



UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES  
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

**“EFECTO DE LA DOSIS DE FERTLIZANTES SOLUBLES A BASE DE N, P, K  
SOBRE EL CRECIMIENTO EN VIVERO DE PLANTAS DE *Nothofagus  
obliqua* (Mirb.) Oerst, PRODUCIDAS EN CONTENEDOR TIPO SPEEDLING.”**

Tesis presentada como parte  
de los requisitos para optar al  
título de:

**INGENIERO FORESTAL.**

---

**Profesor Guía:**

ALEX MOSCOSO BASTIAS

RICHARD WALTTER KRAUSE FIGUEROA.

TEMUCO-CHILE

2005

## CALIFICACION COMISION INFORMANTE

**Nota**

Profesor Patrocinante: Alex Moscoso Bastías.

Profesor Informante : Leovijildo Medina M.

Profesor Informante : Carlos Campos Sánchez.

\_\_\_\_\_  
VºBº profesor Patrocinante

Alex Moscoso B.

Ingeniero Forestal

\_\_\_\_\_  
VºBº profesor Informante

Leovijildo Medina M.

Ingeniero Agrónomo.

\_\_\_\_\_  
VºBº profesor Informante

Carlos Campos S.

Ingeniero Forestal.

\_\_\_\_\_  
VºBº Director De Escuela

Celso Navarro C.

Ingeniero Forestal.

## INDICE DE MATERIAS

<b>CAPITULO</b>		<b>Página</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>3</b>
2.1	Antecedentes de la especie	3
2.2	Viverización	4
2.2.1	Sustratos utilizados	5
2.2.1.1	Corteza de pino compostada	5
2.2.2	Producción de plantas en contenedor	6
2.2.3	Características de los envases para viveros forestales	8
2.2.4	Características que influyen en el crecimiento de la planta	9
2.2.4.1	Tamaño del contenedor	9
2.2.4.2	Espacio entre envases	10
2.2.4.3	Características en el diseño para el control radical	11
2.3	Nutrición de las plantas	12
2.3.1	Tipos de Fertilizantes	15
2.3.1.1	Fertilizantes de lenta entrega	15
2.3.1.2	Fertilizantes recubiertos con polímeros	16
2.3.1.3	Fertilizantes de entrega sostenida "Osmocote "	16
2.3.1.4	Fertilizantes solubles	18
2.3.1.4.1	Técnicas de aplicación	20
2.3.2	Fertirrigación	21

<b>CAPITULO</b>		<b>Página</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIAL Y METODO</b>	<b>25</b>
3.1	Antecedentes del área de estudio	25
3.1.1	Ubicación de área de estudio	25
3.1.2	Clima	25
3.1.3	Descripción del ensayo	26
3.1.4	Diseño del ensayo	26
3.1.5	Manejo del ensayo	27
3.1.5.1	Obtención del material a utilizar	27
3.1.5.2	Preparación del sustrato	27
3.1.5.3	Preparación de las bandejas tipo speedling	28
3.1.5.4	Preparación de la dosis de Fertilizantes	28
3.1.6	Unidad experimental	29
3.1.7	Evaluación de las variables morfológicas	30
3.1.8	Variables a calcular	30
3.1.9	Análisis estadístico de los datos	30

<b>CAPITULO</b>		<b>Página</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>32</b>
4.1.	Efecto de la dosis de fertilizante sobre la altura total (HT)	32
4.2.	Efecto de la dosis de fertilizante sobre el DAC	34
4.3.	Efecto de la dosis de fertilizante sobre la Biomasa	36
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>6.</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>41</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>43</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>45</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXO</b>	<b>49</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO N°		Página
	<u>En el texto</u>	
1.	Dosis de fertilizante por tratamiento	26
2.	Detalle del diseño experimental	27
3.	Ley de los fertilizantes utilizados	28

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		Página
	<u>En el texto</u>	
1.	Distribución de las plantas en el contenedor tipo speedling.	29
2.	Gráfica de medias de la variable HT por tratamiento	32
3.	Gráfica de medias de la variable DAC por tratamiento	34
4.	Gráfica de medias para el indicador de Biomasa por tratamiento.	36

## 1. INTRODUCCION

En Chile el esfuerzo por desarrollar técnicas de producción de plantas se ha concentrado básicamente durante las últimas décadas en las especies exóticas de rápido crecimiento como *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. Los buenos resultados obtenidos para estas especies ocupando contenedores en la etapa de viverización, hacen pensar que también pueden representar una opción atractiva para la producción de especies nativas.

Una planta producida en vivero está influenciada por una serie de factores, entre ellos la fertilización, la cual es muy relevante para la producción de plantas, por lo que el manejo de este factor es clave desde el punto de vista fisiológico, como también desde un punto de vista económico. En términos generales la fertilización tiene por objetivo aportar al sustrato los nutrientes requeridos por la planta, en cantidad, proporción y el momento adecuado.

La fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en el desarrollo de las plantas por lo que una adecuada adición de nutrientes permitirá lograr altas tasas de sobrevivencia, crecimiento inicial y homogeneidad al momento de establecer las plantas en terreno, lo que se traducirá en un mayor retorno económico.

Como objetivo general, este estudio propone evaluar el efecto de la dosis de fertilizantes solubles sobre el crecimiento en vivero de ***Nothofagus obliqua*** (Mirb.) Oerst, en sustrato compost de corteza de pino, producido en contenedores tipo speedling.

Además, se busca determinar el efecto de la dosis de fertilizantes solubles sobre el incremento de biomasa, así como también, determinar la dosis óptima de fertilizante en la producción de plantas de buena calidad.

Con la ejecución del presente estudio, se pretende recabar información para los pequeños, medianos y grandes productores de ***Nothofagus obliqua*** (Mirb.) Oerst, de la IX región, debido al poco conocimiento existente sobre la fertilización de especies nativas, aportando así a mejorar los actuales sistemas productivos en la viverización de la especie antes mencionada, dejando este ensayo como una experiencia inicial en relación con la fertilización de ***Nothofagus obliqua*** ( Mirb.) Oerst, en la IX región, además, que este ensayo sirva para dar pie a otras futuras experiencias, que complementen la información obtenida.

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Antecedentes de la especie

***Nothofagus obliqua*** (Mirb.) Oerst, comúnmente conocido como Roble, Pellín, Hualle, pertenece a la familia de las Fagáceas y al género *Nothofagus*, distribuyéndose desde Colchagua (33° lat. Sur) hasta Puerto Montt (41°30' lat. Sur) por la Cordillera de los Andes y desde el sur del río Aconcagua hasta Puerto Montt por la Cordillera de la Costa (Donoso, 1972; Donoso y Landrum, 1973).

Esta especie puede alcanzar los 40 metros de altura con más de 2 m de diámetro. El tronco es cilíndrico; la corteza gruesa y dura, agrietada en placas grandes y redondeadas, siendo en los árboles jóvenes lisa y gris hasta blanquecina y, en los adultos, de color gris oscuro. Sus ramas constituyen una copa redonda de forma piramidal. Sus hojas son caducas, de 2-7 cm de largo, subcoriáceas, borde doblemente aserrado (Rodríguez *et al.* 1983).

Es un árbol monoico, la flor masculina es solitaria, pedicelada, axilar; la inflorescencia femenina, cortamente pedunculada, es triflora; el fruto está compuesto por 3 nueces, la central bialada y las 2 laterales trialadas, de más o menos 6 mm de largo (Donoso 1972; Donoso y Landrum, 1973; Hoffmann, 1978, citados por Rodríguez *et al.* 1983).

## **2.2 Viverización.**

En cuanto a la producción de plantas de Roble en vivero, existen múltiples opiniones con respecto al tipo de planta que se debe producir. Rodríguez (1969, citado por INFOR-CONAF, 1998) considera que las plantas de un año de vivero están en buenas condiciones para ser plantadas. Sin embargo, Bernath (1940, citado por Donoso, 1979) recomienda plantas de 2 años en vivero. Otros autores dicen obtener buenos resultados con plantas 1-1.

Según Jayawickrama, *et al.* 1993, las grandes compañías en Chile producen las plantas en contenedores debido al mayor control de todas las variables que se pueden obtener con este sistema. Estos viveros se instalan bajo sombreaderos, en áreas libres de heladas, o en invernaderos de polietileno con control de temperatura. Los contenedores son mantenidos a una altura que permita una fácil manipulación, en plataformas de madera o metal.

En viveros mas avanzados en tecnología cada módulo tiene un calefactor a gas, desde donde el calor es distribuido a través de tubos de polietileno. Con este sistema se puede mantener una temperatura de 10°C, aun cuando la temperatura exterior sea de -5°C. Las semillas son sembradas automáticamente en los contenedores (cada uno de 140cc de capacidad) obteniéndose mas de un 90% de germinación. El sistema de irrigación está diseñado de tal manera que mantiene el follaje húmedo todo el tiempo.

Existen varios tipos de contenedores, speedling, tubetes y otros. En Chile este método de producción de plantas es cada vez más común, dado los buenos resultados que presentan, sobre todo en calidad de la planta y de la masa radicular.

## **2.2.1 Sustratos utilizados**

Según Jayawickrama, *et al.* (1993), el sustrato comúnmente utilizado es corteza descompuesta de pino. Esta corteza, proviene de desecho de aserraderos, es descompuesta y fertilizada con nitrógeno, potasio, fósforo y calcio. Este tipo de sustrato no necesita aplicación de herbicidas.

### **2.2.1.1 Corteza de Pino Compostada**

La corteza ha incrementado su importancia como sustrato para la propagación o para plantas en macetas o contenedores, está disponible en enormes cantidades y puede ser molido al tamaño de partículas deseado, desde polvo hasta varios centímetros en la sección transversal, además es liviana y fácil de manipular. Al Sur de Australia, la mas comúnmente usada es la de *Pinus radiata* y según Peate (1989), la corteza molida de árboles jóvenes hasta 16 años, presenta en las partículas formas parecidas a platos, lo que no es adecuado para la penetración del agua y drenaje porque la superficie de las partículas debe estar lisa, reduciendo la entrada de agua y aire al medio.

Con respecto a la presencia de sustancias fitotóxicas e inhibidoras del crecimiento, no existe acuerdo entre los diferentes autores, algunos estudios han permitido determinar que la corteza de especies de latifoliadas no presenta sustancias tóxicas (Gartner, *et al.* 1971).

Otros autores, entre los que pueden citarse a Cappaert, *et al.* (1984), consideran la presencia de toxinas como un factor a considerar en el uso de la corteza de pino, especialmente cuando se trata de algunas coníferas, y señalan que estas desaparecen si la corteza es sometida a tratamientos adecuados.

Zöttl (1977), menciona que los inhibidores del crecimiento presentes en la corteza se solubilizan con relativa facilidad en agua y que en condiciones húmedas de almacenamiento se oxidan produciendo su inactivación en pocos días. Cappaert, *et al.* (1984), sostiene que éstos desaparecen si la corteza es mantenida húmeda por al menos 30 días, o si el proceso de compostación de la corteza se realiza por un período aproximado de 2 meses (Zöttl, 1980; Toval, 1983; Peate, 1989).

En lo que existe acuerdo entre los diversos autores, es que compostándola con adición de nitrógeno se incrementa la capacidad de intercambio catiónico, la capacidad de retención de agua y humedecimiento y se elimina el problema del bajo contenido natural de nitrógeno experimentado con corteza fresca (Gartner, *et al.* 1971; Zöttl, 1977; 1978; 1980; Ward, *et al.* 1986, Peate, 1989). Durante el compostado la temperatura alcanza altos niveles en los cuales los patógenos son destruidos (Toval, 1983; Peate, 1989).

Los sustratos de corteza compostada son químicamente estables y presentan rangos de pH que varían entre 4 a 5,5 para el caso de los que se originan de *Pinus radiata* (Peate, 1989). El mismo autor, considera que la corteza compostada de *Pinus radiata* fina, tiene el potencial para reemplazar total o parcialmente a la turba y otros medios de propagación y los viveristas deberían experimentar su uso dado el bajo costo que presenta en relación a otros medios y sus buenas características físico - químicas.

### **2.2.2 Producción de plantas en Contenedor**

En viveros que producen plantas a raíz cubierta, los esquemas de producción cambian según el tipo de sustrato que se utilice e incluso en un mismo sustrato, con variaciones de la granulometría y porosidades de éste, de la longitud y volumen del contenedor que se utilice. Este último aspecto, es gravitante en el manejo de la relación entre los esquemas de riego y la fertilización en este tipo de viveros, por la relación que la longitud del contenedor o envase con el comportamiento del agua y movilidad de los nutrimentos en el medio de cultivo (Escobar, 1999).

El interés por reforestar usando material vegetal desarrollado en envases o contenedores surge a principios de la década de 1970, desde entonces se han realizado notables avances en cuanto a la producción de envases de plántulas de varias especies, al diseño de envases, las operaciones dentro de los invernaderos, la manipulación del material y la evaluación de su respuesta en el campo (Tinus *et al.*, 1974 citado por Daniel *et al.*, 1982). Entre las razones a las que obedece este cambio o interés por reforestar con plántulas producidas en envases están (Stein *et al.*, 1975; citado por Daniel *et al.*, 1982):

- Los mejores índices de supervivencia y desarrollo de las plántulas cuyo sistema radicular no se daña durante la operación de plantado.
- La respuesta más positiva de algunas especies.
- La prolongación de la etapa de plantado.
- La consecución de una mayor producción y eficiencia en el plantado.

La utilización de contenedores en la producción de brinzales forestales es relativamente reciente. En las últimas décadas, tanto en el nuevo como viejo mundo se está produciendo una gradual transformación de los sistemas de producción de brinzales forestales al pasar en poco tiempo de la planta a raíz desnuda, fuertemente empleadas en los estados centroeuropeos, al cultivo en ambiente controlado hoy preponderantemente en la costa oeste de los Estados Unidos y en los países del norte de Europa.

En el área mediterránea y en concreto en Chile, el proceso, aunque ha sido más lento, está hoy en día prácticamente generalizado. La fuerte irrupción de la iniciativa privada en el mercado de la producción de plantas en contenedor, a su vez apoyado por la aparición del llamado "Plan de Reforestación de Superficies Agrarias, ha extendido como una mancha de aceite este sistema de producción (Peñuelas *et al.* 1996).

### **2.2.3 Características de los envases para viveros forestales**

Un contenedor forestal no es sino un envase mas o menos grande, y con ciertas características constructivas especiales donde se realiza el cultivo de una planta forestal, pero donde a diferencia de lo que ocurre en las plantas ornamentales, la calidad de las plantas no se encuentra en el follaje o en las flores sino el resultado que la planta tiene una vez puesta en el campo, tanto por su supervivencia como por su crecimiento y estabilidad, y como ambos factores se relacionan directamente con la capacidad del sistema radical de generar rápidamente nuevas raicillas y que estas mantengan un correcto funcionamiento con el tiempo, la mayoría de las características del diseño de los envases buscan la creación de un buen sistema radical y de su protección hasta la puesta en la tierra, la parte aérea es el reflejo de lo que ocurre en el sistema radical, pero así muchas características de los contenedores se diseñan para mejorar la relación tallo raíz.

Las propiedades del envase ideal para semillados forestales han sido debatidas por muchos años. La primera función de cualquier contenedor es sostener una cierta cantidad de medio de cultivo, el cual aporta a las raíces agua, aire, nutrientes minerales y soporte físico mientras la plántula esta en el vivero.

Los envases para viveros forestales deben, sin embargo, cumplir otras funciones que reflejen las necesidades especiales de las plantaciones de reforestación. Algunas de estas características del envase miran al crecimiento de plantas en vivero, tales como el diseño de las marcas para evitar enrollamiento de las raíces, otras son características operacionales y se refieren a consideraciones económicas y de manejo tanto en vivero como en la plantación (Peñuelas *et al.* 1996).

## **2.2.4 Características que influyen en el crecimiento de la planta.**

Las características de diseño de los contenedores inciden en el tamaño de las plantas, en la relación entre sus diferentes partes, en la forma de sus sistemas aéreos y radicales y como consecuencia de todo esto en el resultado de las plantaciones una vez realizadas, tanto en su supervivencia inicial, como en su crecimiento y en su estabilidad a lo largo de la vida del árbol (Peñuelas *et al.* 1996).

### **2.2.4.1 Tamaño del contenedor.**

El volumen de la cavidad es una de las características más importantes de un envase ya que, en general, cuanto mas grande es el envase mayor es la planta que se puede producir.

El mayor condicionante del contenedor es el económico y no el biológico ya que:

- Las plantas que crecen en envases grandes necesitan períodos de crecimiento mayores para que el sistema radical ocupe el contenedor completamente.
- Los contenedores más grandes son más engorrosos de manejar durante el transporte y plantación.

El ideal de cualquier viverista es aquel envase que produzca plantas aceptables, y con la densidad de crecimiento mas alta, en una duración de tiempo lo mas corta posible y que sean aptas a la zona de plantación.

El tamaño del envase óptimo varía en función de las variables: densidad del cultivo, especies cultivadas, tamaño de la planta deseado, condiciones medioambientales y duración del período de crecimiento.

Una de las dimensiones del envase más importantes biológica y culturalmente es la altura, debido a su efecto en las propiedades de retención de agua del medio de cultivo y su influencia en la plantación.

La altura del envase determina la profundidad de colocación del sistema radical en campo. Cuanto mas profundo se sitúe este, mas posibilidades tendrá la planta de escapar de las sequías, que con tanta frecuencia se producen.

Los envases para plantas forestales se producen en una multitud de formas, circulares rectangulares, hexagonales o cuadrados en cuanto a la sección y la mayoría son ahusados o cónicos de arriba a abajo. En general y por la experiencia acumulada, los envases con secciones rectangulares o cuadradas controlan mejor la espiralización radical que aquellos con secciones más redondeadas, y por el contrario, en estos los cepellones tienden a salir más fácilmente (Peñuelas *et al.* 1996).

#### **2.2.4.2 Espacio entre envases.**

La distancia entre las cavidades individuales en el bloque, determina la densidad de cultivo de las plantas y es una de las características más importantes de los envases que afecta al crecimiento de la planta y al equilibrio de sus dimensiones. La distribución espacial de las cavidades dentro del bloque tiene también implicaciones económicas. Los cultivos forestales requieren de una cierta cantidad mínima de espacio para el crecimiento, que varía entre especies y edades. En general la calidad de la planta aumenta con la correspondiente disminución en la densidad del cultivo.

Una adecuada densidad de cultivo para producir brinzales de calidad tiene un costo económico innegable, por ello, este factor y el volumen del contenedor son los dos aspectos más conflictivos que bajo este punto de vista tienen los viveristas. La densidad tiene también otras implicaciones biológicas y culturales. A bajas densidades, las plantas reciben más radiación activa y fotosintetizante en la punta de tallos mas bajas y tienen un potencial hídrico mas bajo que las plantas cultivadas con espaciamentos menores. La temperatura del medio también depende de este factor. Es además más difícil para el agua de riego y los fertilizantes líquidos penetrar las densas masas de hojas de la planta (Peñuelas *et al.* 1996).

#### **2.2.4.3 Características en el diseño para el control radical.**

Los sistemas de repicado y direccionamiento de las raíces son fundamentales en el diseño de los contenedores, ya que las raíces tienen una natural tendencia a enrollarse por la cara interior del envase, y estos enrollamientos pueden ser graves para el desarrollo e incluso sobrevivencia de las plantas.

Los principales sistemas de control de enrollamientos radicales son a base de costillas, acanaladuras, ángulos agudos en las esquinas o aplicación de productos químicos en las paredes.

Otra característica del envase que afecta el crecimiento radical es la rugosidad del interior de cada contenedor. Las raíces de algunas plantas son muy finas y tienden a crecer en cualquier grieta o junta en sus paredes.

Este crecimiento dificulta la extracción del contenedor y las raíces arrancadas que quedan incrustadas suponen, para los cultivos siguientes, un excelente soporte para la existencia de todo tipo de hongos que atacan las raíces (Peñuelas *et al.* 1996).

### **2.3 Nutrición de las plantas.**

El sistema radicular de las plantas está formado por las raicillas, raíces suberizadas y la raíz primaria lignificada. Las raicillas, cuyo tamaño aproximado es entre 1 y 10 mm, cumplen la función de absorber el agua y los nutrientes. Son de color blanco y se mantienen en función entre 20 a 30 días. Proliferan durante todo el ciclo y en especial en los períodos de prefloración y poscosecha. Las raíces suberizadas tienen un tamaño de entre 1 y 10 cm, su función es absorber el agua (no nutrientes) y contribuyen en alguna medida al sostén de la planta; su color es café claro. La raíz principal, de color café oscuro, puede medir de 10 cm a 1 m, su función principal es sostener a la planta, no absorbe nutrientes y absorbe un mínimo de agua.

Con un sistema radicular abundante, vigoroso y sano, las plantas pueden absorber en forma más eficiente el agua y por consiguiente su alimento (nutrientes). Luego, es importante favorecer un buen sistema radicular, por ejemplo, a través de la preparación del suelo, buen drenaje, evitando el tránsito excesivo, dando una buena nutrición, haciendo lavado de sales, evitando la acidificación, incorporando materia orgánica, realizando riegos adecuados, sin exceso ni falta de agua, controlando insectos y nematodos del suelo que destruyen las raíces, entre otros.

En un sistema de riego localizado las raíces restringen su desarrollo radicular al bulbo de mojado, generándose una acumulación de raíces cerca de la superficie. Es decir, exploran menos suelo que con los riegos tradicionales, por lo cual es muy necesario promover su desarrollo especialmente cuando se hace fertirrigación.

Para cumplir con sus necesidades metabólicas y construir sus tejidos las plantas requieren de 17 elementos (átomos) con el níquel recientemente incorporado. Cada uno tiene una función única y específica. Se les denomina nutrientes esenciales porque si uno de ellos les falta, las plantas no pueden cumplir su ciclo vital. Los más abundantes en la planta son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, que son suministrados a través del aire y el agua.

Luego están los elementos suministrados por el suelo: los que la planta usa en mayor cantidad son los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre), y los que utiliza en menor cantidad los micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, níquel, molibdeno, boro y cloro). También están los elementos, que sin ser esenciales son benéficos en algunos cultivos, como el sodio en remolacha, hortalizas y forrajeras, y el silicio en arroz (Chileriego, 2002).

Los macronutrientes se dividen a su vez en Principales, que serían Nitrógeno (N), Fósforo (P), y Potasio (K) y Secundarios que serían los tres restantes (Peñuelas, 1996). Para Donoso (1981), los tres elementos Principales son también conocidos como “elementos primarios”, estos son utilizados en las cantidades mayores, por lo que muchos tipos de fertilizantes están compuestos esencialmente por ellos (NPK).

Las plantas absorben iones, no fertilizantes. Los fertilizantes son moléculas que se disocian con el agua y dan origen a iones con cargas negativas (aniones) o positivas (cationes). Por ejemplo el nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) es una molécula que se disocia en los iones  $\text{NO}_3^-$  más  $\text{K}^+$ . Así la planta trabaja como una verdadera batería de auto y, al absorber los iones con distintas cargas intenta mantener el pH (indica si una sustancia es ácida o básica) de la savia, la cual es ácida, es decir bordea un pH 5,5 a 5,7. La planta absorbe a diario una verdadera "sopa nutricional" formada por el agua y los iones con carga positiva y negativa.

Entre iones se genera sinergismo (ayuda mutua) y antagonismos (inhibición mutua) que influyen en la absorción por las plantas. Entre lo sinergismos los más destacables son entre el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y el potasio ( $\text{K}^+$ ) y entre el nitrato y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Los primeros forman el nitrato de potasio, fertilizante fundamental en estrategias de nutrición y los segundos el nitrato de amonio.

En cuanto a los antagonismos, los precipitados que forma el catión calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) con los aniones de azufre (sulfato,  $\text{SO}_4^{-2}$ ), fósforo (ortofosfato monohidrógeno,  $\text{HPO}_4^{-2}$ ) y boro (borato,  $\text{BO}_3^{-2}$ ), ya sea en el suelo o en el agua son los más frecuentes. La deficiencia de zinc ( $\text{Zn}^{+2}$ ) en presencia de un exceso de fósforo ( $\text{HPO}_4^{-2}$ ) también es destacable (Chileriego, 2002).

La fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en el desarrollo de las plantas. El estado nutricional afecta básicamente a los procesos fisiológicos de las plantas, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que componen las plantas (Peñuelas *et al.* 1996).

La utilización de Fertilizante tiene por objeto proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para un rápido crecimiento inicial, entregándole a cada una de las plantas los elementos nutritivos. Dentro de los beneficios que aporta la fertilización se pueden mencionar; la estimulación del desarrollo radicular, una rápida ocupación del suelo por la planta y una alta sobrevivencia (Holmberg, 1992).

Así también, Donoso (1981), menciona que la velocidad de crecimiento inicial (plántula) es de extraordinaria importancia para el establecimiento y sobrevivencia de la especie.

Escobar (1999), entrega tres alternativas de fertilización para plantas producidas a raíz cubierta o en contenedor. La primera de ellas es la utilización de fertilizantes de lenta entrega, aplicados al sustrato. La formulación de estos permite su utilización en diferentes fases del crecimiento en vivero. La segunda alternativa, corresponde al empleo desde las primeras fases del vivero, de fertilizantes de fácil disponibilidad o entrega rápida, aplicados a través del sistema de riego. Por último, la tercera posibilidad es una mezcla de ambos tipos de fertilizantes, utilizándose fertilizantes de lenta entrega durante la fase de establecimiento y de absorción rápida, durante las fases de pleno crecimiento y endurecimiento.

## **2.3.1 Tipos de Fertilizantes.**

### **2.3.1.1 Fertilizantes de lenta entrega.**

Las tecnologías de “controlled release” o liberación controlada han surgido en los últimos años con una fuerza considerable, habiendo alcanzado su campo de acción a áreas muy diversas.

La liberación controlada puede definirse como la transferencia lenta, moderada o gradual, de un material activo desde un sustrato de reserva a otro medio, con el fin de conseguir sobre el mismo una acción determinada. Con ello se logra aumentar la eficacia del material activo, prolongando su acción en el tiempo, se reduce su impacto sobre aquellos otros medios a los que no va especialmente dirigido, se simplifica su dosificación, se evitan las pérdidas por degradación, volatilización, lixiviación, etc., y, en suma, se disminuyen las exigencias o requerimientos de la especie activa para lograr un resultado.

La liberación controlada ofrece, además, el matiz de que no se refiere en exclusiva a una cesión lenta de la sustancia, sino que puede ser rápida, pero siempre regulada en el tiempo.

Un fertilizante de liberación lenta y controlada, adecuadamente diseñado, puede liberar los nutrientes de la manera requerida por cada tipo de planta según la fase de su crecimiento, lo que permitirá una eficiente utilización de los mismos, con el consiguiente ahorro de producto a la par que se evita, o al menos se aminora, la contaminación por fertilizantes (Scotts, 1999).

### **2.3.1.2 Fertilizantes recubiertos con polímeros.**

Los fertilizantes recubiertos con pequeñas cantidades de una película plástica de alta calidad, constituyen un interesante tipo de fertilizantes de liberación controlada.

ADM, Archer Daniels Midland Company utilizó en 1964, un recubrimiento de una resina termosellante, cuyo componente mayoritario es un copolímero de Diclopentanodieno con éster de glicerol. Aplicado en varias capas, sobre una sal fertilizante, permitiendo incorporar esta sal a la solución del suelo por medio de intercambio osmótico.

El factor que controla el aporte en los fertilizantes recubiertos con resinas plásticas, es la diferencia de presión de vapor entre el interior y exterior del film, que constituye la cápsula. Este tipo de recubrimiento no se ve afectado por las características físico-químicas o biológicas del suelo, ni por su contenido de agua. Solamente la temperatura, influye en la velocidad de disolución (Jiménez, 1992).

### **2.3.1.3 Fertilizantes de entrega sostenida “Osmocote “.**

Es un fertilizante de liberación controlada ampliamente conocido, posee una tecnología que asegura largos períodos de nutrición sin riesgos de quemado de plantas. Se trata de gránulos de fertilizante N-P-K recubiertos por una resina poliédrica de diferente grosor en cada tipo de Osmocote.

Existen muchos tipos de Osmocote, cada uno de ellos con diferente N-P-K. Su aplicación en el sustrato se puede realizar de diferentes maneras, según preferencias del productor, esto es:

- Mezclando la dosis recomendada con el sustrato (gramos por metro cúbico).
- Incorporando la dosis recomendada dentro del contenedor mediante agujeros ubicados entre la planta y la pared del contenedor (gramos según tamaño del contenedor).

- Aplicando la dosis recomendada sobre la superficie del contenedor (gramos según el volumen del contenedor).
- Aplicando sobre la superficie de la mesa, cama o suelo (gramos según superficie).
- Al tratarse de un transplante puede colocarse en la base del contenedor, colocando las raíces sobre el Osmocote, para terminar el relleno.

Osmocote se puede emplear como fertilizante único en algunas etapas de la planta, o bien complementar con otro tipo de fertilizantes. En los últimos años se ha visto la excelente complementación que ofrece este fertilizante con los fertilizantes solubles que se emplean en los viveros, pues asegura una fertilización base desde un comienzo. En estos casos se puede llegar a reducir los programas de fertilización líquida en hasta un 50%, empleando Osmocote en dosis baja a media.

Una innovación de Osmocote fue la creación de los Osmocote "Miniprill", los cuales se caracterizan por su pequeño y uniforme tamaño, ideales para bandejas tipo speedling o tubetes y todo tipo de mezcla con el sustrato que se desee una perfecta homogeneidad del fertilizante con el sustrato. Su acción es de gran eficacia y calidad.

Su uso se recomienda en especial para plantas en su primera etapa de crecimiento, posterior a la siembra y antes del establecimiento en campo (Scotts, 1999).

#### **2.3.1.4 Fertilizantes solubles.**

Los actuales sistemas de riego localizado han incentivado el desarrollo de otras tecnologías orientadas a obtener una mayor productividad. Entre ellas está la creación de fertilizantes solubles para ser aplicados por los sistemas de riego, con lo cual se puede lograr una mayor eficiencia en la nutrición de las plantas. (Chileriego, 2002).

En los viveros forestales que producen plantas en envases o contenedores, se pueden utilizar todas las formas de abonos disponibles en el mercado, pero los más usados son los abonos solubles para aplicar en fertirrigación, o los abonos de liberación lenta (Peñuelas *et al.* 1996).

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 traducen un incremento del 25% en la cosecha, respecto a técnicas de cultivos tradicionales.

Según el grado de pureza existen distintos tipos de fertilizantes solubles, mientras más puro son de mejor calidad, entre ellos están los de grado analítico (100% de pureza), de alto costo, que se usan sólo en laboratorios para la investigación; los de grado refinado industrial (99,9% de pureza), para procesos industriales de alta precisión; los de grado técnico e hidropónico (99,7% de pureza), que son los usados en fertirriego y los de grado agrícola (99% de pureza). Estos últimos no son adecuados para fertirriego porque son menos solubles y contienen sustancias aglomerantes y aditivos que obturan a los equipos de riego localizado (Chileriego, 2002).

Las dosis que se recomiendan para cualquier fertilizante soluble variarán según una amplia variedad de factores: ambientales, de manejo y de la planta; sin embargo, los factores básicos a considerar son:

- La frecuencia de la aplicación: Todos los días, cada tres días o cada siete días. Se recomienda siempre la frecuencia diaria, pues es la mejor forma de nutrición para una planta en activo crecimiento. Sólo si no es posible ejecutar esta práctica se optara por frecuencias más amplias. Nunca es recomendable una frecuencia mayor a siete días.
- El estado de la planta y la condición de temperatura: A medida que la planta va avanzando en etapas de formación se puede aumentar las dosis de productos dentro de los rangos sugeridos por el fabricante. Esto suele coincidir con épocas de mayor temperatura donde las exigencias también son mayores.
- El tamaño del contenedor: Normalmente en contenedores pequeños los riesgos de la toxicidad son mayores que en contenedores de mayor tamaño, esto es importante especialmente en la primera etapa: con plantas pequeñas y de mayor sensibilidad.
- El tipo de sustrato: A medida que los sustratos son más inertes mayor es la dependencia de una fertilización equilibrada y constante, donde la mala aplicación de un soluble puede causar graves problemas.
- El tipo de planta: La respuesta a la fertilización difiere mucho según especies, variedades y origen (semilla o estaca) de las plantas a cultivar.
- Calidad del agua: Todo fertilizante soluble posee una fuerte interacción química con el agua de riego, y por esta razón siempre es importante considerar el tipo de agua de riego que utilizaremos, en especial su conductividad eléctrica, pH y aporte de micronutrientes (Scotts, 1999).

#### **2.3.1.4.1 Técnicas de aplicación**

Existen dos formas básicas para aplicar fertilizantes líquidos: la fertilización constante, y la fertilización periódica.

La aplicación de una solución fertilizante diluida cada vez que el cultivo es regado, es conocida como fertilización constante (Mastalerz, 1977; citado por Landis, 1989); la concentración de esta solución fertilizante aplicada, es exactamente la concentración de nutrientes deseada en la solución del medio de crecimiento. La fertilización constante mantiene las concentraciones de nutrientes en el sustrato más cerca de las concentraciones óptimas, las cuales deberán acelerar el crecimiento de las plantas.

La fertilización periódica, consiste en la aplicación de una solución fertilizante más concentrada, acorde con una programación prefijada, tal como una vez a la semana, o cada tercer riego. La solución fertilizante aplicada durante la fertilización periódica, puede por tanto ser varias veces más concentrada que la solución fertilizante constante, que es la misma que los niveles de nutrientes deseados en la solución del medio de crecimiento. La encuesta de viveros que producen en contenedores, reveló que en el 64% de los viveros se utiliza fertilización periódica, que en 25% de éstos se prefiere la fertilización constante, y que el 11% restante programa su fertilización con base en el seguimiento del desarrollo del cultivo, o en los niveles de nutrientes del sustrato.

La aplicación periódica de fertilizantes líquidos, es ampliamente practicada en los viveros forestales que producen en contenedor, y obviamente produce plantas aceptables. Sin embargo, esta práctica de cultivo deberá ser cuidadosamente supervisada, para evitar la formación de sales en la solución del medio de crecimiento.

La fertilización exponencial es una tercera forma de aplicar fertilizantes líquidos, la cual ha sido probada recientemente en viveros forestales que producen en contenedor. Esta consiste en iniciar con una baja tasa de fertilización, cuando las plántulas son pequeñas, e incrementar la cantidad de fertilizante, a una tasa exponencial, la cual es proporcional con el crecimiento de las plantas (Landis, 1989).

### **2.3.1 Fertirrigación**

La fertirrigación no solo es la aplicación controlada de abonos solubles disueltos en el agua de riego, sino que representa una técnica con un concepto mayor, en que el objetivo "no es mejorar el suelo donde se desarrolla la planta, sino el agua con que esta se va a nutrir".

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. Esto ultimo se debe a que estos son inyectados directamente al sector donde se encuentra el 90 % de las raíces y porque al ir en el agua, tienen un vehiculo de llegada directo a las raíces (Soquimich, 2001).

Presenta además numerosas ventajas en relación con las prácticas tradicionales de abonado:

- Ahorro y eficiencia en el uso de los fertilizantes
- Mejor distribución y asimilación
- Adecuación a las necesidades de la planta.
- Rapidez de actuación ante carencias.

En primer lugar, han sido un paso muy importante en la evolución de la fertirrigación los grandes avances en las formulaciones de los abonos comerciales. Tradicionalmente, los fertilizantes empleados para la aplicación en el suelo (abonados de fondo y cobertura), presentaban unas características que limitaban su uso en los sistemas de riego localizado, tales como:

- Escasa solubilidad, que provocaba la obturación de goteros y colapso de filtros.
- Gran cantidad de impurezas, que además de impedir el control en las aportaciones, desvirtuaba los valores de conductividad eléctrica (CE) del agua de riego.
- Formulaciones descompensadas, ricas en ciertos elementos que si bien son necesarios para los cultivos, en porcentajes excesivos son dañinos.
- Las escasas formulaciones, unido al desconocimiento de las compatibilidades entre las diversas fuentes nutritivas daban lugar a situaciones de verdadero caos en las instalaciones de riego por goteo.

Actualmente, no solo hay una amplia gama de fertilizantes solubles, sino que encontramos formulaciones líquidas que permiten su inyección en estado puro, así como fertilizantes comerciales "a la carta" según cada uno de los estados vegetativos de los cultivos.

En la agricultura tradicional los cultivos se riegan una vez a la semana o cada 10 días y los fertilizantes se aplican a la siembra y a la mitad del ciclo. Con fertirriego, en cambio, el agua y los fertilizantes se entregan a la planta día a día en forma continua y creciente a medida que avanza su ciclo.

Es decir, se aplican de acuerdo a lo que la planta necesita a diario, de esta forma se potencia su productividad y se puede controlar y aprovechar mejor el agua y los nutrientes.

Los fertilizantes para fertirriego deben ser solubles, pueden ser de origen natural o sintetizados industrialmente y contienen uno o dos nutrientes esenciales para los cultivos. Por lo general corresponden a una sal o molécula compuesta por un catión (ión carga positiva) y un anión (ión carga negativa), por ejemplo el nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) compuesto por  $\text{K}^+$  y  $\text{NO}_3^-$ .

Todos los fertilizantes tienen distinta conductividad eléctrica (CE) medida de la concentración de sales en un medio líquido o sólido. En los fertilizantes solubles la conductividad se utiliza para conocer la salinidad que genera un fertilizante, de modo de elegir el más adecuado para el suelo en que se va a aplicar, por ejemplo en zonas de suelos y aguas salinas se debe aplicar fertilizantes de baja conductividad.

Los fertilizantes también tienen distinto pH medida de la concentración del ión hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en medios sólidos o líquidos, información clave en la elección del fertilizante soluble para un determinado tipo de suelo; en algunos casos se requiere de fertilizantes de reacción ácida (pH bajo 7), en otros de reacción neutra (pH 7) y en otros de reacción alcalina (pH sobre 7).

La solubilidad de los fertilizantes también varía con la temperatura de la solución. La mayoría de los fertilizantes al solubilizarse enfrían más el agua en que se están disolviendo. Mientras más fría el agua, menor es la disolución y por lo tanto menor es la cantidad de fertilizante que se puede aprovechar. Este concepto es especialmente importante cuando se utiliza agua fría de pozo o en el invierno.

Para lograr una buena solubilidad del fertilizante es recomendable verificar la temperatura del agua con un termómetro y compararlas con tablas que relacionan la solubilidad con la temperatura. Si el agua está muy fría se puede entibiar antes de hacer la mezcla. También es posible agregar un fertilizante que al disolverse genera calor, por ejemplo el ácido fosfórico.

Por último un aspecto importante es conocer la compatibilidad de los fertilizantes solubles cuando se van a mezclar. Para ello existen tablas que indican el grado de compatibilidad entre los distintos fertilizantes (Chileriego, 2002).

### **3. MATERIAL Y METODO**

#### **3.1 Antecedentes del área de estudio.**

##### **3.1.1 Ubicación de área de estudio.**

El estudio se llevó a cabo en el predio experimental de la Universidad Católica de Temuco, ubicado aproximadamente a 21 kilómetros al Este de la ciudad de Temuco, en el sector denominado San Ramón, comuna de Freire, provincia de Cautín, cuya vía de acceso más expedita, es el camino que une Temuco y Cunco.

##### **3.1.2 Clima**

La precipitación anual es de 1500 a 2000 mm, en otoño de 500 a 700 mm, en invierno de 700 a 1000 mm, en primavera de 400 a 500 mm, y en verano de 150 a 250 mm. Respecto a la frecuencia con que se presenta el fenómeno, los promedios de días con precipitación, conducen a que el mes menos lluvioso es febrero con 4 días y el más lluviosos junio con 21 días.

El comportamiento anual de la humedad del aire presenta una variación anual. En términos de valores medios mensuales, todos los meses del año presentan una alta humedad (mayor al 50%). Sin embargo, los registros de humedad relativa mínimas medias mensuales alcanzan valores tan bajos como 35% con valores absolutos del 15%.

La temperatura media anual del suelo es de 12 a 13 °C, la media de julio es de 8 a 9 °C y la máxima de enero es de 24 a 26 °C (Koeppen y Emberger, 1998).

### 3.1.3 Descripción del ensayo.

El ensayo correspondió al montaje de una unidad experimental, la cual esta constituida por dos tratamientos, en los que se aplicó fertilizantes solubles en una dosis media (T2) y una dosis alta (T3), ambos bajo el mismo esquema de fertilización, determinado por la aplicación en una primera etapa y con una frecuencia de siete días entre aplicaciones, de *Plant Starter* ( enraizante y transplante) por el periodo de un mes, y en una segunda etapa la aplicación de *General Purpose* ( crecimiento planta juvenil ) también cada siete días y por el mismo periodo de tiempo, más un tratamiento testigo sin fertilización (T1), en un sustrato compuesto por corteza de pino compostada en contenedores tipo speedling. Por lo tanto la fertilización quedó determinada por la aplicación de dos fertilizantes en distintas épocas para cada tratamiento como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cuadro resumen de la dosis de fertilizante por tratamiento.

Tratamiento	Dosis "Plant Starter" ( cada 7 días - 1er mes)	Dosis "General Purpose" ( cada 7 días - 2do mes)
T1	Sin fertilizar	Sin Fertilizar
T2	150ppm de N (1.667 gr/lit) (*)	150 ppm de N ( 0.75 gr/lit) (*)
T3	200 ppm de N ( 2.222 gr/lit) (*)	200 ppm de N ( 1.0 gr/lit) (*)

(\*) Según tabla proporcionada por el fabricante del producto.

### 3.1.4 Diseño del ensayo.

El diseño experimental a utilizar en este ensayo correspondió a un diseño en bloques completos al azar, donde la unidad muestral quedó determinada por la bandeja tipo speedling compuesta por 56 cavidades de 130cc cada una con 4 repeticiones por tratamiento.

El experimento consto de 12 bandejas constituidas por 672 plántulas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst (Cuadro 2).

Cuadro 2. Detalle del diseño experimental.

Tratamiento	1 <sup>er</sup> mes	2 <sup>o</sup> mes	Repetición
T1	Sin Fertilización	Sin Fertilización	4
T2	150 ppm de N Plant starter 1.667 gr/lt	150 ppm de N General purpose 0.75 gr/lt	4
T3	200 ppm de N Plant starter 2.222 gr/lt	200 ppm de N General purpose 1.0 gr/lt	4

### 3.1.5 Manejo del ensayo.

#### 3.1.5.1 Obtención del material a utilizar.

Las plántulas fueron obtenidas a partir de material reproducido a través de semillas en el centro experimental de Huichahue, para posteriormente ser transplantados a las bandejas tipo speedling.

#### 3.1.5.2 Preparación del sustrato.

El sustrato compuesto por corteza de *Pinus radiata*, fue aplicado directamente a la bandeja tipo speedling ya que este medio de propagación viene desinfectado por el productor.

### 3.1.5.3 Preparación de las bandejas tipo speedling.

Las bandejas tipo speedling fueron sometidas a un baño de óxido de cobre y a un adhesivo (cola fría), con el objetivo de desinfectar las bandejas de cualquier agente patógeno y propender a la formación del pan de tierra que acompañará a la plántula hasta la etapa del establecimiento en terreno.

Una vez realizada esta operación las bandejas tipo speedling fueron llenadas con el sustrato, para posteriormente transplantar las plántulas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst, individualmente a cada una de las cavidades de la bandeja tipo speedling.

### 3.1.5.4 Preparación de la dosis de Fertilizantes.

El esquema de fertilización quedó constituido por la aplicación de dos productos de la línea Peters Profesional, en una primera etapa se aplicó un fertilizante (enraizante y transplante) cuyo nombre comercial es “Plant Starter” N,P,K; 9-45-15 más micronutrientes, cada 7 días por un periodo de un mes, posteriormente se aplicó un fertilizante de crecimiento juvenil cuyo nombre comercial es “General Purpose” N,P,K 20-10-20 más micronutrientes cada 7 días por el mismo periodo de tiempo de un mes. La ley de ambos fertilizantes se resume en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Ley de los fertilizantes utilizados.

Fertilizante	NH <sub>3</sub> (%)	NH <sub>4</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
Plant Starter	X	9	45	15
General Purpose	12.16	7.84	10	20

Para la determinación de las dosis de fertilizante, se utilizó tabla de conversión entregada por el productor del fertilizante, donde para fertilizar con “Plant Starter” en una concentración media de 150 ppm de N, se utilizaron 1,667 gr/lt de producto, mientras que para fertilizar con “General Purpose” con la misma concentración media de 150 ppm de N se utilizaron 0.75 gr/lt de producto.

Por otro lado para fertilizar con “Plant starter” en una alta concentración de 200 ppm de N se utilizaron 2,222 gr/lit del producto, mientras que para fertilizar con General purpose con la misma concentración alta de 200 ppm de N se utilizaron 1.0 gr/lit de producto.

Las cantidades de producto a utilizadas fueron medidas en una balanza electrónica y posteriormente diluidas en agua en forma manual, para a continuación ser aplicadas en forma homogénea en todas las bandejas.

### 3.1.6 Unidad experimental.

La unidad experimental esta representada por la bandeja o contenedor tipo speedling compuesta por 56 cavidades, de las cuales 30 son efectivamente medibles y el resto o perímetro de la bandeja forma parte del área buffer. (Figura 1).

X	X	X	X	X	X	X	X
X	1	2	3	4	5	6	X
X	12	11	10	9	8	7	X
X	13	14	15	16	17	18	X
X	24	23	22	21	20	19	X
X	25	26	27	28	29	30	X
X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 1. Distribución de las plantas en el contenedor tipo speedling

Donde:

**X:** Area de buffer.

**Nº:** Planta Efectiva (Area control)

### 3.1.7 Evaluación de las variables morfológicas.

- Altura Total (HT)

Esta variable se midió para cada una de las plantas ubicadas dentro de la zona de control, a través de un instrumento graduado (Huincha) en centímetros, desde la base del suelo hasta el ápice.

- Diámetro a la Altura del Cuello (DAC)

La variable diámetro se midió a cada una de las plantas ubicadas dentro de la zona de control a través de instrumento graduado (pie de metro) en milímetros.

### 3.1.8 Variables a calcular.

- Índice de Biomasa (IBIOM)

La determinación de la variable índice de biomasa por planta, se obtuvo a través de las variables de medición DAC y HT, como se muestra en la fórmula (1) y la cual es expresada en  $\text{cm}^3$ .

$$(1) \quad \text{IBIOM} = (\text{DAC}^2 * \text{HT})$$

### 3.1.9 Análisis estadístico de los datos.

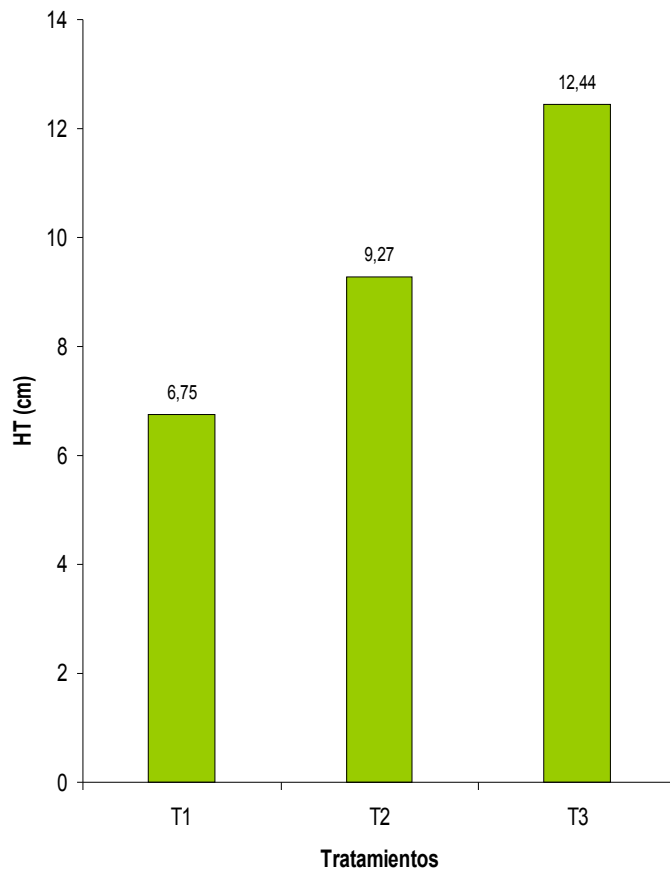
Una vez definida la base de datos de las variables de medición y la variable calculada, se procedió a evaluar los efectos de los distintos tratamientos antes mencionados, para cada una de las variables estudiadas (DAC, HT, IBIOM), mediante un análisis de varianza con una probabilidad del 95%, y en el caso que se comprobara la existencia de diferencias significativas, se consideró la aplicación de un test de comparaciones de medias. Este test de comparaciones de medias se realizó mediante la prueba de Duncan, la cual es una prueba de alta sensibilidad <sup>1</sup>, con la finalidad de determinar cual tratamiento supera significativamente al los demás, para ello se utilizó un programa estadístico llamado System Administration Statistic (SAS).

Comunicación personal Sr. Edgardo Velilla (2004) Ingeniero Forestal. Magíster en Estadística Forestal. Forestal Monte Aguila.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Efecto de la dosis de fertilizante sobre la altura total (HT)

En la Figura 2 se muestra el aumento promedio de la altura en los distintos tratamientos.



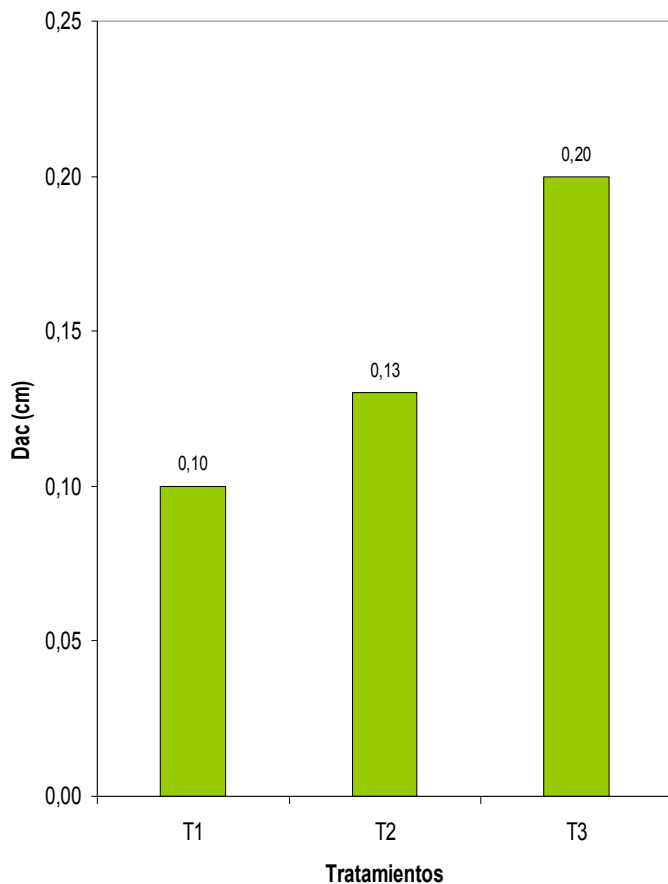
**Figura 2.** Gráfica de Altura total promedio (cm) para cada tratamiento.

En la gráfica anterior se puede observar claramente la mayor respuesta en altura que tuvieron las plántulas de *Nothofagus obliqua* en los tratamientos T2 y T3, en los cuales se aplicó fertilizante soluble (*General purpose + Plant starter*) en una dosis media y alta respectivamente, en sustrato de corteza de pino compostada.

En términos numéricos, las plántulas de **Nothofagus obliqua** en el tratamiento T1 tuvieron un crecimiento promedio en altura de 6.75 cm, en el tratamiento T2 fue de 9.27 cm, mientras que en el tratamiento T3 alcanzaron una altura promedio de 12.44 cm.

Por otro lado, el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, muestra que existen diferencias significativas sobre el crecimiento en altura de plántulas de **Nothofagus obliqua** entre los tres tratamientos, T1 (sin fertilización), T2 (dosis media), y T3 (dosis alta) (Anexo).

## 4.2. Efecto de la dosis de fertilizante sobre el DAC



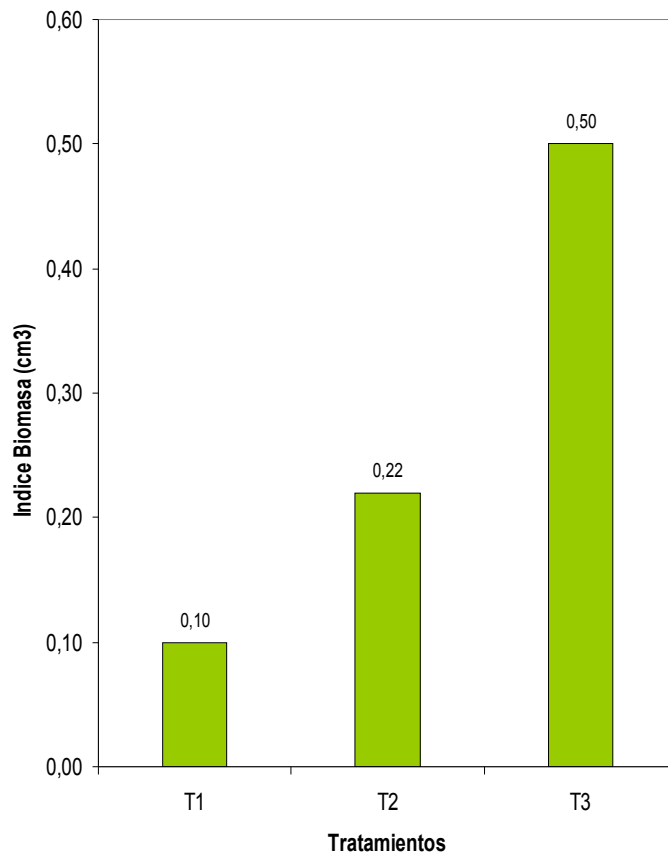
**Figura 3.** Gráfica de Diámetro a la altura del cuello promedio (cm) para cada tratamiento.

En la gráfica anterior se puede observar claramente la mayor respuesta en altura que tuvieron las plántulas de *Nothofagus obliqua* en los tratamientos T2 y T3, en los cuales se aplicó fertilizante soluble (*General purpose + Plant starter*) en una dosis media y alta respectivamente, en sustrato de corteza de pino compostada.

En términos numéricos, las plántulas de *Nothofagus obliqua* en el tratamiento T1 tuvieron un crecimiento promedio en DAC de 0.10 mm, en el tratamiento T2 fue de 0.13 mm, mientras que en el tratamiento T3 alcanzaron un DAC promedio de 0.20 mm.

Por otro lado, el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, muestra que existen diferencias significativas sobre el crecimiento en altura de plántulas de ***Nothofagus obliqua*** entre los tres tratamientos, T1 (sin fertilización), T2 (dosis media), y T3 (dosis alta) (Anexo).

### 4.3. Efecto de la dosis de fertilizante sobre la Biomasa



**Figura 4.** Gráfica del Índice de Biomasa promedio (cm<sup>3</sup>) para cada tratamiento.

En la gráfica anterior se puede observar claramente la mayor respuesta sobre la Biomasa que tuvieron las plántulas de *Nothofagus obliqua* en los tratamientos T2 y T3, en los cuales se aplicó fertilizante soluble (*General purpose + Plant starter*) en una dosis media y alta respectivamente, en sustrato de corteza de pino compostada.

En términos numéricos, las plántulas de **Nothofagus obliqua** en el tratamiento T1 tuvieron un crecimiento promedio en DAC de 0.10 cm<sup>3</sup>, en el tratamiento T2 fue de 0.22 cm<sup>3</sup>, mientras que en el tratamiento T3 alcanzaron un DAC promedio de 0.50 cm<sup>3</sup>.

Por otro lado, el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, muestra que existen diferencias significativas sobre el crecimiento en altura de plántulas de **Nothofagus obliqua** entre los tres tratamientos, T1 (sin fertilización), T2 (dosis media), y T3 (dosis alta) (Anexo).

La buena respuesta de las tres variables morfológicas evaluadas HT, DAC e Índice de Biomasa, a la aplicación de fertilizante soluble en el tratamiento T2 (dosis media), y especialmente en el tratamiento T3 (dosis alta), en donde se alcanzaron las mejores respuestas a estas variables, podría relacionarse a una combinación de factores, entre ellos las numerosas ventajas que presenta la aplicación de fertilizantes solubles a través del riego, tales como: ahorro y eficiencia en el uso de los fertilizantes, mejor distribución y asimilación, adecuación a las necesidades de la planta, rapidez de actuación ante carencias, entre otras; con lo cual se puede lograr una mayor eficiencia en la nutrición de las plantas (Chileriego, 2002).

Al respecto Peñuelas (1996), menciona que en los viveros forestales que producen plantas en envases o contenedores, se pueden utilizar todas las formas de abonos disponibles en el mercado, pero los más usados son los abonos solubles para aplicar en fertirrigación, o los abonos de liberación lenta.

Además, la incorporación de fertilizantes a través del agua de riego, ya sea en forma automatizada o en forma más artesanal, ha incrementado la eficiencia en el uso de los nutrientes por los cultivos respecto de la fertilización tradicional. Esto último se debe a que estos son inyectados directamente al sector donde se encuentra el 90 % de las raíces y porque al ir en el agua, tienen un vehículo de llegada directo a las raíces (Soquimich, 2001).

Otro factor al que se pueden asociar los resultados obtenidos, es la aplicación de fertilizante en forma periódica (cada siete días para este estudio), ya que esto permite la aplicación de una solución fertilizante más concentrada, acorde con una programación prefijada, tal como una vez a la semana, o cada tercer riego. La solución fertilizante aplicada durante la fertilización periódica, puede por tanto ser varias veces más concentrada que la solución fertilizante constante (Landis, 1989).

Lo anterior explicaría la mayor respuesta que tuvo la fertilización en una dosis alta de 150 ppm de N, equivalente a 2.2 gr/Lt el primer mes de aplicación y a 1.0 gr/Lt, el segundo mes de aplicación.

La utilización de esta práctica cultural, se ve reflejada en una encuesta de viveros en los que se producen plantas en contenedores, la cual reveló que en el 64% de los viveros se utiliza fertilización periódica (Landis, 1989).

Además, según Peate (1989), la corteza de pino compostada tiene el potencial de reemplazar en forma total cualquier tipo de sustrato, debido a sus características físico - químicas, esto incide directamente en la capacidad de retención de agua del sustrato y por ende la capacidad de absorción de nutrientes disueltos en ella, por lo tanto al existir una buena retención de agua en el sustrato, se está a la vez logrando una mejor retención de los fertilizantes, por lo tanto, la planta los puede aprovechar de mejor manera y en forma más oportuna y eficiente.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ensayo, en relación al efecto de la dosis de fertilizante soluble, se concluye lo siguiente:

- La utilización de fertilizante soluble, en dosis alta de 200 ppm de N, equivalentes a 2.2 gr/Lt de fertilizante el primer mes de aplicación y 1.0 gr/Lt de fertilizante el segundo mes de aplicación, en el sustrato compuesto por corteza de pino compostada, genera las mayores respuesta en la variables morfológicas diámetro a la altura del cuello (DAC), altura total (HT) e índice de biomasa (IBIOM), en plantas de ***Nothofagus oblicua*** (Mirb.) Oerst, viverizadas en contenedores tipo speedling.
- La aplicación de un esquema de fertilización compuesto por dos fertilizantes solubles, en el sustrato compuesto por corteza de pino compostada, demostró ser un buen método cultural y genera el mayor crecimiento en altura (HT), diámetro a la altura del cuello (DAC) e índice de biomasa (IBIOM) en plántulas de ***Nothofagus obliqua*** (Mirb.) Oerst, en etapa de viverización producidas en contenedores tipo speedling.
- Del punto de vista de la calidad de las plantas producidas en vivero, en cuanto a su forma, se observó que la mayoría de ellas eran de buena calidad, monoapicales, con tallo recto, vigorosas y sin síntomas de clorosis aparente.

- Por otra parte, los buenos resultados en crecimiento obtenidos para todas las variables analizadas, son de suma relevancia, ya que la velocidad de crecimiento inicial (plántula) es de extraordinaria importancia para el establecimiento y sobrevivencia de la especie, lo que puede jugar un papel decisivo al momento de establecer en forma definitiva las plántulas en terreno, por lo tanto, esto se vera reflejado en mayores tasas de sobrevivencia y por consiguiente, en una mayor rentabilidad futura.

## 6. RESUMEN

El objetivo de este estudio consistió en evaluar el efecto de la dosis de fertilizantes solubles sobre el crecimiento en vivero de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst, en sustrato compost de corteza de pino, producido en contenedores tipo speedling. Además, se busca determinar el efecto de la dosis de fertilizantes solubles sobre el incremento de biomasa, así como también, determinar la dosis óptima de fertilizante en la producción de plantas de buena calidad.

El estudio se llevó a cabo en el predio experimental de la Universidad Católica de Temuco, ubicado aproximadamente a 21 kilómetros al Este de la ciudad de Temuco, en el sector denominado San Ramón, comuna de Freire, entre los meses de Diciembre a Marzo del 2002.

El ensayo correspondió al montaje de una unidad experimental, la cual esta constituida por dos tratamientos, en los que se aplicó fertilizantes solubles de la línea *Peters Profesional* en una dosis media de 150 ppm N (T2) y una dosis alta de 200 ppm N (T3), ambos bajo el mismo esquema de fertilización, determinado por la aplicación en una primera etapa y con una frecuencia de siete días entre aplicaciones, de Plant Starter N,P,K 9-45-15 más micronutrientes ( enraizante y transplante) por el periodo de un mes, y en una segunda etapa la aplicación de General Purpose N,P,K 20-10-20 más micronutrientes ( crecimiento planta juvenil ) también cada siete días y por el mismo periodo de tiempo, más un tratamiento testigo (T1) sin fertilización, en un sustrato compuesto por corteza de pino compostada en contenedores tipo speedling.

Para la determinación de las dosis de fertilizante, se utilizó tabla de conversión entregada por el productor del fertilizante, donde para fertilizar con “Plant Starter” en una concentración media de 150 ppm de N, se utilizaron 1,667 gr/lit de producto, mientras que para fertilizar con “General Purpose” con la misma concentración media de 150 ppm de N se utilizaron 0.75 gr/lit de producto. Por

otro lado para fertilizar con “Plant starter” en una alta concentración de 200 ppm de N se utilizaron 2,222 gr/lt del producto, mientras que para fertilizar con General purpose con la misma concentración alta de 200 ppm de N se utilizaron 1.0 gr/lt de producto.

Las cantidades de producto utilizadas fueron medidas en balanza electrónica y posteriormente diluidas en agua en forma manual, para luego ser aplicadas en forma homogénea en todas las bandejas.

Los resultados del análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, muestra que existen diferencias significativas sobre el crecimiento de plántulas de ***Nothofagus obliqua*** entre los tratamientos T1 (sin fertilización), T2 (dosis media), T3 (dosis alta).

## 7. SUMMARY

The purpose of this study consisted of evaluating the effect of a dose of soluble fertilizers on the growth of *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst, using a compost of pine bark and taking place in a nursery with speedling containers.

The study was carried out in the Catholic University of Temuco's laboratories, which are located in the rural area known as "San Ramón" (Freire's municipality), 21 kilometers est of Temuco city, between December and March of 2002.

The experiment corresponded to the assembly of an experimental unit composed of two treatments applying Peters Professional's soluble fertilizers in dose of 150 ppm N (T2) and a high dose of 200 ppm N (T3), both under the same fertilization outline and determined by the first stage application, and with a seven days waiting period between applications of Plant Starter 9 % NH<sub>4</sub>, 45 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 15 % K<sub>2</sub>O, plus micronutrientes (enraizante and transplant) for the period of one month. After that, in a second stage, the application of General Purpose 12.16% NH<sub>3</sub>, 7.84% NH<sub>4</sub>, 10% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 20% K<sub>2</sub>O plus micronutrientes (growth plants juvenile), again, every seven days and for the same period of time, including a "witness" treatment (T1) without fertilization, over a pine bark compost in speedling containers.

A chart, provided by the producer of the fertilizer was used to determine the appropriate doses. To fertilize with "Plant Starter", in a half concentration of 150 ppm N, 1,667 gr/lt product was used, while to fertilize with "General Purpose", using the same half concentration of 150 ppm N, 0.75 gr/lt product was used. On the other hand, to fertilize with "Plant starter" in a high concentration of 200 ppm N, 2,222 gr/lt of product was used. Finally, to fertilize with General purpose, with the same high concentration of 200 ppm N, 1.0 gr/lt of product was used.

The product was measured using an electronic scale and then manually diluted in water so as to be applied to each tray.

The analysis of the results shows us, with a 95% accuracy, that there are important differences in the growth of ***Nothofagus obliqua*** between the varying treatments; T1 (without fertilization), T2 (customary dose) y T3 (high dose).

## 8. BIBLIOGRAFIA

**CAPPAERT, I.; VERDONCK, O.; DE BOODT, M. 1984.** Degradation of bark and its value as a soil conditioner. Symposium Braunschweig. Soil Organic Matter Studies International, Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. 1: 123 - 130.

**DANIEL, T.; HELMS, J.; BACKER, F. 1982.** Principios de Silvicultura. Ed. McGraw-Hill. México. 492p.

**DONOSO, C.; LANDRUM, L. 1973.** Manual de identificación de especies leñosas del Bosque Húmedo de Chile. CONAF. Santiago, Chile. 168 p.

**DONOSO, C. 1979.** Mini-monografía sobre *Nothofagus* en Chile. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 15p.

**DONOSO, C. 1981.** Ecología Forestal. El bosque y su medio ambiente. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 368 p.

**ESCOBAR, R. 1999.** Nutrición y fertilización en viveros forestales. Agroanálisis Forestal. (Primer semestre).pp: 8-11.

**FRANCKE, S. 1988.** Fertilización Forestal. Documento Técnico N° 31. Chile Forestal, CONAF. Junio. 8p.

**GARTNER, J.; MEYER, M. Y SAUPE, D. 1971.** H growing media for container Forest Products. 21 (5): 25 -30.

**GROSSE, H.; PINCHEIRA, M. 1999.** Efecto del tamaño del contenedor en el desarrollo inicial de plantaciones de Raulí (*Nothofagus alpina* OPEP. Et Endl). Trabajo presentado al primer congreso Latinoamericano IUFRO. Valdivia, Chile.15p

**INFOR-CONAF. 1998.** Monografía de Roble, *Nothofagus obliqua*. Potencialidad de especies y sitios para una diversificación silvícola nacional. Santiago, Chile.90p.

**HOLMBERG, J. 1992.** Silvicultura del Eucalyptus. In: Segundo taller silvícola de Eucalyptus, Bosque Nativo. 5 Noviembre. Concepción, Chile. Fundación Chile, Santiago, Chile. pp. 85 - 95.

**JAYAWICKRAMA, K.J.S.; SCHLATTER V., J.E.; ESCOBAR R. 1993.** Eucalypt plantation forestry in Chile. Australian Forestry 56 (2): 179 - 192.

**JIMÉNEZ GÓMEZ, 1992.** Fertilizantes de liberación lenta, tipos evolución y aplicaciones. Madrid, Mundi prensa, 1992. 190 p.

**KOEPPE; EMBERGER, 1998.** El Clima de Temuco, en los últimos 18 años. 2003. disponible en Internet: [http // www.uct.cl/meteorología/climatco.htm](http://www.uct.cl/meteorología/climatco.htm). Accesada Marzo 15, 2004.

**LANDIS, T. 1989.** Manual de viveros para la producción de especies Forestales en contenedor. Departamento de agricultura de los Estados Unidos, Portland, Oregon, U.S.A. Vol N° 4.1-67 pp.

**NAPIER, I. 1985.** Técnicas de viveros forestales. Con referencia especial a Centroamérica. Ed. Graficentro. Siguatepeque, Honduras. 274p.

**PEATE, N. 1989.** Media for cutting propagation. The international plant Propagators Society. Washington. U.S.A. 39: 71 - 76.

**PEÑUELAS, J.; OCAÑA, L. 1996.** Cultivo de platas forestales en contenedores, principios y fundamentos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Centro de Publicaciones. Madrid, España.190p.

**Revista Chile Riego N° 11. Agosto, 2002.** Disponible en Internet: <http://www.chileriego.cl/revista/rev11/indice.htm>. Accesada Agosto 10, 2004.

**RODRÍGUEZ, R.; MATHEL, O.; QUEZADA, M.1983.** Flora arbórea de Chile. Ediciones de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile.408p.

**SCOTTS, 1999.** Fertilizantes solubles y de entrega sostenida, para el uso en viveros, 25pp. Disponible en página de Internet. [www.scottscompany.com](http://www.scottscompany.com). Accesada Marzo 23, 2004.

**TOVAL, G. 1983.** Utilización de corteza de pinos, como sustrato en viveros. An. INIA, Serie Forestal, N°7: 67-80.

**VENEGAS, 2000.** Memorias 1er Seminario Internacional de Fertirriego.Santiago, Chile.

**WARD, J.; BRAGG, N y CHAMBERS, B. 1986.** Peat – Based compost: Their properties defined and modified to your needs. The International Plant Propagators Society. Washington. U.S.A. 36: 288 – 292.

**ZÖTTL, H. 1977.** Rinde-Afball oder rohstollz. Allg. Forstzeitschrift. 32(G): 154 -155.

**ZÖTTL, H. 1980.** Possibilidades de utilizacao da casca de essencias forrestais para o melhoramento da solo. Revista Floresta (Curitiba, Brasil). 11 (2): 45 – 51.

**ANEXO**  
**ANALISIS ESTADISTICOS**

## The SAS System

---

### The GLM Procedure

#### Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	4	1 2 3 4
trat	3	1 2 3
Number of observations		13

#### Dependent Variable: HT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	68.26030833	13.65206167	15.93	0.0021
Error	6	5.14218333	0.85703056		
Corrected Total	11	73.40249167			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	HT Mean
0.929945	9.754248	0.925759	9.490833

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	3	3.17169167	1.05723056	1.23	0.3767
trat	2	65.08861667	32.54430833	37.97	0.0004

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	3	3.17169167	1.05723056	1.23	0.3767
trat	2	65.08861667	32.54430833	37.97	0.0004

### Duncan's Multiple Range Test for HT

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	0.857031

Number of Means	2	3
Critical Range	1.602	1.660

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	trat
A	12.4450	4	3
B	9.2750	4	2
C	6.7525	4	1

### Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	4	1 2 3 4

trat	3	1 2 3
------	---	-------

Number of observations 13

**Dependent Variable: DAC**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.01922500	0.00384500	49.44	<.0001
Error	6	0.00046667	0.00007778		
Corrected Total	11	0.01969167			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DAC Mean
0.976301	5.912293	0.008819	0.149167

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	3	0.00035833	0.00011944	1.54	0.2991
trat	2	0.01886667	0.00943333	121.29	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	3	0.00035833	0.00011944	1.54	0.2991
trat	2	0.01886667	0.00943333	121.29	<.0001

### Duncan's Multiple Range Test for DAC

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 6  
Error Mean Square 0.000078

Number of Means 2 3  
Critical Range .01526 .01581

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	trat
A	0.202500	4	3
B	0.137500	4	2
C	0.107500	4	1

#### Class Level Information

Class	Levels	Values
bloq	4	1 2 3 4
trat	3	1 2 3

Number of observations 13

**Dependent Variable: IBIOM**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.37845000	0.07569000	9.22	0.0088
Error	6	0.04925000	0.00820833		
Corrected Total	11	0.42770000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	IBIOM Mean
0.884849	32.94540	0.090600	0.275000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	3	0.04590000	0.01530000	1.86	0.2365
trat	2	0.33255000	0.16627500	20.26	0.0021

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
bloq	3	0.04590000	0.01530000	1.86	0.2365
trat	2	0.33255000	0.16627500	20.26	0.0021

### Duncan's Multiple Range Test for IBIOM

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 6  
Error Mean Square 0.008208

Number of Means 2 3  
Critical Range .1568 .1625

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	trat
A	0.50000	4	3
B	0.22250	4	2
C	0.10250	4	1