratamientos, estos aparecen en el cuadro 5.

CUADRO 5. Tratamientos ensayo fertirriego.

Tratamiento	Aporte de agua	Aporte de nutrientes / planta
T1	Riego diario	Sin aporte de nutrientes
T2	Riego diario	Dosis de 2g N; 4g P ₂ O ₅ ; 2g K ₂ O
T3	Riego diario	Dosis de 4g N; 8g P ₂ O ₅ ; 4g K ₂ O

Fuente: Proyecto FONDEF D011140.

Las parcelas en estudio contemplan 35 plantas de las cuales sólo las 15 centrales fueron medidas y el resto actuaron como área buffer entre las parcelas tratadas. La información general de las parcelas en ambos sitios se observa en el cuadro 6.

CUADRO 6: Características de las parcelas experimentales en los predios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.

	Casas Quemadas	Hermandad Campesina
Forma	Rectangular	Rectangular
Área de la parcela	239 m ²	280 m ²
Espaciamiento	3.5 m * 2 m	4 m * 2 m
Nº de pl/parcela	35 (7 pl * 6 hileras)	35 (7 pl * 6 hileras)
Nº de plantas medibles	15 (5 pl * 3 hileras)	15 (5 pl * 3 hileras)

Respecto a la monumentación de los ensayos, esta actividad consideró la instalación de un identificador (estaca) en cada parcela, con una codificación que señala el tipo de ensayo, el bloque y el número de parcela, junto a otras tres estacas que en su conjunto indican los límites de la parcela y la primera planta medible. Lo anterior es posible apreciarlo en la figura 1. Otras actividades de monumentación persiguieron objetivos tales como el resguardo de las bandejas de evaporación y de identificación de peligro en la zona de calicatas.

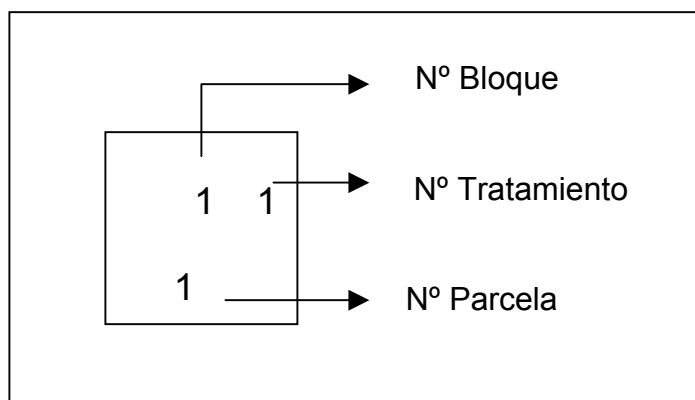


FIGURA 1: Codificación ensayos de fertirriego.

3.2 METODO.

3.2.1 Riego y Fertilización.

El riego fue diario, calculado a partir del criterio de reposición de agua en base al 75 % del total de agua evaporada en una bandeja de evaporación tipo A instalada en cada uno de los ensayos (ver anexo 6). Su aplicación se realizó a partir del mes de febrero hasta fines de abril. Para tal efecto se utilizó un gotero por planta, el cual hizo entrega del agua a un caudal de 4 lt/hr, cantidad que se aplicó de manera constante en todos los tratamientos.

Respecto del tipo de fertilizantes solubles a aplicar, este correspondió a uno del tipo multimineral formulado en una combinación NPK 15 - 30 - 15 (% p/p), 100% libre de Nitrógeno Amídico (Urea) y Cloruro de Potasio, diseñado para estimular la brotación de raíces, tallos y hojas, gracias a su balance y contenido de nutrientes, en especial de fosfato.

La aplicación de los fertilizantes solubles, se realizó de manera parcializada para cada tratamiento, durante los meses de febrero a marzo del año 2003. A

continuación en el cuadro 7, a parecen las cantidades parciales y el total de fertilizantes solubles NPK aplicados, junto con el total de elementos NPK aportados por cada tratamiento.

CUADRO 7. Aporte de nutrientes aplicados vía fertilizantes solubles.

Fecha Aplicación	Tratamiento 2 (g / pl)	Tratamiento 3 (g / pl)
10 - 14 febrero	13	13
17 - 21 febrero	0	13
24 - 28 febrero	13	13
03 - 08 marzo	0	13
Total fertilizantes solubles (g / pl)	26	52
Aporte total por elemento (g / pl)	4 g de N 8 g de P ₂ O ₅ 4 g de K ₂ O	8 g de N 16 g de P ₂ O ₅ 8 g de K ₂ O

3.2.2 Obtención de Datos.

3.2.2.1 Medición Variables de Crecimiento.

Para estudiar el efecto de la aplicación de fertilizantes solubles en el crecimiento de las plantas se midieron para cada tratamiento y repetición las siguientes variables de estado:

- **Altura Total (HT):** Esta variable se midió en cada una de las plantas desde la base hasta el ápice con una huincha diamétrica.

- Diámetro a la altura del cuello (DAC): Esta variable fue medida en cada planta con un pie de metro.

La medición de estas variables se realizó mensualmente, a contar de febrero del año 2003, a cinco meses de establecidas las plantaciones, hasta el mes de julio del mismo año.

3.2.2.2 Estimación de Productividad.

La productividad fue estimada mediante el calculo del índice de biomasa, el cual se obtuvo a partir de las variables diámetro a la altura del cuello y altura total anteriormente mencionados.

$$\text{Indicador de Biomasa (cm}^3\text{)} = D^2 * H$$

Donde D: Diámetro a la altura del cuello (cm)
 H: Altura total (cm)

3.2.3 Muestreo de Raíces.

Con el propósito de conocer si la aplicación de las distintas dosis de fertilizantes solubles manifestó diferencias en el desarrollo a nivel radicular, es que se procedió a realizar un muestreo de raíces en cada uno de los ensayos. Para tal efecto se llevo a cabo un muestreo destructivo, en donde se procedió a extraer y medir en ambos sitios 1 planta por parcela para cada uno de los tratamientos y en cada uno de los 3 bloques, lo que hizo un total de 9 plantas por ensayo.

Específicamente se realizó una excavación que removió un volumen de suelo de 140 cm en el sentido de la línea de plantación, por 120 cm de ancho, y a una profundidad relativa de 70 cm según el tipo de sustrato en donde se encontraba

la planta. En cada punto se removió el suelo desde la periferia hacia el interior de esta área en cuyo centro se encontraba la planta. La excavación se ejecutó cuidadosamente para dañar lo menos posible el sistema radicular de las plantas en estudio y permitir realizar observaciones detalladas sobre su condición.

Para este propósito se utilizó una metodología desarrollada a partir de experiencias llevadas a cabo por Goncalves (2000) y Marin (2002) en el estudio de sistemas radiculares de especies forestales, la cual considero la evaluación de los siguientes parámetros:

- Largo y número de raíces principales. Para esto se consideraron como tales aquellas raíces notoriamente más gruesas que el resto y que estaban ubicadas en el sentido del eje de la planta.
- Largo y número de raíces secundarias. Se consideraron como tales aquellas raíces mucho más delgadas que las principales, que estuvieran ubicadas alrededor de las mismas y que además poseyeran una gran cantidad de pequeñas raíces absorbentes.

Al mismo tiempo, con el propósito de conocer si la aplicación de las distintas dosis de fertilizantes solubles manifestó diferencias en el contenido de materia seca a nivel radicular, es que se procedió a determinar el contenido de materia seca (promedio) para cada uno de los tratamientos, esto último con las mismas plantas extraídas desde los ensayos. Para ello, primero se determinó en terreno el peso húmedo (P_H) del sistema radicular completo, esto es raíz(es) principal(es), raíces secundarias y raíces absorbentes. Luego, cada una de las muestras fueron ingresadas a una estufa de secado a 105°C durante 24 horas, para finalmente determinar el peso seco (P_S) de las muestras.

3.2.4 Procesamiento de la Información.

Con la información obtenida de las mediciones, se llevó a cabo un análisis cuantitativo y cualitativo de las variables de interés.

Con el propósito de analizar la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos, se realizó un análisis de varianza de los factores.

Posteriormente, los datos fueron sometidos a una prueba de comparación múltiple para diferenciación de medias, luego de una depuración mediante la eliminación de datos atípicos (e.g. árboles muertos y transplantados). Para esto, fue utilizada la prueba DMS (Diferencia Mínima Significante) con un nivel de confianza del 95 %.

A su vez, se hizo una revisión en terreno de las raíces de las plantas para caracterizarlas cualitativamente y relacionar esta información con la de carácter cuantitativo.

Finalmente, con las mismas plantas extraídas desde los ensayos se procedió a determinar el contenido de materia seca (promedio), esto a nivel radicular para cada uno de los tratamientos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Información de Suelo.

Del análisis de suelo para ambos sitios, se obtuvo los siguientes resultados que aparecen en el cuadro 8.

CUADRO 8: Análisis químico de suelo para los predios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.

Variable	Casas Quemadas	Hermandad Campesina
pH en H ₂ O	4.9	6.4
M. Orgánica %	7.5	4.2
P Disponible ppm	5	11
K Disponible ppm	62	117
S Disponible ppm	4.1	7
Ca Interc. meq/100 g	1.8	8.8
Mg Interc. meq/100 g	0.9	5.5
Na Interc. meq/100 g	0.1	0.2
K Interc. meq/100 g	0.2	0.3
Al Interc. meq/100 g	2.1	0
Suma de bases Interc. Meq/100 g	5.1	14.8
% Saturación de Al	42	0
Al Extractable ppm	591	56
Capac. Fijadora de P	MEDIA	BAJA
Zn Disponible ppm	0.2	0.9
Cu Disponible ppm	1.8	4.7
B Disponible ppm	0.5	0.4

Fuente: FONDEF D011140.

Ahora bien, considerando los estándares nutricionales para la especie *Eucalyptus globulus* que aparecen en UACH (2002), en el caso de los predios Casas Quemadas y Hermandad Campesina, el análisis arrojó los siguientes resultados, los cuales aparecen a continuación en el cuadro 9.

CUADRO 9: Estado nutricional para la especie *Eucalyptus globulus* L. en los predios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.

Parámetro	Casas Quemadas	Hermandad Campesina
PH	Fuertemente ácido	Débilmente ácido
P	Bajo	Alto
Al	Bajo	Muy bajo
K	Levemente bajo	Alto
S	Bajo	Medio
Suma de Bases	Bajo	Alto
Zn	Bajo	Bajo
B	Levemente bajo	Bajo
Cu	Alto	Alto

El análisis indicó que ambos suelos ubicados en el valle central poseían diferencias importantes. En el caso particular del predio Casas Quemadas, el nivel de fertilidad que presentan los macronutrientes P y K en el suelo, resultan ser bajos pudiéndose esperar una respuesta en crecimiento de magnitud mayor, producto del aporte de fertilizantes solubles vía riego por goteo. Para el caso del predio Hermandad Campesina, la fertilidad química en general se encuentra en niveles altos, pudiéndose esperar preliminarmente que la respuesta en crecimiento a los aportes de NPK vía fertilización, no sea de una gran magnitud.

4.2 Cantidad de agua aplicada.

Respecto al total de agua aplicada durante el periodo febrero-abril, esta se determinó a partir de las ganancias de agua en el suelo. De esta manera se consideró aquella que proviene del agua de riego aplicada en cada planta durante este periodo, y los aportes producto de las precipitaciones en la zona que fueran superiores a 5 mm diarios. Producto de la proximidad de los sitios de ensayo y la naturaleza de este parámetro meteorológico, se consideraron los mismos datos de precipitación para ambos sitios.

Al respecto, en el cuadro 10 aparecen los aportes de agua en el suelo promedio para el periodo febrero-abril para ambos sitios.

CUADRO 10: Aportes de agua promedio por planta para el periodo febrero-abril, en los sitios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.

Mes	Casas Quemadas		Hermandad Campesina	
	pp (mm)	Riego (Lt)	pp (mm)	Riego (Lt)
Feb	0	82.5	0	89.3
Mar	0	74.2	0	100
Abr	31.8	57	31.8	78
Total	31.8	213.7	31.8	267.3
Agua aplicada (Lt/planta)	213.8		267.4	

4.3 Información climática.

Con respecto al clima existente en la zona de estudio, se tiene que las temperaturas máximas se registran entre los meses de diciembre a marzo las cuales se encuentran dentro del período seco de la zona de estudio, en donde la precipitación en promedio no supero los 15 mm en dicho periodo, lo cual es posible apreciar en la figura 2. Así mismo se puede ver que los niveles más bajos de precipitación coinciden con las temperaturas máximas registradas, las que fueron del orden de los 26° C.

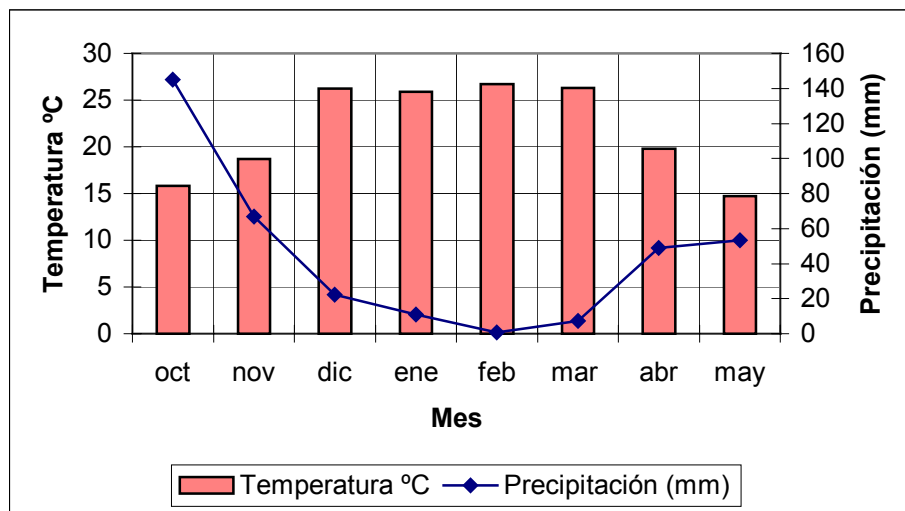


FIGURA 2: Temperatura y precipitación de la zona de estudio. Fuente: informe meteorológico diario 2002-2003. Estación La Granja. Forestal Mininco.

Producto de la información recopilada, se puede afirmar entonces que las plantas en ambos sitios debieron enfrentar una condición de alto estrés hídrico durante los meses de diciembre 2002 y enero 2003, periodo en el cual no recibieron aportes de agua vía riego por goteo.

4.4 Análisis Estadístico.

A continuación se presenta la información obtenida transcurrido 6 meses de efectuada la aplicación de fertilizantes solubles en cada una de las parcelas de ambos sitios, las que corresponden a las variables DAC, HT e IBIOM en los predios Casas Quemadas y Hermandad Campesina.

4.4.1 Casas Quemadas.

4.4.1.1 Diámetro a la Altura del Cuello.

Según el test DMS, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas a los tratamientos de ambas dosis de aplicación de fertilizante soluble (T2 y T3), formando estos un grupo homogéneo estadísticamente, que si se diferenciaron de la respuesta obtenida bajo la condición de sólo riego (T1). Lo anterior es posible apreciarlo en el anexo 1 en donde se muestran indicadores de dispersión y tendencia central para la variable DAC.

Ahora bien, al apreciar la figura 3, el análisis de los datos mostraron una mayor respuesta en el crecimiento diametral en los tratamientos fertilizados a través del agua de riego, esto es T2 y T3, respecto al testigo T1; con una media para los dos primeros de 3.34 cm, siendo esta un 20 % superior a la respuesta obtenida en condiciones sin aplicación de fertilizantes solubles (T1).

A partir del resumen estadístico que aparece en el anexo 1, es posible observar que para cada tratamiento, las variables de dispersión presentan una considerable variabilidad para el DAC, esto debido a que durante el primer año los árboles expresan su crecimiento individual y no en competencia. Sin embargo en el caso de los tratamientos fertilizados se reconoce que el

coeficiente de variación resulto ser un 40 % menor respecto al testigo, lo cual indica una tendencia, al corresponder a plantas que resultan ser significativamente mas homogéneas entre si, condición que es esperada en todo cultivo forestal.

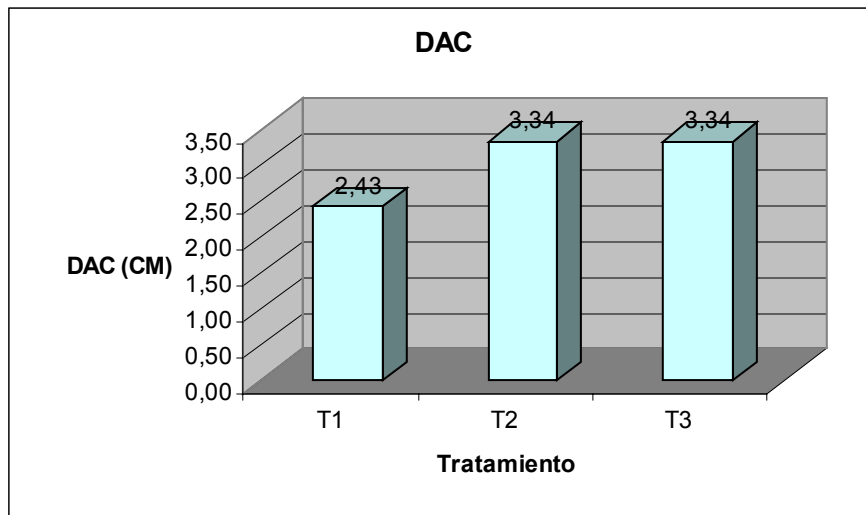


FIGURA 3: Comparación de medias para la variable DAC (cm) por tratamiento para el predio Casas Quemadas.

Al comparar las respuestas obtenidas con otras experiencias, estas fueron inferiores a los valores en diámetro a la altura del cuello obtenidos por Montoya (2000) en un ensayo realizado en el valle central de la VIII Región, bajo régimen de riego (microaspersión) y fertilización general completa al establecimiento, los que fueron del orden de los 6 cm en diámetro para *Eucaliptus nitens* al cabo de un año desde el establecimiento.

4.4.1.2 Altura Total.

Respecto a los resultados que arrojo el test DMS, no existieron diferencias significativas entre las respuestas a los distintos tratamientos, esto es (T1), (T2) y (T3), formando estos un grupo homogéneo estadísticamente (ver anexo 1).

A partir de la figura 4, se puede observar la existencia de una tendencia a una mayor respuesta de crecimiento en altura en los tratamientos fertilizados a través del agua de riego, esto es (T2) y (T3), respecto al testigo (T1). Las respuestas de crecimiento en altura a los tratamientos, según la grafica de medias, decrece en el siguiente orden: dosis baja de fertilizantes solubles (T2) 17% mayor que (T1), dosis alta de fertilizantes solubles (T3) 16.6% mayor que (T1) y finalmente sólo riego (T1).

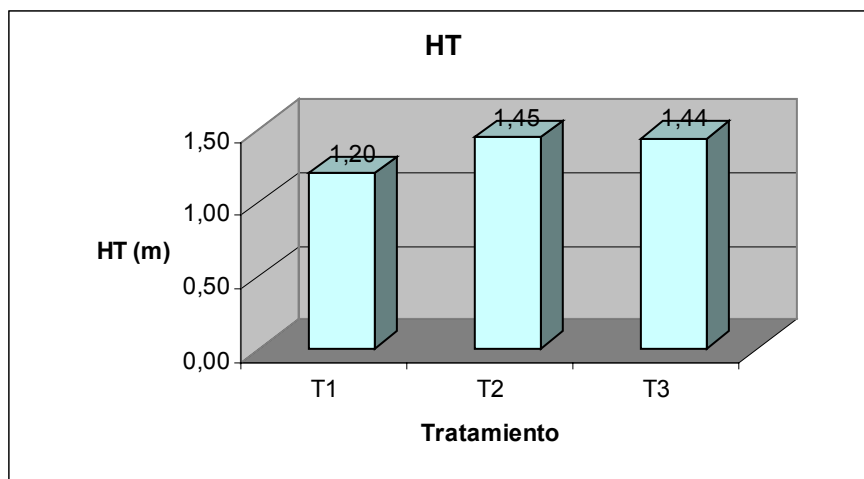


FIGURA 4: Comparación de medias de la variable HT (m) por tratamiento para el predio Casas Quemadas.

Al analizar estos resultados, y considerando por un lado lo planteado por Donoso (1993) respecto al comportamiento de esta variable, y por otro lado las

experiencias llevadas a cabo por autores como Cromer (1993) y Pereira *et al.* (1989), citados por Bonomelli (1999a), la inexistencia de diferencias significativas en el caso de los tratamientos propuestos, se puede deber a que el desarrollo de la variable altura total no registra diferencias durante los 12 primeros meses desde el establecimiento, y solo a partir desde este momento es posible encontrar diferencias en el crecimiento bajo la aplicación de distintos esquemas de manejo.

Ahora bien, comparando esta experiencia con las respuestas obtenidas por otros autores, tenemos que Honeysett, citado por Montoya (2000), en el sureste de Tasmania (Australia), bajo régimen de riego (microaspersión) y fertilización con 120 Kg/ha de fosfato elemental (superfosfato triple) y 100 Kg/ha de nitrógeno elemental (urea) al establecimiento, obtuvo resultados en altura que fueron del orden de 115 y 88 cm en *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* respectivamente. Por otra parte, Bonomelli (1997) en plantaciones del género *Eucalyptus*, al cabo de un año obtuvo respuestas en altura que alcanzaron los 250 cm, bajo condiciones de fertilización y riego en el valle central de la VIII Región. Así también, Montoya (2000) obtuvo respuestas en altura que fueron del orden de los 210 cm, en plantaciones de *Eucalyptus nitens*, bajo régimen de riego (microaspersión) y fertilización inicial al cabo de un año desde el establecimiento.

4.4.1.3 Indicador de Biomasa D²H.

La variable indicadora de productividad D²H respondió de la misma forma que la variable altura total a los distintos tratamientos. Esto es, de acuerdo al test DMS no existieron diferencias significativas entre las respuestas a los distintos tratamientos (T1), (T2) y (T3), formando estos un grupo estadísticamente homogéneo (ver anexo 1).

Sin embargo, al apreciar la figura 5 se pudo observar una tendencia de una mayor respuesta del indicador de biomasa en los tratamientos fertilizados a través del agua de riego, (T3) y (T2), respecto al testigo (T1). Las respuestas de la variable indicadora de biomasa, según la grafica de medias, decrece en el siguiente orden: dosis alta de fertilizantes solubles (T3) 37% mayor que (T1), dosis baja de fertilizantes solubles (T2) 36% mayor que (T1) y finalmente sólo riego (T1).

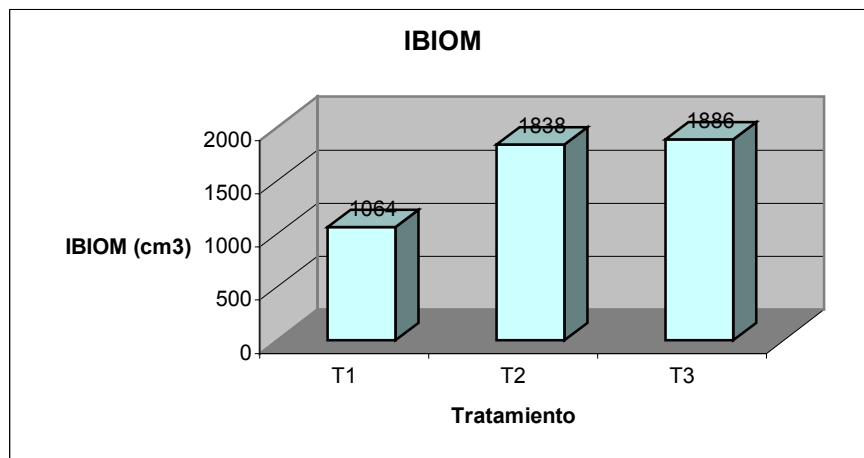


FIGURA 5: Comparación de medias para la variable Indicador de Biomasa D^2H (cm^3) por tratamiento para el predio Casas Quemadas.

Respecto a la variabilidad presente para el caso del indicador de biomasa D^2H (ver anexo 1), esta es muy alta en todos los tratamientos superando la variabilidad individual que presentan cada una de las variables que la conforman. Esto último, debido a la naturaleza de esta variable, la cual se amplifica de una potencia (producto de las variables individuales que la conforman) a una potencia de tres.

Otros autores, como Bonomelli (1997), obtuvo respuestas en *Eucaliptus globulus* para el indicador de biomasa D^2H , del orden de $11.614 cm^3$ en el valle

central de la VIII Región, al primer año de establecimiento, sujeto a un manejo que incluyó fertilización con riego gravitacional. Por otro lado, Montoya (2000) en plantaciones de *Eucalyptus nitens*, para el indicador de biomasa obtuvo respuestas que alcanzaron los 8567 cm³, al primer año de establecimiento, bajo condiciones de riego (microaspersión) y fertilización general completa al establecimiento.

Cabe destacar, que las respuestas de *Eucalyptus globulus* a los distintos tratamientos no expresaron todo su potencial de crecimiento debido a que las plantas del ensayo en su totalidad, al momento de hacer efectivo los distintos tratamientos se encontraban muy deprimidas. Es necesario considerar que, hasta fines de enero, en el ensayo sólo se había llevado a cabo controles de maleza sin ningún otro tipo de manejo. En definitiva lo que se realizó fue una entrega de agua disponible para las plantas ya bien entrada la estación seca en la zona, y por otro lado una aplicación de fertilizantes solubles de manera posterior al establecimiento de las plantas (principios de febrero), lo cual condicionó que no se presentaran en prácticamente ninguna de las variables en estudio diferencias significativas entre los tratamientos propuestos y el testigo.

4.4.2 Hermandad Campesina.

4.4.2.1 Diámetro a la Altura del Cuello.

Según el test DMS, no existieron diferencias significativas entre las respuestas a los distintos tratamientos, esto es (T1), (T2) y (T3), formando estos un grupo estadísticamente homogéneo (ver anexo 1).

Al apreciar la figura 6, se observó la existencia de una tendencia a una mayor respuesta en el crecimiento diametral en los tratamientos fertilizados a través

del agua de riego, esto es T2 y T3, respecto al testigo T1. Las respuestas de la variable diámetro a la altura del cuello, según la gráfica de medias, decrece en el siguiente orden: dosis simple de fertilizantes solubles (T2) 26 % mayor que (T1), dosis doble de fertilizantes solubles (T3) 12 % mayor que (T1) y finalmente solo riego (T1).

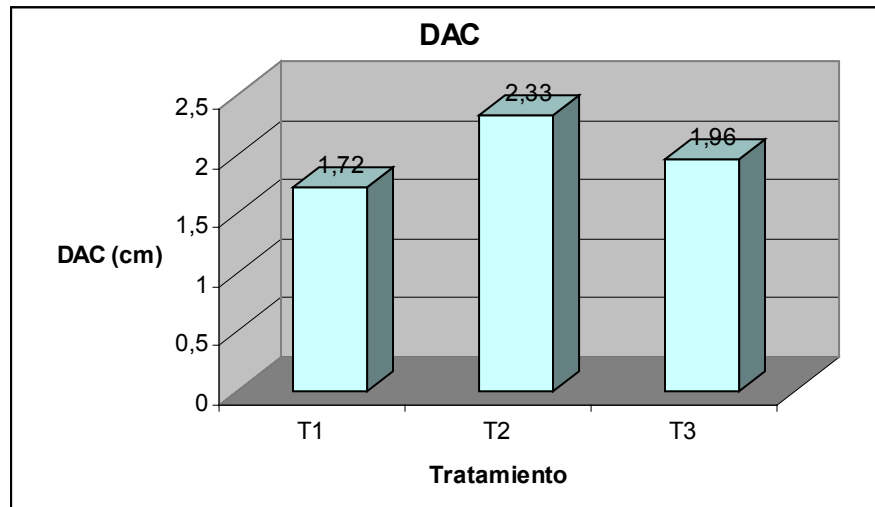


FIGURA 6: Comparación de medias de la variable DAC (cm) por tratamiento para el predio Hermandad Campesina.

4.4.2.2 Altura Total.

La variable altura total respondió de igual manera que la variable diámetro a la altura del cuello a los distintos tratamientos.

Según el test DMS, no existieron diferencias significativas entre las respuestas a los distintos tratamientos, esto es (T1), (T2) y (T3), formando estos un grupo homogéneo estadísticamente (ver anexo 1).

Respecto a las respuestas de crecimiento en altura a los tratamientos, estas aparecen a continuación en la figura 7. Al igual que en los casos anteriores, se reconoce una tendencia de una mayor respuesta en crecimiento en altura en los tratamientos fertilizados T3 y T2, respecto al testigo T1. Las respuestas de la variable altura total, según la gráfica de medias, decrece en el siguiente orden: dosis alta de fertilizantes solubles (T3) 23% mayor que (T1), dosis baja de fertilizantes solubles (T2) 14% mayor que (T1) y finalmente solo riego (T1).

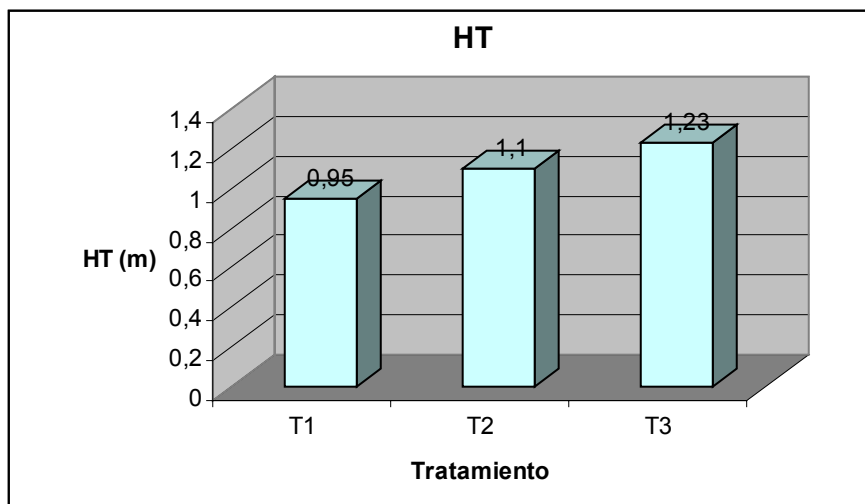


FIGURA 7: Comparación de medias de la variable HT (m) por tratamiento para el predio Hermandad Campesina.

4.4.2.3 Indicador de Biomasa D^2H .

Para el caso de la variable índice de biomasa, esta respondió de la misma forma que las variables altura total y diámetro a la altura del cuello a la aplicación de los distintos tratamientos.

De acuerdo al test DMS, no existieron diferencias significativas entre las respuestas a los distintos tratamientos, esto es (T1), (T2) y (T3), formando estos un grupo estadísticamente homogéneo (ver anexo 1).

A partir de la figura 8, se observó una tendencia de una mayor respuesta del indicador de biomasa en los tratamientos fertilizados a través del agua de riego, (T2) y (T3), respecto al testigo (T1). Las respuestas de la variable indicadora de biomasa, según la gráfica de medias, decrece en el siguiente orden: dosis baja de fertilizantes solubles (T2) 39% mayor que (T1), dosis alta de fertilizantes solubles (T3) 31% mayor que (T1) y finalmente solo riego (T1).

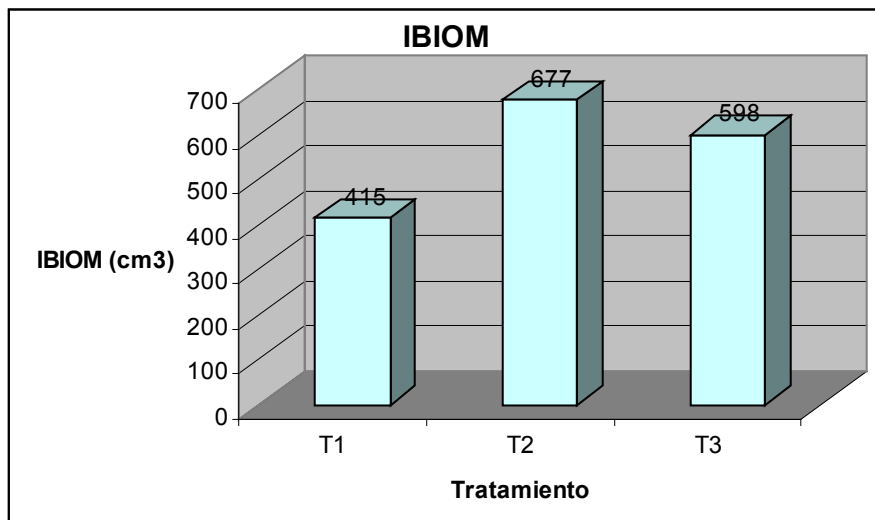


FIGURA 8: Comparación de medias para la variable Indicador de Biomasa D^2H (cm^3) por tratamiento para el predio Hermandad Campesina.

Al buscar elementos que justifiquen la respuesta insatisfactoria de las distintas variables de estado, esto es DAC, HT y IBIOM, a la aplicación de los distintos tratamientos propuestos en el ensayo Hermandad Campesina, se encontró al igual que en el predio Casas Quemadas, que esto se debió a la sobre exposición de las plantas a condiciones de stress, tanto a nivel nutricional como a nivel de agua disponible para la planta, producto de una entrega tardía de estos elementos. Este efecto se acentuó aún más para el ensayo en particular, producto de las condiciones propias del sitio y el clima existente en la zona; de apreciaciones en terreno se puede mencionar que, por ejemplo durante el

periodo de invierno y parte de la primavera (desde mayo hasta octubre) se encontró un suelo sobresaturado de agua lluvia y afloramiento de las napas subterráneas, encontrándose buena parte de las plantas del ensayo en un estado de anoxia durante este periodo de tiempo. En este sentido, durante los meses de enero se logró determinar que la napa subterránea se encontraba a una profundidad de 15 cm bajo la superficie del suelo, situación que en definitiva condicionó que no se produjera una adecuada respiración a nivel radicular.

Por otra parte, producto de la naturaleza del suelo, del tipo limo arcilloso, y por presentar un elevado potencial auto-estructurante, durante la estación estival, cuando disminuye la cantidad de agua en el suelo disponible para la planta y el número de horas de insolación por día comienza a aumentar, la estructura del suelo se modifica tornándose seco en la superficie y bastante agrietado (Arruda, 2002), afectando la totalidad del ensayo. Esta condición afecta incluso la eficiencia del riego durante el periodo en que esta actividad se llevó a cabo, ya que al tratarse de un riego localizado de bajo débito, la distribución del agua en el suelo será a través de las grietas (ver anexo N°5), pasando rápidamente a niveles más bajos en el perfil del suelo sin quedar a disposición de las raíces de las plantas (Arruda, 2002). Es por estos motivos, y dada la condición particular de sitio, es que lo hacen inadecuado para continuar el desarrollo de este estudio, proponiéndose suspender el seguimiento de este ensayo.

Al considerar experiencias satisfactorias de otros autores en la respuesta a las variables de estado consideradas en este estudio, sujetos a esquemas de manejo que en general presentan niveles menores en cuanto a su porcentaje de eficiencia, ya sea en el riego o en la absorción de nutrientes, hacen necesario considerar para el caso del predio Casas Quemadas, repetir la experiencia, esta vez dando inicio al riego a comienzos de la estación seca en la zona, época en la cual por un lado existe un aumento de las temperaturas y

la evapotranspiración, y a su vez ocurre una disminución de las precipitaciones. De la misma forma se debe considerar llevar a cabo una fertilización inicial o de fondo al establecimiento, para luego realizar la aplicación de fertilizantes solubles de manera parcializada, de acuerdo a las distintas necesidades nutricionales que presenta la especie durante el periodo fisiológicamente mas activo de esta.

4.5 Análisis Radicular.

4.5.1 Descripción Cuantitativa y Cualitativa.

En el cuadro 11 aparecen los resultados de las mediciones respecto al número y largo de la(s) raíces principales y raíces secundarias de las plantas seleccionadas para este propósito, tanto para el ensayo en el predio Casas Quemadas como para el predio Hermandad Campesina.

CUADRO 11: Valores promedio de raíces principales y secundarias (Número, largo (cm) y largo máximo (cm)) para los ensayos Casas Quemadas y Hermandad Campesina.

Tratamiento	Raíces principales			Raíces secundarias		
	R.P	Largo (cm)	Lmax (cm)	R.S	Lprom (cm)	Lmax (cm)
Casas Quemadas						
T1	1	68	70	7	35	55
T2	1	72	75	12	40	61
T3	2	97	112	14	46	58
Hermandad Campesina						
T1	1	37	37	5	24	31
T2	1	53	53	7	37	47
T3	1	54	54	15	39	49

Donde: R.P= Número de raíces principales.

R.S= Número de raíces secundarias.

Lmax= Largo máximo de la raíz secundaria.

Lprom= Largo promedio.

El cuadro 11, nos permite observar que en el sitio Casas Quemadas los tratamientos que consideraron la aplicación de fertilizantes solubles presentaron un mayor desarrollo radicular.

De esta forma es posible reconocer que, la aplicación de una dosis alta de fertilizantes solubles (T3) fue la que presentó el mayor desarrollo y número de raíces, esto es, 2 raíces principales con un largo promedio de 97 cm, y 14 raíces secundarias con un largo promedio de 46 cm. Además, presentó un sistema radicular muy bien desarrollado, con una raíz principal gruesa que desciende a través del perfil del suelo, en donde es posible encontrar distribuidas de manera uniforme y compacta las raíces secundarias junto a una gran cantidad de raíces absorbentes, ocupando la porción del perfil del suelo entre los 6 a 35 cm de profundidad.

Al igual que en el caso anterior, la aplicación de una dosis baja de fertilizantes solubles (T2), presentó un sistema radicular bien desarrollado, con una raíz principal de un largo de 72 cm, y 12 raíces secundarias con un largo promedio de 40 cm, las que se encuentran distribuidas en la porción del perfil del suelo que comprende entre los 3 a 25 cm de profundidad. Para este caso, lo que lo diferencia del tratamiento anterior, es que tanto raíces secundarias como raíces absorbentes se encuentran distribuidas de manera mas localizada, próximas al cuello de la planta ocupando un menor volumen de suelo.

En el caso de la aplicación de sólo riego (T1), fue el que presentó el más bajo desarrollo de raíces, con una raíz principal de un largo de 68 cm , 7 raíces

secundarias con un largo promedio de 35 cm y un gran número de raíces absorbentes. En este caso fue posible reconocer un sistema radicular menos desarrollado, presentando una raíz principal de mayor grosor, y tanto raíces secundarias como absorbentes distribuidas en la porción del perfil del suelo comprendido entre los 3 a 15 cm de profundidad.

El análisis radicular efectuado en el predio Hermandad Campesina nos permitió observar que los tratamientos fertilizados poseían un mayor desarrollo respecto del testigo. De la misma forma es posible reconocer en todas las plantas del ensayo, daños mecánicos producto de la acción del viento durante gran parte de las estaciones de otoño e invierno, lo que provocó la aparición de protuberancias a la altura del cuello de las plantas.

En particular, la aplicación de una dosis alta de fertilizantes solubles (T3), fue la que presentó el mayor desarrollo y número de raíces, esto es, 1 raíces principales con un largo de 54 cm, y 15 raíces secundarias con un largo promedio de 36 cm. Presenta un sistema radicular bien desarrollado, con una raíz principal gruesa, en donde, entorno a esta es posible encontrar distribuidas de manera uniforme y compacta las raíces secundarias junto a una gran cantidad de raíces absorbentes, ocupando la porción del perfil del suelo que comprende entre los 4 a 25 cm de profundidad.

La aplicación de una dosis baja de fertilizantes solubles (T2) presentó un marcado desarrollo de raíces a la altura del cuello distribuidas alrededor del eje de la planta, con presencia de una raíz principal de 53 cm de largo, 7 raíces secundarias con un largo promedio de 37 cm y gran cantidad de raíces absorbentes. Estas dos últimas ocupando la porción del perfil del suelo que comprende entre los 3 a 18 cm de profundidad.

En el caso de la aplicación de sólo riego (T1), fue el que presentó el desarrollo radicular más deficiente, poco profundo y con raíces muy delgadas. Encontramos aquí, una raíz principal poco desarrollada de 37 cm de largo, 5 raíces secundarias con un largo promedio de 24 cm, junto a una gran cantidad de raíces absorbentes distribuidas a partir del cuello de la planta. Presentó un desarrollo de raíces secundarias y absorbentes concentrado entre los 3 a 14 cm del perfil del suelo de profundidad. La información respecto a lo antes mencionado aparece en el anexo 2.

En el caso del sitio Hermandad Campesina el menor desarrollo que presentaron las plantas a nivel radicular en comparación al sitio Casas Quemadas resulta ser el resultado de condiciones de sitio inapropiadas, atribuible en gran medida al exceso de agua en el suelo durante los periodos de invierno y primavera, durante los cuales las plantas se mantienen en un estado de anoxia, lo que en definitiva provoca una disminución en los procesos de respiración y elongación radicular.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por Marin (2002), en un estudio realizado en el valle central de la VIII para la misma especie, el cual consideró el desarrollo de un análisis radicular, los resultados fueron levemente mayores a los obtenidos en el predio Casas Quemadas, ya sea tanto en el número como en el tamaño de raíces principales y secundarias. En el caso del sitio Hermandad Campesina los resultados fueron considerablemente menores en todos los parámetros de comparación, esto es número y tamaño de raíces.

De todo este análisis, resulta recomendable entonces, no continuar el desarrollo del ensayo en el caso del predio Hermandad Campesina. Mientras que, para el caso del predio Casas Quemadas, a la luz de los resultados, se puede presumir que el mayor desarrollo radicular de los tratamientos más intensivos podrían expresar un mayor crecimiento potencial durante las próximas temporadas,

razón por la cual hacen aconsejable continuar en el futuro con las evaluaciones.

4.5.2 Determinación del Contenido de Materia Seca.

En el cuadro 12 se presentan los resultados correspondientes a la determinación del contenido de materia seca (promedio) para cada uno de los tratamientos, tanto para el ensayo en el predio Casas Quemadas como en Hermandad Campesina.

CUADRO 12: Valores promedio del contenido de materia seca (%), peso húmedo (g) y peso seco (g) para cada uno de los tratamientos en los ensayos Casas Quemadas y Hermandad Campesina.

Tratamiento	PHum (g)	PSec (g)	C.M.S. (%)
Casas Quemadas			
T1	413	88	21
T2	724	146	20
T3	1514	307	20
Hermandad Campesina			
T1	187	34	18
T2	461	79	17
T3	412	73	18

Donde: PHum= Peso Húmedo.

PSec= Peso Seco.

C.M.S.= Contenido de Materia Seca (porcentaje respecto al Peso Húmedo).

Al apreciar el cuadro 12 se observa que en el sitio Casas Quemadas, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados y el testigo.

Se encontraron diferencias respecto al tamaño del sistema radicular en los distintos tratamientos, lo que tiene directa relación con la existencia de diferencias en cuanto al peso (húmedo y seco) de los mismos.

En la aplicación de una dosis alta de fertilizantes solubles (T3), se registró un peso húmedo de 1514 g, y un contenido de materia seca del 20 %.

Para el caso de la aplicación de una dosis baja de fertilizantes solubles (T2), esta alcanzó un peso húmedo de 724 g, y un contenido de materia seca del 20 %.

En el caso de la aplicación de sólo riego (T1), esta presentó el menor peso húmedo, 413 g, pero el mayor contenido de materia seca (21 %).

En la determinación del contenido de materia seca en el caso del predio Hermandad Campesina, no existieron claras diferencias entre los tratamientos fertilizados y el testigo.

Así también es posible inferir que existieron diferencias respecto al tamaño del sistema radicular, lo cual se asocia a un mayor peso (húmedo y seco) en los casos de los tratamientos fertilizados en comparación con el testigo, pero esta tendencia no se mantuvo respecto al contenido de materia seca .

En particular, la aplicación de una dosis baja de fertilizantes solubles (T2), presentó el mayor peso húmedo que alcanzo a 461 g, y un contenido de materia seca del 17 %.

En el caso de la aplicación de una dosis alta de fertilizantes solubles (T3), esta alcanzó un peso húmedo de 412 g y un contenido de materia seca del 18 %.

Para el caso de la aplicación de sólo riego (T1), esta alcanzó un peso húmedo de 187 g, y un contenido de materia seca del 18 %, lo que reafirma lo antes descrito.

Ahora bien el resultado de este análisis unido a la información proveniente de la descripción cualitativa y cuantitativa del sistema radical antes realizada, no resultan ser consistentes, ya que si bien se encontró una tendencia que indica que la aplicación de fertilizantes solubles favorece el desarrollo del sistema radical, no es posible decir lo mismo para el caso de la determinación del Contenido de Materia Seca. En este mismo sentido resultará recomendable mantener un seguimiento en el tiempo sobre el desarrollo de este último parámetro con el propósito de conocer si esta condición cambia durante el desarrollo de la plantación, por ejemplo una vez cerrado el dosel.

5. CONCLUSIONES.

Respecto de la aplicación de fertilizantes solubles vía riego por goteo, se determinó que para ambos sitios, si bien no existieron diferencias estadísticas significativas en las variables de crecimiento analizadas, entre la aplicación de ambas dosis de fertilizantes y el testigo, es posible reconocer que el uso de esta técnica tuvo una tendencia positiva en crecimiento para todas las variables de estado.

Considerando las condiciones de sitio existentes en el ensayo correspondiente al predio Hermandad Campesina, las cuales en definitiva resultaron ser inadecuadas, se recomienda suspender la continuación de este ensayo. En este mismo sentido, se deben considerar como representativos de la experiencia sólo los resultados obtenidos en el predio Casas Quemadas.

Los incrementos de las variables DAC, HT e IBIOM, respecto a la condición de sólo riego, producto de la aplicación de una dosis alta de fertilizantes solubles, fueron del orden de 20 %, 17 % y 37 % respectivamente.

El desarrollo de esta experiencia indica que, aún cuando los resultados del uso de esta tecnología en el cultivo de *Eucaliptus globulus L* no fueron del todo satisfactorios, esto es sólo atribuible a una mala toma de decisión al momento de hacer efectivos los distintos métodos culturales a desarrollar en plantaciones de *Eucaliptus globulus L*.

La aplicación de una dosis alta de fertilizantes solubles a través del riego por goteo, presentó una mayor respuesta en el desarrollo a nivel radicular, siendo el testigo el tratamiento que mostró el menor desarrollo.

Para el caso de la determinación del Contenido de Materia Seca a nivel radicular, este resultó ser independiente a la aplicación de distintas dosis de fertilizantes solubles, no encontrándose diferencias entre los tratamientos propuestos al cabo de seis meses desde su aplicación.

El desarrollo de la experiencia nos permite concluir que, resulta necesario priorizar respecto al concepto de “oportunidad” por sobre el de “mayor eficiencia”, en la toma de decisiones al momento de hacer efectiva la aplicación de fertilizantes solubles vía riego por goteo.

La aplicación de fertilizantes solubles a través de riego por goteo debe comenzar inmediatamente de efectuada la plantación, de este modo se evitarían posibles déficit iniciales que afectarán su crecimiento. De lo contrario se recomienda la aplicación de una fertilización inicial o de fondo llevada a cabo de forma manual (al voleo) al establecimiento, para luego realizar una fertilización de tipo correctiva, la cual considere la aplicación de fertilizantes solubles, realizándose la entrega de estos de manera parcializada, de acuerdo a las distintas necesidades de nutrientes que presenta la especie durante el periodo fisiológicamente mas activo de ésta.

Resulta necesario realizar una evaluación técnico económica, en la cual se defina el nivel optimo de inversión en tecnología de riego, en relación con su impacto sobre la rentabilidad de la producción en *Eucaliptus globulus L.*, evaluando el punto de equilibrio entre el costo y el ingreso marginal, asociados a la incorporación del riego como practica de producción en plantaciones de esta especie.

6. RESUMEN

La respuesta en crecimiento de la especie *Eucalyptus globulus L.* bajo la aplicación de fertilizantes solubles a través de riego por goteo, fue evaluada en ensayos de campo establecidos en las localidades de Mulchen y Renaico, en el Valle Central de la VIII y IX regiones respectivamente. Se evaluó el efecto conjunto de la aplicación de fertilizantes solubles a través del riego por goteo unido a la aplicación de riegos diarios, calculados a partir del criterio de reposición de agua en base al 75 % del total de agua evaporada en una bandeja de evaporación tipo A instalada en cada uno de los ensayos, registrándose las ganancias en productividad mediante la medición de las variables diámetro a la altura del cuello (cm), altura total (m) y el indicador de biomasa D^2H (cm^3).

En ambos ensayos de campo se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar, con 3 bloques, 3 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos consideraron un testigo (T1) sin fertilización, aplicación de dosis baja de fertilizantes solubles (T2), y aplicación de dosis alta de fertilizantes solubles (T3), todos sujetos a régimen de riego por goteo diario durante el periodo febrero-abril. Además, se realizó un análisis destructivo a nivel radicular para cada uno de los tratamientos, el cual consideró la medición del largo y número de raíces principales y secundarias, caracterizándolas cualitativamente y relacionando esta información con la de carácter cuantitativo; el análisis consideró también la determinación del contenido de materia seca (%) para cada uno de los tratamientos.

Los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, esto debido a una mala toma de decisión al momento de hacer efectivo los distintos métodos culturales a desarrollar en plantaciones de *Eucalyptus globulus L.* Sin embargo a pesar de los resultados, se reconoce una tendencia positiva en crecimiento a la aplicación de

fertilizantes solubles sobre las variables de crecimiento DAC, HT e D²H respecto a la condición de sólo riego, lo cual permitió determinar las mejores respuestas bajo régimen de dosis alta de fertilizantes solubles (T3), encontrándose equivalencias de un 20 % mayor que (T1) para el DAC, un 17 % mayor que (T1) para la HT y de un 37 % mayor que (T1) para D²H.

Finalmente la aplicación de una dosis alta de fertilizantes solubles (T3), a través del riego por goteo, presentó una mayor respuesta en el desarrollo a nivel radicular respecto a la condición de sólo riego. Para el caso de la determinación del contenido de materia seca no se encontraron diferencias entre los tratamientos.

7. SUMMARY.

This research evaluated the response of *Eucaliptus globulus L.* to water-soluble fertilizers using trickle irrigation. It was carried on in Mulchen and Renaico, central valley of the VIII and IX region, respectively. The evaluation considered the combined effect on the species growth of the water-soluble fertilizers application through trickle irrigation combined with daily irrigations. The daily irrigation was calculated considering the water replacement criterion of the 75% of the total evaporated water in an A type evaporation tray. There was one tray in each field trial. Each trial registered the improvements in productivity through the measurement of these variables: diameter above the roots (cm), total height (m) and biomass indicator D^2H (cm^3).

It was established a randomized group (block) experimental design in each field trial. Each trial contained three blocks, three treatments and three repetitions. The treatments considered a control without fertilizers (T1), a control with low levels of water-soluble fertilizers (T2) and a control with high levels of water-soluble fertilizers (T3). The three of them were under daily trickle irrigation system from February to April. Besides, there was performed a radicle level destructive analysis for each of the treatments which considered the length, the quantity and the quality of primary and secondary roots and the dry matter content (%).

The results of the different treatments didn't show statistically significant differences because the selected culture methods were not the most appropriate ones to be developed in *Eucaliptus globulus L.* plantations. Despite the results, a positive trend regarding the species growth variables- diameter above the roots (DAC), total height (HT) and biomass indicator (D^2H) - is noticed when the water-soluble fertilizers were applied compared to the irrigation condition without fertilizers. The best responses were shown by the treatments with the

high level of water- soluble fertilizers (T3) - DAC 20% > (T1), HT 17% > (T1) and D²H 37% > (T1).

Finally, the application of high levels of water-soluble fertilizers (T3) using trickle irrigation showed a significant response related to the development at a radicle level compared to the irrigation condition without fertilizers. No difference was found in the dry matter content among the three treatments.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- ALONSO, E. 2000. Uso eficiente del agua en frutales y viñas con riego tecnificado. Memorias 1^{er} Seminario Internacional de Fertirriego. Santiago, Chile.
- ALZUGARAY, P. 2003. Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) producidas con método 1+1. Memorias Silvotecnica 2003. Chile.
- ARRUDA, C. 2002. Documento técnico:” Descripción perfil del suelo, predios Renaico y Mulchen”. Pp 13.
- ATTIWILL, P. 1981. Energy, Nutrient Flow and Biomass. Proceeding of Australian Forest Nutrition and Net Primary Production. Australia.
- BARRIGA, A. 2001. Efecto de la época de plantación y fertilización sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus Labill*, en un suelo arcilloso del Valle Central de la IX Región, a los dos años de plantación. Tesis Ingeniero Forestal. Temuco. Universidad Mayor. Facultad de Ciencias Forestales. 73 Pp.
- BONOMEELLI, C. 1997. Tesis de Magíster “Ciclo de Nutrientes del Eucalipto en Cuatro Ecosistemas de la VIII Región”. Santiago, Chile.
- BONOMEELLI, C. 1999a. Fertilización del Eucalipto 1. Efecto sobre la acumulación de Biomasa. In: Ciencia e Investigación Agraria. 26 (1) Pp1-10.

- BONOMELLI, C. 1999b. Fertilización del Eucalipto 2. Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio. In: Ciencia e Investigación Agraria. 26 (1) Pp11-19.
- CADAHIA, C. 1998. Fertirrigación en cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- DONOSO, C. 1992. Ecología Forestal: El Bosque y su Medio Ambiente. Universidad Austral de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 368 Pp.
- DOMÍNGUEZ, A. 1989. Tratado de Fertilización. Segunda Edición. Madrid, España. 601 Pp.
- DOMÍNGUEZ, A. 1996. Fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- FONDEF, 2002. Proyecto FONDEF D0I1140, "Desarrollo de sistemas de riego destinado, a aumentar la productividad en plantaciones de Eucalipto".
- FUENTES, J. 1996. Curso de Riego para Regantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 160 pp.
- GONCALVES, J. 2000. Nutricao e Fertilizacao Florestal. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestats. Piracicaba, Sao Paulo. Pp 221-285.
- GUROVICH, L. 1996. Crecimiento y uso de agua de *Eucaliptus globulus* (Labill) bajo diferentes regímenes de riego. In: Ciencia e Investigación Agraria. 23 (2-3) Pp 61-79.

- HONEYSETT, J.; WHITE, D.; WORLEDGE, D. y BEADLE, C. 1996. Growth and Water use of *Eucalyptus globules* and *Eucalyptus nitens* in irrigated and rainfed plantations. CSIRO, Division of Forest Products and the Cooperative Research Centre for Temperate Hardwood Forestry. Locked bag. N°2, Standy Bay, Tasmania, Australia. 10 pp.
- HONORATO, R. 2000. Manual de Edafología. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.
- HUNTER, I. Y GYBSON, A. 1984. Predicting *Pinus radiata* Site Index from Environmental Variables. N.Z.J. For. Sci 14.
- INFOR-CORFO, 1986. Especies forestales exóticas de interés económico para Chile. Santiago, Chile. 168 pp.
- MARIN, H. 2002. Efecto de la técnica de aplicación de fertilizantes en plantaciones de *Eucaliptus globulus Labill* y *Eucaliptus nitens Maiden* en suelos del Secano Costero y Precordillera de la VIII Región. Tesis, Ingeniero Forestal. Temuco. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Escuela de Ciencias Forestales. 69 pp.
- MARTÍNEZ, L. 1998. Manual de Fertirrigación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación INTIHUASI. Editado por Departamento de Recursos Naturales. La Serena, Chile.
- MONTOYA, F. 2000. Mejoramiento de la productividad de *Eucaliptus nitens (Deane & Maiden) Maiden* al primer año de establecimiento a través del riego y fertilización en un suelo rojo arcilloso del Valle Central de la VIII Región (Mulchen). Tesis, Ingeniero Forestal. Temuco.

Universidad Católica de Temuco. Departamento de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Escuela de Ciencias Forestales. 79 pp.

MOYA, J. 1998. Riego Localizado y Fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

MYERS, J.; THEIVEYANATHAN, S; O'BRIEN, N. y BOND, W. 1995. Growth and Water use of *Eucalyptus grandis* and *Pinus radiata* Plantations Irrigated with effluent. CSIRO. Australia. 212-219 pp.

PRADO, J. y S, BARROS. 1989. Eucalyptus. Principios de Silvicultura y Manejo. Segunda Edición. INFOR-CORFO. 199 p.

Reglamento Ley de Fomento al Riego 18450.

SOQUIMICH, 2001. Agenda del Salitre. Soquimich Comercial, Chile.

SOQUIMICH, 2003. Ultrasol Rentabilizando su Inversión. Soquimich Comercial. Chile. 54 pp.

TORO, J. 1988. Efecto de la Fertilización en el desarrollo inicial de plantaciones de Eucalyptus. In: Actas "Simposio Manejo Silvícola del Genero Eucalyptus". Viña del Mar, Chile. CORFO-INFOR. XI. 19p.

UACH, 2002. Valores de referencia para evaluar resultados analíticos. Laboratorio de nutrición forestal. Instituto de Silvicultura Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.

VENEGAS, 2000. Memorias 1^{er} Seminario Internacional de Fertirriego. Santiago, Chile.

9. ANEXOS