

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N

FACULTAD CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura

EFECTOS FITOTOXICOS PROVOCADOS POR FERTILIZACION CON N P K
Y MICRONUTRIENTES EN PLANTAS DE Eucalyptus globulus Labill.,
PRODUCIDAS EN STYROBLOCK.



MEMORIA DE TITULO PRESENTADA
A LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL

JOSE MANUEL CERDA SANDOVAL

CONCEPCION - CHILE
1994

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N

FACULTAD CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura

EFFECTOS FITOTOXICOS PROVOCADOS POR FERTILIZACION CON N P K
Y MICRONUTRIENTES EN PLANTAS DE Eucalyptus globulus Labill.,
PRODUCIDAS EN STYROBLOCK.



Por

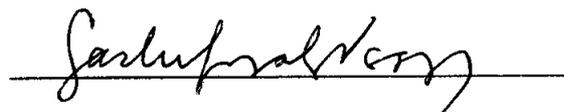
JOSE MANUEL CERDA SANDOVAL

MEMORIA DE TITULO PRESENTADA
A LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE
1994

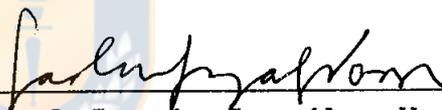
EFFECTOS FITOTOXICOS PROVOCADOS POR FERTILIZACION CON N P K
Y MICRONUTRIENTES EN PLANTAS DE Eucalyptus globulus Labill.,
PRODUCIDAS EN STYROBLOCK.

Profesor asesor



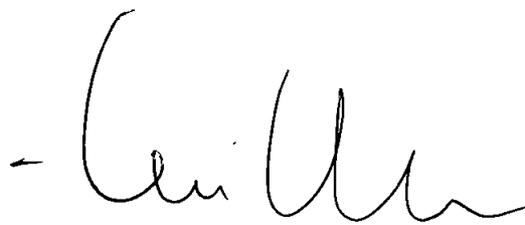
Manuel Gastón González Vargas
Profesor
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Director Departamento
de Silvicultura



Manuel Gastón González Vargas
Profesor
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Dr. Jaime Millán Herrera
Profesor
Ingeniero Forestal

**** A OSVALDO Y SILVIA**

**Por su constante esfuerzo y
dedicación en el transcurso
de mi carrera.**



**** A LORENA, JAVIER Y ALVARO
Por su incondicional apoyo en
la elaboración de esta Tesis.**



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a los padres de mi esposa, quienes con sacrificio me apoyaron durante la fase terminal de mi carrera.

A mis amigos quienes me brindaron su colaboración y me incentivaron para lograr con éxito la culminación de mi carrera.

A Don Gastón Gonzalez Vargas quien me guió durante gran parte de mi carrera y principalmente en la elaboración de esta tesis.

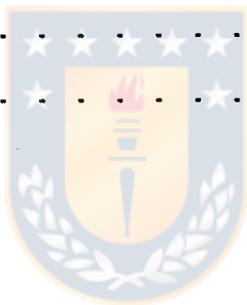


INDICE DE MATERIAS

CAPITULO	PAGINA
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1 Identificación de la especie	3
2.2 Característica del sistema de producción de plantas	4
2.3 Manejo de la producción de plantas en contenedores	8
2.3.1 Sustrato	8
2.3.2 Riego	11
2.3.3 Nutrición y fertilización	12
2.3.4 Conductividad eléctrica	16
2.3.5 El pH	19
2.4 Rol de los nutrientes estudiados	20
2.4.1 Síntomas de deficiencia y/o toxicidad.	25
2.4.2 Efecto de un nutriente sobre otro	30
2.4.2.1 Efecto de un anión sobre otro	30
2.4.2.2 Efecto de un catión sobre otro	31
III. MATERIALES Y METODOS	32
3.1 Materiales	32
3.1.1 Ubicación de los ensayos	32
3.1.2 Descripción de las macetas	32
3.1.3 Descripción del sustrato o medio de crecimiento	32

3.1.4	Descripción del agua de riego	33
3.1.5	Esquema de Fertilización	34
3.2	Métodos	34
3.2.1	Emergencia de plantas	34
3.2.2	Esquema de riego y fertilización	36
3.2.3	Descripción de los ensayos	37
3.2.3.1	Ensayo de dosis de Ultrasol	37
3.2.3.2	Ensayo de dosis de micronutrientes	38
3.2.4	Diseño del experimento	39
3.2.5	Fertilización complementaria	39
3.2.6	Determinación de variables de medición	40
3.2.6.1	Variables de control de las aplicaciones	40
3.2.6.2	Variables morfológicas	40
3.2.6.3	Síntomas	41
3.2.6.4	Análisis foliar	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	42
4.1	ENSAYO DOSIS DE ULTRASOL	42
4.1.1	Variables de control	42
4.1.2	Variables morfológicas	44
4.1.3	Sintomatología	49
4.1.4	Análisis foliar	51
4.2	ENSAYO DOSIS DE MICRONUTRIENTES	55
4.2.1	ENSAYO DOSIS DE FeSO4	55
4.2.1.1	Variables de control	55
4.2.1.2	Variables morfológicas	56

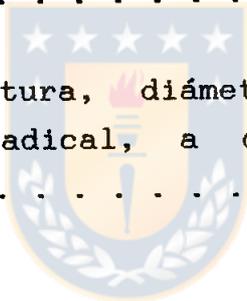
4.2.1.3	Síntomas	62
4.2.1.4	Análisis foliar	64
4.2.2	ENSAYO DOSIS DE MnSO4	66
4.2.3	ENSAYO DOSIS DE ZnSO4	71
4.2.4	ENSAYO DOSIS DE CuSO4	75
4.2.5	ENSAYO DOSIS DE H3BO3	80
V.	CONCLUSIONES	85
VI.	RESUMEN Y SUMMARY	87
6.1	Resumen	87
6.2	Summary	88
VII.	BIBLIOGRAFIA	89
	APENDICES	95
	ANEXOS	106



INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Esquema de fertilización para aplicaciones periódicas de soluciones nutritivas (15). . . .	16
2	Clasificación de niveles de conductividad eléctrica (C.E.) en el desarrollo de <u>Picea mariana</u> (mill) B.S.P. Y <u>Picea glauca</u> (Moench) Voss. creciendo en un medio de turba y vermiculita (22)	18
3	Análisis químico de sustrato compuesto por corteza de pino.	33
4	Análisis químico de componentes del agua utilizada para realizar el riego.	33
5	Régimen de fertilización propuesto para cada etapa de desarrollo de plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. .	34
6	Cantidad de NPK entregadas según las dosis de Ultrasol a aplicar.	38
7	Ensayos de micronutrientes según las dosis (d) de cada nutriente y la cantidad de producto (p) requerido para cada uno.	39
8	Respuesta en altura, diámetro de cuello, peso seco aéreo y radical, a diferentes dosis de Ultrasol	44

9	Respuesta en altura, diámetro de cuello, peso seco aéreo y radical, a diferentes dosis de FeSO ₄	57
10	Respuesta en altura, diámetro de cuello, peso seco aéreo y radical, a diferentes dosis de MnSO ₄	67
11	Respuesta en altura, diámetro de cuello, peso seco aéreo y radical, a diferentes dosis de ZnSO ₄	72
12	Respuesta en altura, diámetro de cuello, peso seco aéreo y radical, a diferentes dosis de CuSO ₄	76
13	Respuesta en altura, diámetro de cuello, peso seco aéreo y radical, a diferentes dosis de H ₃ BO ₃	80



En el Apéndice

1A	Fertilización base de la fase establecimiento, según la concentración de cada nutriente aplicado	96
2A	Fertilización base de la fase exponencial, según la concentración de cada nutriente aplicado	97
3A	Fertilización base de la fase de endurecimiento, según la concentración de cada nutriente aplicado	98

1A´	Ensayo de fertilización con Ultrasol, según la concentración de cada nutriente aplicado en ppm. .	102
2A´	Fertilización con NPK y Ca para el ensayo con micronutrientes según la concentración de cada nutriente aplicado (ppm)	102
3A´	Fertilización para el ensayo FeSO ₄ , según la concentración de cada nutriente aplicado (ppm) .	103
4A´	Fertilización para el ensayo MnSO ₄ , según la concentración de cada nutriente aplicado (ppm) .	103
5A´	Fertilización para el ensayo ZnSO ₄ , según la concentración de cada nutriente aplicado (ppm) .	104
6A´	Fertilización para el ensayo CuSO ₄ , según la concentración de cada nutriente aplicado (ppm) .	104
7A´	Fertilización para el ensayo H ₃ B ₃ O ₃ , según la concentración de cada nutriente aplicado (ppm) .	105

En el anexo

1	Análisis químico del sustrato utilizado, entregado por Agrolab	107
2	Análisis químico del agua de riego, entregado por Agrolab	108
1´	Niveles foliares adecuados para plantas de <u>Pinus radiata</u> y <u>Eucalyptus globulus</u> , producidas en viveros a raíz desnuda, en Chile	110

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Relación entre el incremento del crecimiento de la planta y el incremento de la concentración de nutrientes en su tejido.	26
2	Emergencia de plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock con un medio de crecimiento de compost de corteza de pino. .	35
3	Variación promedio del pH y de la conductividad (K): ensayo dosis de nitrógeno-fuente Ultrasol .	42
4	Efecto de diferentes dosis de Ultrasol sobre el crecimiento en altura de plantas de <u>Eucalyptus globulus</u>	45
5	Efecto de diferentes dosis de Ultrasol sobre el crecimiento en diámetro de cuello de plantas de <u>Eucalyptus globulus</u>	46
6	Efecto de diferentes dosis de Ultrasol sobre el peso seco aéreo de plantas de <u>Eucalyptus globulus</u>	47
7	Efecto de diferentes dosis de Ultrasol sobre el peso seco radical plantas de <u>Eucalyptus globulus</u>	48
8	Porcentaje de daño en hojas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., provocado por las diferentes dosis de Ultrasol.	50
9	Comportamiento de los macronutrientes producto de la aplicación de diferentes dosis de Ultrasol	53

10	Respuesta de micronutrientes a las diferentes dosis de Ultrasol aplicadas en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock.	54
11	Variación del pH y de la conductividad (K) por efecto de la aplicación de diferentes dosis de FeSO4	56
12	Efecto de las diferentes dosis de FeSO4 sobre la altura, en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. producidas en Styroblock.	58
13	Efecto de las diferentes dosis de FeSO4 sobre el diámetro de cuello, en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. producidas en Styroblock. . . .	59
14	Efecto de las diferentes dosis de FeSO4 sobre el peso seco aéreo, en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. producidas en Styroblock. . . .	60
15	Efecto de las diferentes dosis de FeSO4 sobre el peso seco radical, en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill. producidas en Styroblock. . . .	61
16	Porcentaje de daño provocado en las hojas, producto de la aplicación de diferentes dosis de FeSO4.	63
17	Comportamiento de los macronutrientes como producto de la aplicación de diferentes dosis de FeSO4 en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock.	64

18	Comportamiento de los micronutrientes producto de la aplicación de diferentes dosis de FeSO ₄ en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock.	65
19	Efecto de las diferentes dosis de MnSO ₄ sobre la altura en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock.	68
20	Efecto de las diferentes dosis de MnSO ₄ sobre el diámetro de cuello en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	69
21	Efecto de las diferentes dosis de MnSO ₄ sobre el peso seco aéreo en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	70
22	Efecto de las diferentes dosis de MnSO ₄ sobre el peso seco radical en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	71
23	Efecto de las diferentes dosis de ZnSO ₄ , sobre la altura en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock.	72
24	Efecto de las diferentes dosis de ZnSO ₄ , sobre el diámetro de cuello en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	73
25	Efecto de las diferentes dosis de ZnSO ₄ , sobre el peso seco aéreo en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	74

26	Efecto de las diferentes dosis de ZnSO ₄ , sobre el peso seco radical en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	75
27	Efecto de las diferentes dosis de CuSO ₄ sobre la altura en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock.	76
28	Efecto de las diferentes dosis de CuSO ₄ sobre el diámetro de cuello en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	77
29	Efecto de las diferentes dosis de CuSO ₄ sobre el peso seco aéreo en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	78
30	Efecto de las diferentes dosis de CuSO ₄ sobre el peso seco radical en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	79
31	Efecto de las diferentes dosis de H ₃ BO ₃ , sobre la altura en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock.	81
32	Efecto de las diferentes dosis de H ₃ BO ₃ , sobre el diámetro de cuello en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	82
33	Efecto de las diferentes dosis de H ₃ BO ₃ , sobre el peso seco aéreo en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	83
34	Efecto de las diferentes dosis de H ₃ BO ₃ , sobre el peso seco radical, en plantas de <u>Eucalyptus globulus</u> Labill., producidas en Styroblock. . .	84

En el Apéndice

1A" Actividades desarrolladas durante el periodo de
ejecución de los ensayos 100



I. INTRODUCCION

La fertilización química es una herramienta indispensable en un vivero que produce plantas a raíz cubierta. El adecuado manejo de la fertilización permite mantener un estatus nutritivo en la planta, evitando trastornos en el crecimiento provocada por la ausencia y mortalidad por exceso de uno o más elementos nutritivos.

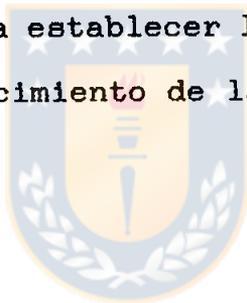
Los estudios de deficiencia y toxicidad son necesarios para establecer o determinar la sintomatología que se presenta en las plantas, de manera que el productor quede en condiciones de identificar qué elemento estaría ocasionando pérdida de crecimiento o muerte de plantas en el vivero.

Para establecer los síntomas se deben manejar variables como: (a) tipo de fertilizante y dosis; (b) sistema y periodicidad de aplicación del fertilizante; (c) tipo de sustrato y (d) efecto producido por el nutriente en el sustrato y la planta. Estas variables en conjunto afectarán la respuesta en crecimiento y desarrollo de la planta.

Debido a la falta de información sobre la sintomatología producida por el exceso o la deficiencia de nutrientes en Eucalyptus globulus, asociados al uso de fertilizantes químicos, más la frecuente aparición de plantas que muestran

necrosis foliar, amarillamiento o muerte sin explicación aparente, se hace necesario inducir la aparición de síntomas, que permiten a quien diagnostica, lograr patrones de comparación entre respuestas de la planta a la falta o exceso de los nutrimentos agregados.

El presente trabajo está orientado a establecer los síntomas que presentarían las plantas de Eucalyptus globulus, como resultado de excesos o deficiencias provocadas por la aplicación de macronutrientes (N, P y K) o de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn y Zn) y a establecer las dosis que provocan la mayor respuesta en crecimiento de la planta.



II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Identificación de la especie

El género *Eucalyptus* corresponde botánicamente a la clase Angiosperma, sub-clase Dicotiledóneas y familia Mirtáceae. Puesto que las características de cada una de las especies que componen el género son muy similares, se ha dividido en sub-géneros, secciones, series y sub-series (23).

La clasificación de Hall et al., citado por Prado y Barros (23), divide el género según alguna característica anatómica particular, agrupando las especies según el tipo de corteza (gum, ironbark, stringybark), madera (ash, box, bloodwood), entre otras.

Según Prado y Barros (23), Boland et al.(1984) ordenan las especies del género, haciendo mención a los grupos definidos por Hall et al.(1970), según sub-géneros y grupos. Estos comprenderían los siguientes sub-géneros: *Blakella*, *Corymbia*, *Eudesmia*, *Idiógenes*, *Monocalyptus* y *Symphomyrtus*. Dentro de este último se encuentran las secciones o grupos Eastern Blue Gum, Grey Gum, Red Gum, Iron Bark y Southern Blue Gum, a la cual pertenece la especie *Eucalyptus globulus* Labill. y sus sub-especies.

El área de distribución incluye los estados de Tasmania, Victoria y New South Wales. Es un árbol que alcanza una altura entre 45 y 60 metros, con un fuste recto hasta dos tercios de su altura total. La corteza es rugosa y persistente en la base del tronco y, en la parte superior, se desprende en largas tiras que dejan una superficie lisa de color gris azulado. Presenta una copa bien desarrollada con hojas opuestas en varios pares, glaucas y con tallos de sección cuadrada. Sus frutos varían en tamaño entre 0.7 y 2.5 cm de diámetro, dispuestos como unidad o en grupos de 3 a 7 según cada sub-especie (23).

La especie es de rápido crecimiento y provee de madera de calidad que permite una utilización múltiple. Compete fuertemente por agua y nutrientes con otras especies donde se desarrolla, por lo que se recomienda su uso para regiones más áridas (8, 29).

2.2 Características del sistema de producción de plantas

La producción artificial de plantas es una actividad que tiene directa incidencia en las características del material utilizado en el establecimiento de plantaciones forestales (6).

El viverista deberá obtener plantas de alta calidad que estarán determinados por el comportamiento en el terreno de plantación y regulados por factores inherentes a la planta, por el sitio y por el trato que reciba entre cosecha y establecimiento. Los factores inherentes a la planta están determinados por sus atributos físicos y fisiológicos, los que podrán ser modificados por el viverista (6).

La selección de un adecuado método de viverización dependerá de factores climáticos y de la especie que se desea cultivar. Al respecto existen básicamente dos técnicas de producción de plantas: raíz desnuda o raíz cubierta. En el primer caso, la siembra se realiza directamente en el suelo, previamente preparadas las platabandas, donde se cultivarán hasta el momento de su extracción. En el segundo caso, la siembra se realiza en contenedores, potes y/o recipientes en forma directa o bien se producen almácigos de plantas altamente densos y luego se repican a los contenedores o macetas, lugar donde se mantendrán hasta el momento de su extracción (23).

El sistema de recipientes o macetas se utiliza para el cultivo de especies difíciles de plantar y con sistemas radicales sensibles a la oxidación. Es ideal para abastecer zonas de alta tasa de evapotranspiración o con situaciones

climáticas extremas. Además, se presta para especies que, en climas templados, no detienen su crecimiento (6).

El método aprovecha eficientemente el espacio físico, razón por la cual es factible obtener altas tasas de producción. El manejo del crecimiento se hace en función del riego y de la fertilización, por lo que el material producido es muy homogéneo. Los problemas sanitarios del sustrato son controlados eficientemente, pero los problemas de la fracción aérea de la planta son de muy alto riesgo, especialmente las enfermedades fungosas (6).

Dentro de este sistema de producción de plantas, existen variados tipos de contenedores que buscan un adecuado desarrollo de raíces, facilidad de llenado, mayores posibilidades de mecanizar su manejo, menor peso de traslado al terreno de la plantación y que no sea necesario extraerlos al momento de la plantación (23).

El tamaño óptimo del recipiente a utilizar varía de acuerdo a las características del envase, al tipo y preparación del sustrato, a la especie y al período de crecimiento. En este sentido, un mayor volumen de sustrato ofrece seguridad a la planta, pero aumenta el peso de transporte (2, 13). Mientras más tiempo de permanencia tenga la planta en el sustrato,

mayor debe ser el volumen de la cavidad y mientras más fría y/o árida sea el área a repoblar, mayor debe ser la longitud del receptáculo (6).

Sin embargo, "no existe una opinión unánime entre los viveristas, sobre la elección del receptáculo a utilizar". Al respecto el mercado ofrece una amplia gama de posibilidades, entre los que se puede mencionar: (a) Rootrainer, que consiste en un molde recubierto de acetato de celulosa plegable -a la forma de un libro- y que está diseñado para engancharse en los extremos, generando una sola fila de cavidades; (b) Tubos Leach, que consiste en un tubo rígido de polietileno con diferentes medidas en diámetro y altura; (c) Styroblock, que consiste en una bandeja rectangular de 40 x 60 cm² aproximadamente, con 80 a 140 cavidades a la forma de un cono; (d) Paperpots que están contituídos por una serie de cavidades hexagonales, consistentes en una mezcla de papeles biodegradables de rápida y lenta descomposición y que están unidos por una goma soluble que permite separarlos fácilmente; (e) Speedling Trays, definido como un bloque de 40 cm x 60 cm donde cada unidad tiene forma de pirámide invertida, y (f) bolsas de polietileno, que consiste en una maceta cilíndrica con una capacidad de 300 a 600 centímetros cúbicos de sustrato (3, 6, 15, 17, 23).

De la gran variedad de recipientes, las bandejas de tipo reutilizables (Speedling trays, Styroblock) son considerados como los de mayor potencial en los viveros forestales de países en vías de desarrollo, puesto que permiten aumentar la eficiencia de la producción respecto de los viveros que utilizan las bolsas de polietileno o tubos leach. Sin embargo, las bandejas requieren una alta inversión inicial en estructuras para elevarlas sobre el nivel del suelo, en el desarrollo de un régimen óptimo de manejo del vivero y en el reentrenamiento del personal (6, 23, 36).

2.3 Manejo de la producción de plantas en contenedores

Antes de entrar en las operaciones mismas de manejo de un vivero con el sistema de producción en contenedores, existen factores primarios o básicos a considerar como: el sustrato, disponibilidad de agua, nutrientes y principalmente de la especie a cultivar.

2.3.1 Sustrato

Un sustrato adecuado para el desarrollo de las plantas, debe proveer de estabilidad, retener agua y minerales y suplir de suficiente oxígeno (O₂) y anhídrido carbónico (CO₂). Sin embargo, aunque no es posible especificar la mezcla exacta a

utilizar, es conveniente conocer los atributos físicos y químicos que presenta, de modo que las plantas puedan crecer y desarrollarse adecuadamente, asegurando un mínimo de shock de trasplante (6, 32).

De la gran variedad de sustratos utilizados en investigaciones (turba, vermiculita y arena cuarzosa, entre otras) la mezcla de 20-25% de arena fina, 20-25% de tierra vegetal y 50-60% de tierra del lugar, parecen proveer de adecuados atributos físicos y químicos que permiten mejorar la calidad de las plantas. Sin embargo, para el método de producción de plantas en contenedores, el mejor sustrato conocido es el compost de corteza de pino o de madera de latifoliadas, pues provee de alta adherencia al sistema radical, es liviano, de buen intercambio gaseoso y de buena capacidad de infiltración. Es de baja fertilidad natural, razón por la cual se debe apoyar con fertilizantes de entrega lenta antes de sembrar y/o con fertilizantes de rápida absorción, un par de semanas después de la emergencia (2, 3, 6, 12, 14, 22, 23, 24, 32, 33).

Para obtener un buen sustrato de corteza de pino, deberá tratarse al menos mediante dos procesos. El primero de ellos consiste en acumular corteza al aire libre (3 a 18 meses) sin control de la humedad y de la temperatura, dando una lenta

descomposición, con la posibilidad de producir elementos tóxicos debido a las condiciones anaeróbicas en que se produce. El segundo proceso es la acumulación de corteza controlando la aireación, la humedad y proporcionando nitrógeno para acelerar su descomposición (34).

Para obtener una buena descomposición se debe considerar el tamaño de la pila, la aireación, el sitio de almacenamiento, la humedad y el tamaño de la partícula. Una pila de gran tamaño provoca compactación en la base de ella misma, por efecto del peso y la lluvia o el riego aplicado para aumentar la humedad, reduciendo además la aireación. Idéntico proceso ocurre si el tamaño de la partícula es reducido, pues se comprime con mayor facilidad. Un tamaño adecuado de partícula de corteza es de alrededor de media pulgada (34).

Como sustrato para macetas, se recomienda utilizar a aquel compuesto por turba mezclada con compost de corteza de tamaño reducido, similar al suelo (24).

Germishuisen (1988) define el tratamiento de la corteza o "Composting" como un método acelerado de descomposición de la materia orgánica (34).

2.3.2 Riego

Debido a la importancia del agua en la planta, es que el riego pasa a ser una herramienta indispensable de manejo para regular su crecimiento y como vehículo de transporte de los fertilizantes aplicados al cultivo (6, 30).

Para que el manejo sea eficiente, se debe considerar el sistema de riego, la calidad del agua, el pH y su contenido de sales, pues afectan directamente el crecimiento del cultivo y el buen funcionamiento del equipo de aplicación (7).

Los esquemas de riego se caracterizan por una alta frecuencia y bajo volumen de agua en la etapa de siembra-emergencia, manteniendo la humedad cercana a la capacidad de campo (C.C.). Luego, en la etapa de máximo crecimiento, la aplicación es con mayor volumen, pero con menor frecuencia, proporcionando una adecuada provisión de agua en el sustrato donde se mantendrán las raíces. En la etapa de endurecimiento, el riego se repite cuando la humedad del sustrato está cercano al punto de marchitez permanente (P.M.P.), sometiendo a la planta a períodos cada vez más prolongados de estrés hídrico (6).

Goor (1964), citado por Montero (20), señala que el momento exacto para efectuar la labor se puede determinar examinando el sustrato y los aspectos morfológicos visibles de las plantas, y recomienda regar cuando la humedad alcanza a un 65% de su C.C. En general, los sistemas de aplicación consisten en un tanque de almacenamiento de agua y una bomba inyectora de la solución nutritiva o solución stock, que se encuentra concentrada dependiendo de la solubilidad de los elementos utilizados y de los requerimientos del vivero. La distribución de la solución de riego es mediante nebulizadores o micro jet (15).

2.3.3 Nutrición y fertilización

Se entiende por nutrición vegetal al proceso mediante el cual la planta absorbe del medio que le rodea, las sustancias que les son necesarias para llevar a cabo su metabolismo y, en consecuencia, desarrollarse y crecer. Del mismo modo, se entiende por elemento nutritivo a todos aquellos componentes de dichas sustancias y que son absolutamente imprescindibles para el desarrollo del ciclo vegetativo (4).

Los elementos nutritivos o nutrientes esenciales para la planta son exclusivamente inorgánicos. Estos se agrupan en macronutrientes (C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg) y

micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) (10).

El aire y el agua aportan tres elementos: carbono (C), nitrógeno (N) y oxígeno (O). Las plantas obtienen los demás elementos incluyendo N, desde el suelo. Los nutrientes del suelo se dividen en macronutrientes primarios (N, P, K) que son requeridos en grandes cantidades, macronutrientes secundarios (Ca, Mg, S), cuyos requerimientos para la planta son inferiores a los primarios y micronutrientes absorbidos en cantidades mínimas (9, 10).

Un fertilizante es un material que suplementa las deficiencias del suelo por los elementos requeridos para el desarrollo y crecimiento de las plantas, entregados como fuente orgánica, inorgánica o por una mezcla de ambas. En el primer caso, el fertilizante proviene de desechos de animales o vegetales. En el segundo caso, el fertilizante es sintético, no deriva de la materia viva y forma iones más rápidamente cuando se disuelven en agua. El nitrato de amonio, fosfato de amonio, cloruro de potasio, entre muchos otros, constituyen un ejemplo de fertilizantes inorgánicos (9).

La entrega del fertilizante a la planta debe realizarse en el momento que más lo necesita y así evitar aplicaciones

anticipadas o tardías que normalmente implican un aprovechamiento inadecuado del fertilizante (6).

Para obtener un óptimo de crecimiento y sanidad, las plantas deben recibir suficiente cantidad de nutrientes, ya sea a través del medioambiente o bien por suplementación de fertilizantes (9).

Debido a que la producción de plantas para plantación mediante el sistema en contenedores utiliza bajo volumen de sustrato, normalmente pobre en nutrientes y a la prolongada permanencia de la planta en él, es indispensable que, en el manejo rutinario de ellas, se incluya la fertilización química (6).

Existen diferentes tipos de fertilizantes para este sistema, que difieren en la forma, composición, capacidad de entrega, respuesta a la temperatura y la actividad biológica, en el efecto sobre el pH y la concentración de sales del sustrato, en eficiencia y costos de la aplicación y del producto (27).

Existen cuatro formas de fertilización: (a) aplicación de fertilizantes líquidos o solubles en agua; (b) aplicación de fertilizantes secos o incorporados al sustrato; (c) aplicación de fertilizantes de entrega controlada y

(d) aplicación de fertilizantes orgánicos, donde lo más recomendado es incorporar un fertilizante de entrega lenta y suplementar con fuentes líquidas (6, 27).

En las primeras etapas de desarrollo, la planta requiere fortificar el sistema radical secundario, con el objetivo de aumentar la eficiencia en los procesos de absorción, por lo que la fertilización debe ser rica en fósforo. En la etapa de máximo crecimiento la fertilización debe ser rica en nitrógeno y al término del período de crecimiento debe ser rica en potasio, calcio y magnesio, y en algunos casos se debe suplementar cobre y fierro (6).

Las etapas de crecimiento de una planta se pueden dividir en tres: (a) establecimiento o estado juvenil, donde la planta requiere un alto contenido de P y K y poco N, lo que le permite desarrollar un sistema radical para nutrirse desde el suelo. Esta etapa comienza después de finalizada la germinación y termina aproximadamente con la aparición del primer o segundo par de hojas verdaderas; (b) crecimiento exponencial, donde la planta desarrolla rápido crecimiento en altura y diámetro, presentando una serie de brotes nuevos, por lo que las condiciones ambientales requeridas deben estar cercanas al óptimo y (c) endurecimiento, donde la planta desarrolla un menor crecimiento en altura, pero mayor en

diámetro, con un aumento progresivo de la estructura leñosa. Se puede acelerar este proceso mediante la aplicación de K y con disminución de la frecuencia de riego (6, 15).

TABLA 1. ESQUEMA DE FERTILIZACION PARA APLICACIONES PERIODICAS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS (15).

FASE	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Cl
(ppm)													
EST.	50	100	100	80	40	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5	0.02	4
EXP.	150	60	150	80	40	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5	0.02	4
END.	50	60	150	80	40	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5	0.02	4

EST: Fase de Establecimiento

EXP: Fase de crecimiento exponencial

END: Fase de endurecimiento

2.3.4 Conductividad eléctrica

La fracción de sales solubles de un suelo en particular o medio de crecimiento, está definida como la cantidad de iones de sodio, cloro, calcio, magnesio, potasio y todos aquellos que en solución pueden conducir una corriente eléctrica (25).

El suelo o medio de crecimiento y los fertilizantes, proveen de minerales que aportan iones capaces de conducir corriente eléctrica y que, ya sea aislados o en combinación, contribuyen a elevar el nivel de sales solubles (9).

Altos niveles de sales solubles son dañinos para el crecimiento de coníferas desarrolladas en contenedores. Una

alta concentración aportada por la fertilización, restringe la entrada de agua dentro de las raíces, debido a que se incrementa la presión osmótica en la solución suelo, aumentando la probabilidad de producir daño (9).

Al repetir con frecuencia el uso de un fertilizante que contenga un elevado índice de sales puede ocasionar severos daños en la planta, por lo que es conveniente conocer el valor de éste y seleccionar aquel producto que indique el menor número (27).

El índice de sales mide la tendencia de un fertilizante a incrementar la concentración de sales en la solución suelo. El valor indicado para un fertilizante está expresado en comparación a un mismo peso que el nitrato de sodio, cuyo índice es de 100 (9).

Al medir la conductividad eléctrica de una solución suelo, ya sea en micromhos ($\mu\text{hos/cm}$) o microsiemens ($\mu\text{S/cm}$), se puede determinar la concentración de sales solubles en el sustrato. Una mayor lectura indica una mayor concentración de sales en el medio de crecimiento (22, 25).

Los rangos de tolerancia a la concentración de sales para coníferas son los siguientes:

TABLA 2. CLASIFICACION DE NIVELES DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C.E.) EN EL DESARROLLO DE *Picea mariana* (Mill) B.S.P. Y *Picea glauca* (Moench) Voss. CRECIENDO EN UN MEDIO DE TURBA Y VERMICULITA (22).

RANGO DE C.E. (mhos/cm)	CLASIFICACION
0 - 1,200	BAJO
1,201 - 2,500	NORMAL
2,501 - 4,000	EXCESIVO
4,001 ó más	LETAL

Se puede incrementar la concentración de sales solubles en un suelo o medio de crecimiento, por estrés hídrico. El nivel de sales puede aumentar al doble con una disminución en los niveles de agua en el sustrato y provocar problemas de fitotoxicidad en la planta. Este problema se puede solucionar manteniendo una alta humedad, pero en general, el daño ocasionado dependerá de la especie a cultivar y de su estado de desarrollo. Los síntomas se producen por problemas osmóticos y/o toxicidad por iones específicos. En el primer caso, si el nivel de sales de la solución suelo es muy alta, restringe la entrada de agua hacia la raíz, inhibiendo su función. En el segundo, se producen por acumulación excesiva de iones específicos, absorbidos por la planta y que destruirán células o tejidos, dependiendo de los iones envueltos en este proceso. Finalmente se pueden producir reacciones antagónicas entre iones, por lo que es necesario entregar un adecuado balance nutritivo a la planta (25).

2.3.5 El pH

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno (H^+). Un pH igual a 7 es neutro, bajo 7 es ácido y sobre 7 es alcalino. Cada cambio de unidad en la escala de pH refleja un cambio de 10 veces en la concentración de iones (16, 35).

El pH del suelo afecta directamente en la disponibilidad de los nutrientes, especialmente de los micronutrientes. Si aumenta el pH del sustrato la disponibilidad de algunos micronutrientes disminuye, sin embargo, cambios entre 4 y 7 no afectan dicha disponibilidad (16, 35).

Cuando el pH es muy bajo, la solubilidad de algunos micronutrientes aumenta, convirtiéndose en tóxicos para la planta. El manganeso puede disminuir el crecimiento de la raíz en algunos suelos ácidos (19).

Un pH entre 4.5 y 5.5 es necesario para obtener un buen crecimiento en coníferas, sobre 6.5 se produce clorosis y reducción del crecimiento. Sin embargo, la mayoría de los cultivos crecen bien en un rango entre 5.8 y 6.8, exceptuando algunos que lo hacen desde 4.5 a 8 (14, 16).

En trabajos realizados con Pseudotsuga menziessi Mirb. Franco, sobre fertilización con fuentes nítricas y amoniacales, se mostró que en un rango de pH entre 4 y 6 la disponibilidad del nitrógeno no es afectada. Sin embargo, la máxima absorción de N-NH₄ ocurre cuando el pH está cercano a 8, pues con un valor pequeño existe una lenta conversión a nitrógeno nítrico debido a la disminución en la actividad bacteriana, y para N-NO₃ cuando el valor es aproximado a 4 (1, 33).

En relación al agua de riego, se considera que un pH entre 6 y 7.2 es óptimo para cultivos de viveros (7). Con elevados niveles de pH, se puede provocar toxicidad por acumulación de metales pesados en plantas de coníferas (14).

Finalmente, el efecto de un fertilizante está indicado bajo el nombre de "Potencial de Acidez" y que se refiere a la cantidad de carbonato de calcio (CaCO₃) que es necesario para neutralizar una tonelada de fertilizante. El potencial será utilizado para seleccionar un fertilizante o para ajustar el pH del medio, durante el crecimiento del cultivo (27).

2.4 Rol de los nutrientes estudiados

Los elementos nutritivos esenciales para la planta pueden ser

divididos en dos grandes grupos: (a) macronutrientes y (b) micronutrientes. Los primeros son constituyentes de compuestos orgánicos, tales como proteínas o ácidos nucleicos, o bien actúan en la regulación de la presión osmótica. Los segundos son principalmente constituyentes de enzimas (15, 26).

El consumo de nutrientes se produce básicamente mediante dos mecanismos: (a) absorción pasiva, que consiste en la entrada de iones desde la solución suelo hacia la raíz, mediante el flujo de agua producido dentro de la planta por efecto de la transpiración y (b) absorción activa, que consiste en la entrada de iones producto de un gradiente de presión osmótico, existente entre las células de la raíz y la solución suelo (15).

El mecanismo dominante para la absorción de nutrientes es activo, sin embargo, los factores que influyen en el proceso son la demanda de agua por la planta, su selectividad para absorber los elementos, además de la concentración y relación de iones en la solución suelo (15).

El C, H y O, son suministrados por el aire, razón por la cual no son motivo de preocupación para la fertilización de los vegetales.

Los restantes macronutrientes, en especial NPK, que son requeridos en cantidades mayores, están contenidos en el suelo, por lo que su adecuada absorción dependerá de la disponibilidad y forma química que presenten (26).

Dependiendo de la forma química en que se encuentra un elemento en el sustrato, ya sea en forma no asimilable, intercambiable o en disolución, dependerá la adecuada absorción de los nutrientes. En el primer caso, el elemento forma parte de un compuesto, el que podrá ser absorbido cuando se descomponga. En el segundo caso, si bien se encuentran adsorbidos por la superficie de compuestos orgánicos, son fácilmente cedidos a la planta. Finalmente, si el elemento se encuentra en disolución, es rápidamente asimilado por la planta (26).

Cada elemento debe presentar ciertas formas iónicas para su absorción que, una vez dentro de la planta, cumple un rol específico (5, 10, 11, 15, 19, 26, 28).

N : Absorbido como ion amonio (NH_4) y/o nitrato (NO_3) o también en forma molecular como NO_3K . Es una de las unidades fundamentales de las proteínas y de la clorofila, es el responsable del crecimiento vegetativo. Se encuentra en mayor concentración

en los tejidos jóvenes.

- P** : Absorbido como ion ortofosfato primario (H_2PO_4) o como ion ortofosfato secundario (HPO_4) en cantidades menores. Forma compuestos inorgánicos y está adsorbido por las arcillas. Actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, en la división y alargamiento celular y en el crecimiento radical. Su mayor concentración en la planta ocurre en aquellas partes que están creciendo rápidamente.
- K** : Absorbido como ion potásico. Es esencial en el crecimiento y vigor de la planta. Es vital en la fotosíntesis y síntesis de proteínas. Promueve la turgencia. Activa enzimas y regula la velocidad de reacción. Interviene en la acción estomática, de vital importancia en condiciones de estrés hídrico. Mejora la resistencia a heladas, sequía y enfermedades.
- Fe** : Absorbido como ion Fe^{+2} y Fe^{+3} , actúa en la producción de clorofila, activación de enzimas y como portador de oxígeno.

Mn : Absorbidos como complejos solubles que serán luego disociados a su forma elemental (Mn^{+2} , Mn^{+3}), actúa como parte del sistema enzimático, reemplazando al Mg y también constituyéndose en parte de las proteínas. Regula además el metabolismo de carbohidratos.

Zn : Absorbido como ion Zn^{+2} . Es importante en el control metabólico, pues compite con el fósforo, cobre y hierro en los procesos de absorción y transferencia. Actúa como cofactor de enzimas e interviene dentro del metabolismo de glúcidos y proteínas. Necesario para la producción de clorofila y para la formación de hidratos de carbono.

Cu : Absorbido como ion Cu^{+2} o en forma compleja. Necesario en la formación clorofila. Actúa como catalizador en varios procesos e interviene en los mecanismos de resistencia a enfermedades. Condiciona la permeabilidad del agua dentro de los vasos del xilema.

B : Las formas solubles del elemento son fácilmente asimilables y el ácido bórico no disociado sería

la forma de absorción privilegiada. Actúa en el metabolismo de glúcidos y en el transporte de azúcares a través de las membranas. Actúa en la formación de la pared celular y en la síntesis de ácidos nucleicos y de fitohormonas (28).

Si la planta no absorbe los elementos necesarios para realizar su metabolismo, se ocasionarán trastornos que se reflejan en variaciones causadas en la forma y tamaño de sus órganos, en la resistencia al clima y enfermedades y en una disminución del crecimiento (26).

2.4.1 Síntomas de deficiencia v/o toxicidad.

Cuando un nutriente está presente en bajas concentraciones, dentro de los tejidos de las plantas, puede limitar su crecimiento. Si la concentración del elemento es aún menor, las plantas pueden presentar ciertas anomalías visibles, que dependerán del elemento que se encuentra deficitario. Si la concentración del elemento se encuentra en cantidades suficientes, el crecimiento de la planta alcanza el óptimo, pero si su crecimiento se detiene y la absorción de nutrimentos se mantiene, se considera que la condición nutritiva posibilita el "consumo de lujo". Sobre este nivel de nutrición, pueden aparecer síntomas de toxicidad que se

muestran por pérdida de crecimiento y, en casos severos, por la muerte de la planta (15, 26, 28).

Para lograr un óptimo crecimiento se debe considerar que, en conjunto con los nutrientes aportados por el suelo, la concentración de los elementos esenciales se encuentran en un nivel óptimo para la especie en cuestión (Figura 1).

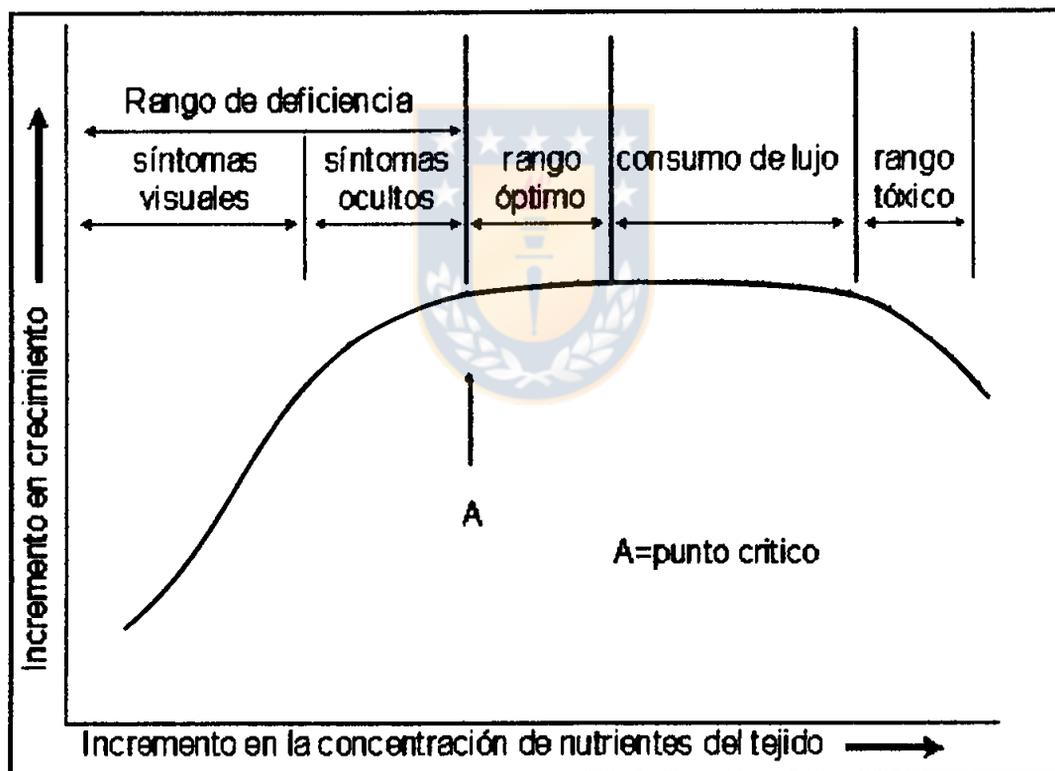


FIGURA 1. Relación entre el incremento del crecimiento de la planta y el incremento de la concentración de nutrientes en su tejido.

Los síntomas producidos por la ausencia de un elemento nutritivo, según los signos visuales presentes en la planta, fueron descritos por diversos investigadores (4, 5, 15, 19, 26, 28). Estos se resumen como sigue:

N : Disminución del crecimiento, con dosis inferiores a 150 ppm. Clorosis general que aparece primeramente sobre las hojas más viejas, debido a la movilidad del elemento hacia los tejidos más nuevos.

P : La deficiencia de este elemento es extremadamente variable entre una especie y otra. Para que aparezcan síntomas, la deficiencia debe ser acentuada. El síntoma se muestra como un enrojecimiento y ligera clorosis en la hoja, presentándose de forma irregular.

K : Los síntomas también son variables entre especies. Generalmente presenta hojas cortas y cloróticas con algo de verde en sus bases; en casos severos, se tornan enrojecidas. Los márgenes se curvan hacia el envés y que posteriormente se necrosan. Los síntomas aparecen primero en las hojas viejas.

Fe : El síntoma que primero se muestra es una clorosis en las hojas más nuevas y que en casos severos se tornan blanquecinas.

Mn : Se produce clorosis en el follaje, muy similar a la provocada en el fierro. En dosis inferiores a 15-25 ppm en el tejido foliar, provocan estos síntomas.

Zn : Bajo 15 ppm del elemento en contenido foliar, se necrosan los extremos de las hojas, acompañadas de un arrosamiento que, en casos severos, se muestra como la muerte regresiva.

Cu : Los bordes de las hojas se tornan cloróticas y posteriormente se necrosan.

B : Clorosis y necrosis de los extremos terminales de cada planta, en dosis inferiores a 20 ppm en el tejido foliar.

Los síntomas visuales provocados por toxicidad, fueron descritos principalmente para cultivos agrícolas, aunque existen algunos antecedentes en especies forestales (1, 5, 15, 26). Estos síntomas se resumen como sigue:

N : Provocado por su forma amoniacal ($N-NH_4$). Aparece marchitez en la planta, con clorosis y luego necrosis en hojas más viejas. Existe abarquillamiento hacia el haz o envés de la hoja con malformación de ésta, adquiriendo una estructura coriácea. Las raíces se tornan rojizas con sus extremos muertos (1).

P : Provoca que algunos micronutrientes queden retenidos y no disponibles para la planta, induciendo una deficiencia por el elemento (1).

K : No se registran antecedentes sobre toxicidad por este elemento (15, 26).

Fe : El síntoma más común es la aparición de manchas marrones pequeñas en la hoja y que luego se extienden hacia la totalidad de ésta. En la medida que las dosis sobrepasen las 100 ppm en contenido foliar, se posibilita la aparición de síntomas.

Mn : Aparece un moteado de color marrón en hojas más viejas. Se observa clorosis en los bordes con aparición de puntos necróticos en los pecíolos y nervios centrales.

Zn : Reducción del crecimiento de la raíz, desarrollo de la hoja, seguido de clorosis, producto de la fuerte competencia con otros cationes por ocupar los puntos de adsorción de la raíz.

Cu : Rápida inhibición del desarrollo de la raíz. Se observa clorosis similar a la deficiencia por Fe, probablemente como consecuencia de la competencia por absorber ambos elementos.

B : Amarillamiento del extremo de la hoja seguido de necrosis desde el ápice y bordes hasta el centro.

2.4.2 Efecto de un nutriente sobre otro

La absorción de nutrientes está condicionada por múltiples factores, ya sea por la forma química como se encuentra en el sustrato, las características del sustrato, la forma de entrega del fertilizante y la disponibilidad del elemento, entre otras (15, 19, 26, 27).

2.4.2.1 Efecto de un anión sobre otro

La absorción de un anión aumenta con un incremento en la absorción de otro. Al incrementar el nitrógeno en la planta,

hace aumentar el ingreso de P y viceversa. Sin embargo, se puede provocar una disminución en la absorción de Fe, Cu y Zn (1, 19, 26).

2.4.2.2 Efecto de un catión sobre otro

La mayor absorción de un catión impide la entrada de otro. Por ejemplo, mayores cantidades de Ca y Mg disminuyen la de K. Al igual que la mayor absorción de Zn disminuye la de Ca (19, 26).



III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Ubicación de los ensayos

El estudio se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales de la Universidad de Concepción, con sede en Chillán, y consistió en aplicar dosis progresivas de diferentes nutrientes.

Se utilizaron plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en contenedores, que se dispusieron en invernadero y, luego de 125 días, se llevaron a vivero bajo semi-sombra permanente, durante 11 días.

3.1.2 Descripción de las macetas

La siembra se realizó en macetas tipo Styroblock, que disponen de 96 cavidades cada una, con diámetro de 4 cm y profundidad de 12 cm, su forma es cilíndrica y con una capacidad de 90 centímetros cúbicos de sustrato.

3.1.3 Descripción del sustrato o medio de crecimiento

Para la producción de plantas se utilizó como sustrato el

compost de corteza de Pinus radiata, el cual se sometió a análisis químico (Tabla 3) (Anexo 1).

TABLA 3. ANALISIS QUIMICO DE SUSTRATO COMPUESTO POR CORTEZA DE PINO.

COMPONENTE	
N TOTAL	0.72 %
P	0.22 %
K	0.12 %
pH	4.90
C.E. (mmhos/cm)	0.33
Materia Orgánica	36.37 %

Fuente : Agrolab Ltda.

3.1.4 Descripción del agua de riego

El agua que se utilizó en el regadío de las plantas aporta los siguientes componentes, según el análisis químico realizado (Tabla 4) (Anexo 1).

TABLA 4. ANALISIS QUIMICO DE COMPONENTES DEL AGUA UTILIZADA PARA REALIZAR EL RIEGO.

COMPONENTE		COMPONENTE	
pH	7.16	SO4 (meq/l)	0.10
C.E. (mmhos/cm)	0.13	HCO3 (meq/l)	1.40
Ca (meq/l)	0.50	N-NO3 (meq/l)	3.96
Mg (meq/l)	0.45	Mn (mg/l)	0.05
Na (meq/l)	0.47	Fe (mg/l)	0.08
K (meq/l)	0.07	Zn (mg/l)	No detecta
Cl (meq/l)	0.30	Cu (mg/l)	No detecta
-----	-----	B (mg/l)	No detecta

Fuente: Agrolab Ltda.

3.1.5 Esquema de Fertilización

Para realizar la fertilización se procedió a aplicar un esquema diferente de acuerdo a cada etapa de crecimiento de la planta (Tabla 5).

TABLA 5. REGIMEN DE FERTILIZACION PROPUESTO PARA CADA ETAPA DE DESARROLLO DE PLANTAS DE *Eucalyptus globulus* Labill., PRODUCIDAS EN STYROBLOCK.

FASE	N	NO3	NH4	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
(ppm)													
EST.	40	30	10	100	80	60	30	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5
EXP.	150	100	50	50	150	80	40	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5
END.	40	30	10	50	150	80	40	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5

EST: Fase de establecimiento.

EXP: Fase de crecimiento exponencial

END: Fase de endurecimiento

En el Apéndice 1 se presentan los fertilizantes y las dosis de productos utilizados para completar los requerimientos de cada una de las fases de crecimiento.

3.2 Métodos

3.2.1 Emergencia de plantas

La planta comenzó a emerger transcurridos los primeros 10 días de realizada la siembra, concluyendo 14 días después (Figura 2).

Finalizada la emergencia se procedió, luego de 10 días, a ralear y/o repicar, dejando 2 plantas por cavidad. Pasados 15 días de esta labor, se raleó dejando 1 planta por cavidad.

La altura promedio que alcanzaron las plantas, hasta antes de iniciar los tratamientos fue de 7.52 cm , considerando un muestreo de todos los bloques.

EMERGENCIA

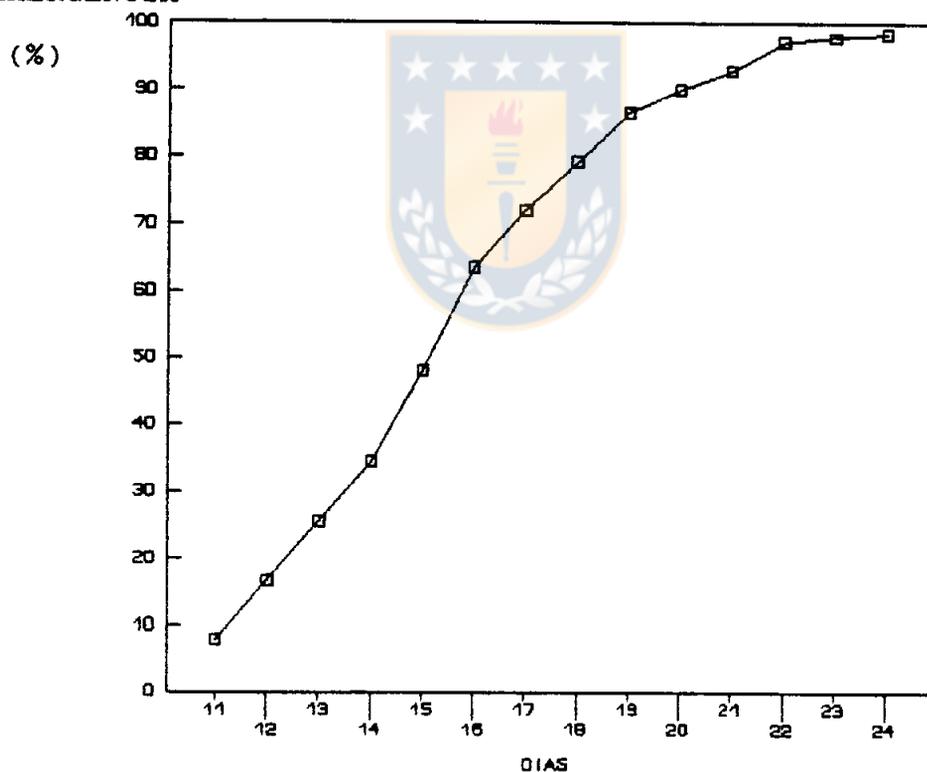


FIGURA 2. Emergencia de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock con un medio de crecimiento de compost de corteza de Pino.

3.2.2 Esquema de riego y fertilización

Desde la siembra hasta la aparición del segundo par de hojas verdaderas, el riego consistió en la aplicación de 5 ml de agua en promedio por cavidad, utilizando un rociador OSATU modelo 1.5, durante 49 días.

A partir del día número 50, desde que se realizó la siembra, se inició la siguiente etapa correspondiente a la de establecimiento. Se aplicaron 5 ml de solución al 1% de H_3PO_4 , 5 ml de solución de macronutrientes y 5 ml de solución de micronutrientes, aplicando una solución por día, durante 19 días, en las dosis que se indican en el Apéndice 1. Luego, durante 15 días se aplicó diariamente una solución al 1% de H_3PO_4 , alternando las soluciones de macro y micronutrientes, totalizando 10 ml de solución para cada planta. Finalmente se aplicó 10 ml de agua por planta, durante 6 días y se concluyó esta fase con una aplicación de ácido fosfórico, macro y micronutrientes los días 91, 92 y 93 del ensayo, respectivamente (Apéndice 2).

Todas las aplicaciones se realizaron al sustrato con un dispensador (Chempette, M.R. de 10 ml).

Durante la fase de crecimiento exponencial (días 94 a 136)

(Apéndice 2), se comenzó la aplicación de los diferentes tratamientos de fertilizantes y dosis (Tablas 6 y 7). Estos se aplicaron en 10 ml de agua por planta, durante 15 días (días 94 a 109). Luego y durante 16 días se aplicó 20 ml de solución de tratamientos y 20 ml de agua por cavidad, en forma alternada (días 110 a 125). Se realizó una fertilización completa cada 10 días, de acuerdo a las dosis de fertilizantes correspondiente a la fase de crecimiento exponencial (Apéndice 1, Tabla 2). La primera aplicación se entregó en 10 ml de agua (día 103) y dos aplicaciones posteriores en 20 ml de agua (días 113 y 123).

Finalizado el esquema ejecutado en invernadero, las plantas fueron reordenadas según cada tratamiento y se llevaron a la intemperie, dispuestas bajo semi-sombra permanente. En esta etapa se aplicaron diariamente 60 ml de solución sobre el follaje del total de plantas por tratamiento, por un período de 11 días (días 126 a 136).

3.2.3. Descripción de los ensayos

3.2.3.1 Ensayo de dosis de Ultrasol

El ensayo consistió en la aplicación de un producto comercial utilizado en fertilización mediante el sistema de riego por

goteo, denominado Ultrasol y que aporta NPK en concentraciones de 13%, 6% y 40% de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

Los tratamientos fueron establecidos de acuerdo a dosis crecientes de nitrógeno (Tabla 6).

TABLA 6. CANTIDAD DE NPK ENTREGADAS SEGUN LAS DOSIS DE ULTRASOL A APLICAR.

TRATAMIENTO	N	(ppm)		PRODUCTO (mg/l)
		P	K	
1	0	0	0	0
2	50	10.1	127.7	384.6
3	100	20.2	255.4	769.2
4	200	40.3	510.8	1,538.5
5	400	80.6	1,021.6	3,076.9
6	800	161.2	2,043.1	6,153.8
7	1,200	241.8	3,064.6	9,230.8
8	1,600	322.5	4,086.2	12,307.7

3.2.3.2 Ensayo de dosis de micronutrientes

Se probaron diferentes dosis de micronutrientes, por lo que fue necesario instalar 5 ensayos, de acuerdo al nutriente sometido a estudio (Tabla 7).

TABLA 7. ENSAYOS DE MICRONUTRIENTES SEGUN LAS DOSIS (d) DE CADA NUTRIENTE Y LA CANTIDAD DE PRODUCTO (p) REQUERIDO PARA CADA UNO.

TRAT.	(ppm)									
	FeSO ₄		MnSO ₄		ZnSO ₄		CuSO ₄		H ₃ BO ₃	
	d	p	d	p	d	p	d	p	d	p
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	10.5	0.4	1.5	0.16	0.46	0.08	0.21	0.2	1.5
3	4	21.0	0.8	3.0	0.32	0.91	0.15	0.43	0.5	3.0
4	8	42.1	1.6	5.9	0.64	1.83	0.30	0.86	1.0	5.9
5	16	84.2	3.2	11.8	1.28	3.66	0.60	1.72	2.0	11.8
6	32	168.4	6.4	23.7	2.56	7.32	1.20	3.43	4.0	23.5
7	64	336.8	12.8	47.4	5.12	14.62	2.40	6.86	8.0	47.1
8	128	673.7	25.6	94.8	10.24	29.26	4.80	13.72	16.0	94.1

3.2.4 Diseño del experimento

Para todos los ensayos el diseño experimental utilizado corresponde al de bloques completos al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental estuvo compuesta por 6 plantas.

3.2.5 Fertilización complementaria

Se definió como fertilización complementaria, la entrega de nutrientes no considerados en los tratamientos y que son necesarios para la sobrevivencia de las plantas.

La fertilización complementaria para los ensayos propuestos, se muestra en el Apéndice 3 (Tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7),

la que fue esquematizada de acuerdo a la etapa de crecimiento exponencial, donde se aplicaron todos los tratamientos.

3.2.6 Determinación de variables de medición

3.2.6.1 Variables de control de las aplicaciones

Las variables conductividad eléctrica y pH del lixiviado obtenido, se determinó con periodicidad de 7 días, utilizando un conductímetro Schott Gerate, modelo CG 857 y un pH-metro Schott Gerate, modelo CG 818. Los datos obtenidos de cada tratamiento fueron promediados para su posterior análisis.

3.2.6.2 Variables morfológicas

Se determinó la altura y el diámetro de cuello de todas las plantas, una vez terminado el ensayo. Posteriormente se determinó el peso seco aéreo y radical de todas ellas, luego de secarlas a una temperatura de 65°C durante 24 horas.

Para estas variables, se realizó un análisis de varianza para el diseño considerado con una probabilidad de un 5 % de error y se aplicó el Test de Tukey para comparar las medias de los tratamientos, con un nivel de significancia del 95% (18, 21).

3.2.6.3 Síntomas

Se evaluó la sintomatología provocada por el producto, mediante el % de pares de hojas dañadas. Se contabilizó el número de pares de hojas totales por tratamiento y paralelamente, el número de pares de hojas con daño de los mismos. Luego se estimó el porcentaje de daño provocado en la hoja, para finalmente determinar el porcentaje total de pares de hojas con daño.

3.2.7.4 Análisis foliar

Se evaluó el nivel de nutrientes en la hoja de los tratamientos testigo (T1), intermedio (T4) y con el mayor aporte del elemento (T8). Los ensayos sometidos al análisis foliar fueron aquellos donde las plantas mostraron algún síntoma de anormalidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ENSAYO DOSIS DE ULTRASOL

4.1.1 VARIABLES DE CONTROL

La conductividad eléctrica (K) medida en el lixiviado, varía desde 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la dosis correspondiente a 0 ppm (T1), hasta 7,400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la dosis de 1,600 ppm de nitrógeno, donde se aplicaron 4,086.2 ppm de potasio (T8).

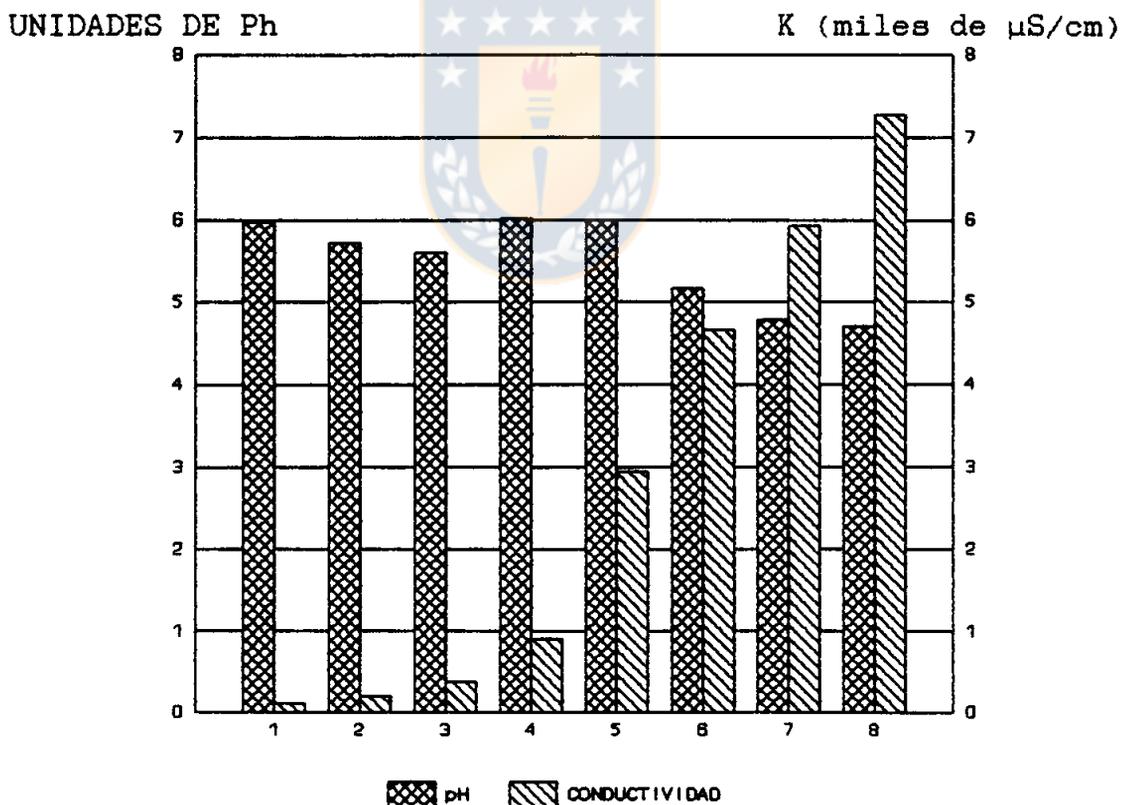
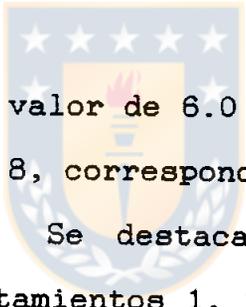


FIGURA 3. Variación promedio del pH y de la conductividad (K): ensayo dosis de nitrógeno-fuente Ultrasol.

El valor promedio de las mediciones periódicas realizadas en este ensayo, sugieren que Eucalyptus globulus presenta una tolerancia mayor a iones en disolución, que las especies consideradas por Landis et al. (15) y Phillion y Bunting (22).

Sin embargo, para obtener conclusiones más definitivas, se sugiere que estas mediciones se realicen diariamente, además de ejecutar estudios de retención de iones en el sustrato o medio de crecimiento.



El pH varió desde un valor de 6.0 hasta un valor de 4.9, en los tratamientos 1 y 8, correspondientes a 0 y 1,600 ppm de N, respectivamente. Se destaca que los valores de pH obtenidos en los tratamientos 1, 2 y 3 están cercanos a al valor 6.0 y que a partir de la dosis de 200 ppm de N y 1,538.8 ppm de K, correspondiente al tratamiento 4, el pH disminuye hasta el valor obtenido en el tratamiento 8, donde se aplicaron dosis de 1,600 ppm de N (Figura 3).

Estos valores son considerados como adecuados para el crecimiento y desarrollo de las plantas, según lo indicado por Jaramillo y Owston (14) y por Lawton (16).

4.1.2 Variables morfológicas

Las plantas sometidas a los diferentes tratamientos presentaron diferencias significativas en cada una de las variables consideradas (Tabla 8). Los tratamientos 2 a 5, con dosis correspondientes entre 50 y 400 ppm de N (127.7 y 1,021.3 de K) respectivamente, respondieron mejor tanto en altura y diámetro de cuello, como en peso seco aéreo y radical. La respuesta de las plantas a los tratamientos 3 y 4 (200 y 400 ppm de N) fue un 80% y 85% superior en altura (Figura 4), un 100% y 98% en diámetro de cuello (Figura 5), un 220% y 260% en peso seco aéreo (Figura 6) y un 160% y 140% en peso seco radical (Figura 7), respecto del tratamiento 1 o testigo (0 ppm de N y K).

TABLA 8. RESPUESTA EN ALTURA, DIAMETRO DE CUELLO, PESO SECO AEREO Y RADICAL, A DIFERENTES DOSIS DE ULTRASOL.

TRAT.	ALTURA (cm)	DIAM.CUELLO (mm)	PESO SECO AEREO (g)	PESO SECO RADICAL (g)
1	23.5 a	1.60 a	3.23 a	1.07 a
2	38.0 bc	2.74 ab	9.20 c	2.44 b
3	40.1 bc	3.00 bc	11.14 b	2.56 b
4	42.5 b	3.21 b	10.44 bc	2.82 b
5	43.3 b	3.18 b	11.72 b	2.59 b
6	33.3 c	2.46 ab	9.40 c	1.62 c
7	24.7 a	1.84 ac	4.93 a	1.21 ac
8	21.9 a	1.86 ac	4.76 a	1.15 ac

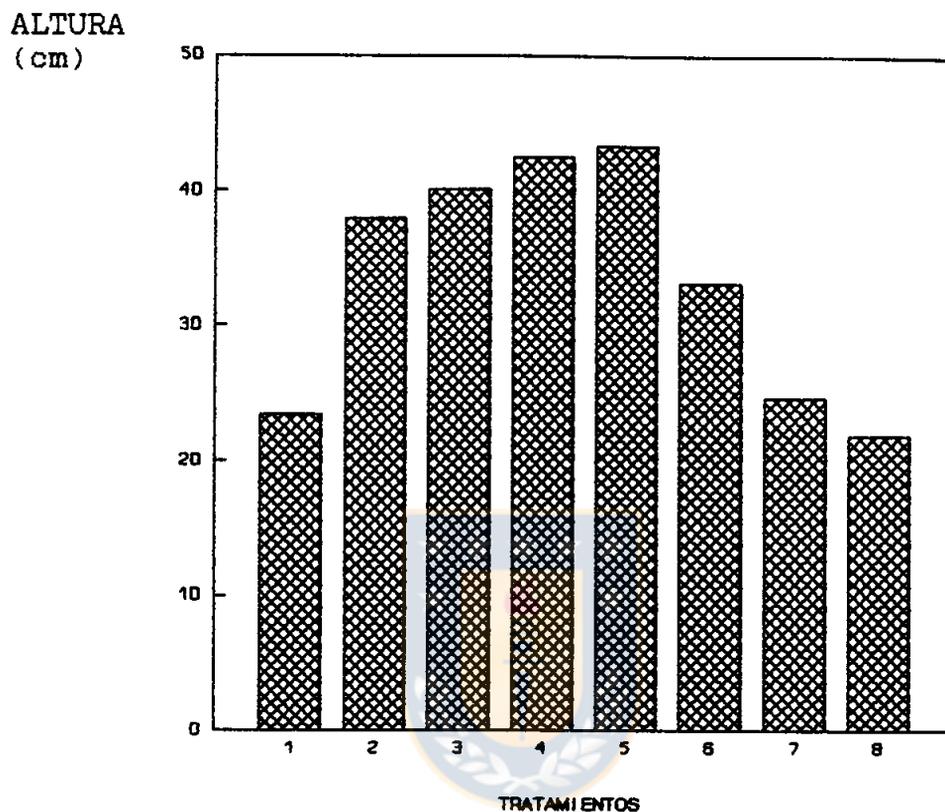


FIGURA 4. Efecto de diferentes dosis de Ultrasol sobre el crecimiento en altura de plantas de Eucalyptus globulus.

La mayor altura se obtuvo al aplicar dosis entre 50 y 400 ppm de nitrógeno (Figura 4). Sin embargo, Landis et al (15) consideran que, en general, la mejor respuesta en altura se obtiene de aplicar dosis entre 100 y 150 ppm de N, que de acuerdo a los resultados obtenidos, la especie responde mejor al fertilizante complejo (Ultrasol) en un rango más amplio de dosis aplicadas.

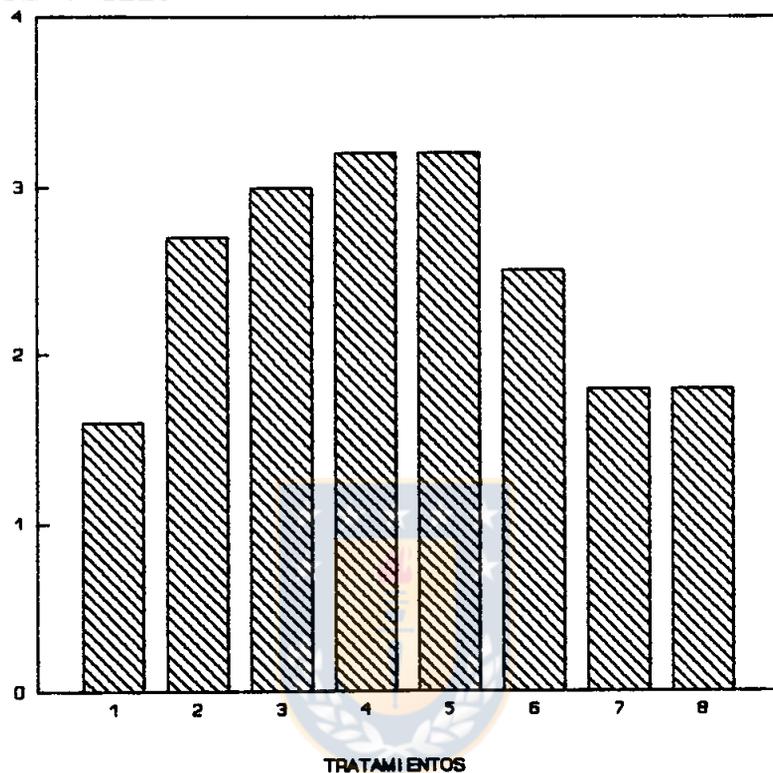
DIAMETRO DE CUELLO
(mm)

FIGURA 5. Efecto de diferentes dosis de Ultrasol sobre el crecimiento en diámetro de cuello de plantas de *Eucalyptus globulus*.

En diámetro de cuello (Figura 5), los tratamientos 1, 7 y 8, correspondientes a 0, 1,200 y 1,600 ppm de nitrógeno (0, 3,064.6 y 4,086.2 ppm de K), no presentaron diferencias significativas entre si. Los tratamientos 2, 3, 4, 5 y 6 tampoco presentaron diferencias estadísticas, alcanzando un valor promedio de 2.53 mm.

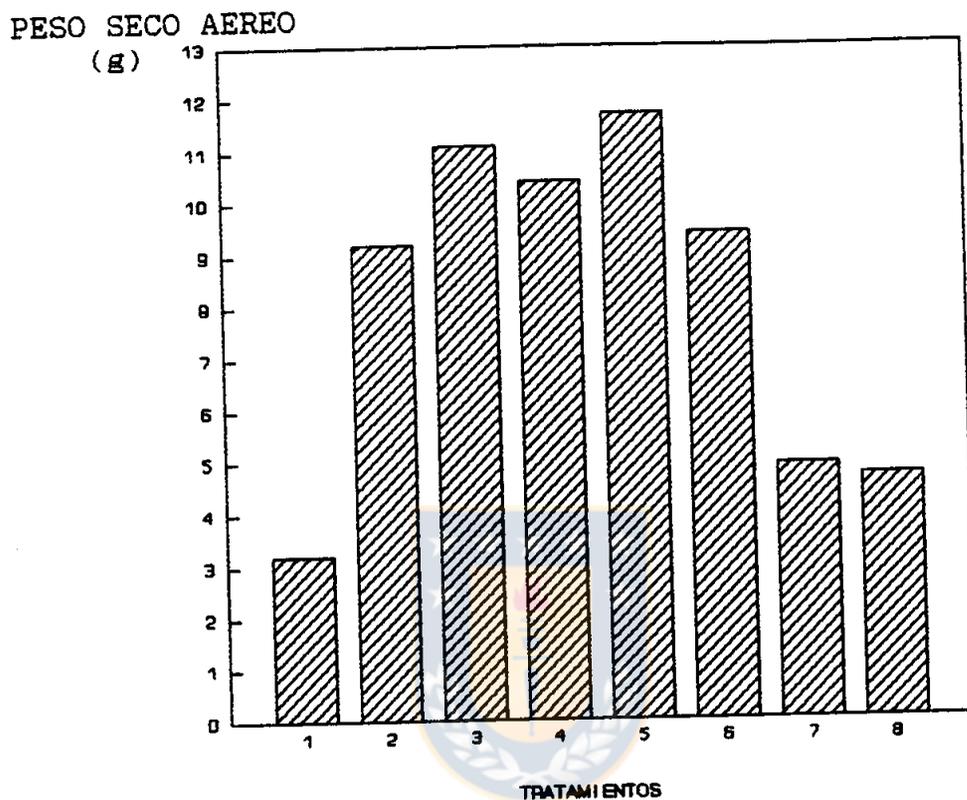


FIGURA 6. Efecto de diferentes dosis de Ultrasol sobre el peso seco aéreo de plantas de Eucalyptus globulus.

En peso seco aéreo (Figura 6), los tratamientos 1, 7 y 8 no arrojaron diferencias significativas entre sí, tampoco entre los tratamientos intermedios. La respuesta promedio en peso que se obtuvo de aplicar cada uno de los tratamientos 2, 3, 4, 5 y 6, fue 2.5 veces a la obtenida en los tratamiento 1, 7 y 8.

PESO SECO RADICAL
(g)

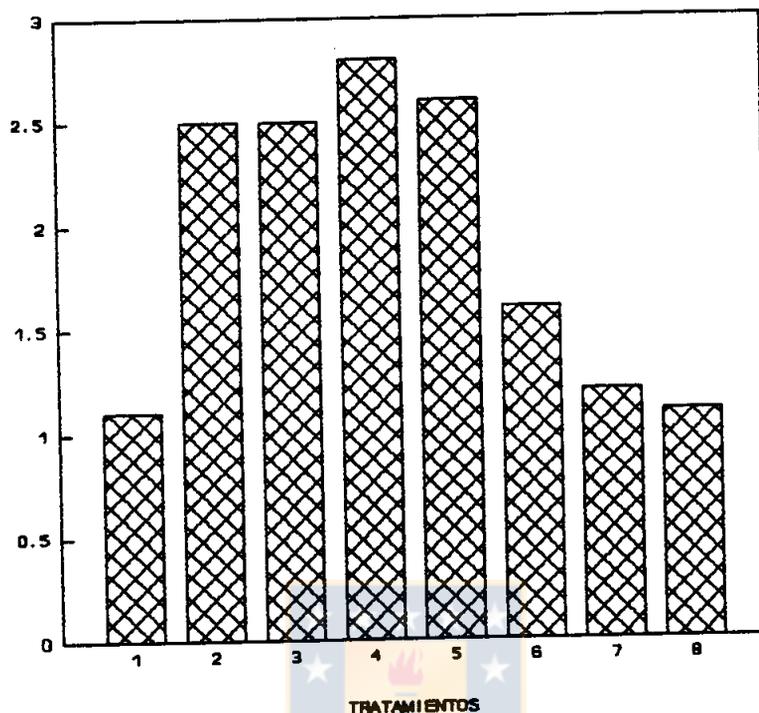


FIGURA 7. Efecto de diferentes dosis de Ultrasol sobre el peso seco radical de plantas de Eucalyptus globulus.

En peso seco de raíces, los tratamientos 1, 6, 7 y 8 no presentaron diferencias significativas, para las dosis consideradas (Figura 7). Los tratamientos 2, 3, 4 y 5 tampoco se obtuvieron diferencias estadísticas entre sí. La mejor respuesta en peso se obtuvo de las plantas sometidas a los tratamientos cuyas dosis fluctuaron entre 50 ppm (T2) y 800 ppm (T5) de nitrógeno, con un aporte de entre 127.7 ppm y 2,043.1 ppm de potasio. Sobre 1.200 ppm de N (3.064,6 ppm de K) se produciría inhibición del desarrollo de raíces.

La respuesta en crecimiento en altura, diámetro y peso seco aéreo de la planta a las diferentes dosis de N, es similar para aquellas que fluctúan entre 50 y 800 ppm de nitrógeno. Sólo el crecimiento de raíces, expresado como peso seco, es afectado con la aplicación de 800 ppm de nitrógeno (2,043.1 ppm de K). Sin embargo, al aplicar dosis mayores, el crecimiento disminuye.

El crecimiento y desarrollo del tejido radical, se comporta de manera similar a la respuesta obtenida sobre el tejido aéreo, por cuanto también aumenta, en la medida que las dosis aplicadas de Ultrasol son mayores. Con dosis mayores el crecimiento de la raíz disminuye.

Estos antecedentes están de acuerdo a lo señalado por Landis et al. (15), por cuanto en la medida que aumentan las dosis, el crecimiento de la planta aumenta hasta un valor máximo y luego decrece.

4.1.3 Sintomatología

La aparición de síntomas se expresa en la medida que aumentan las dosis del producto aplicado, mediante un abarquillamiento de la hoja hacia el haz, con necrosis en los bordes y en el ápice de ellas (Figura 8).

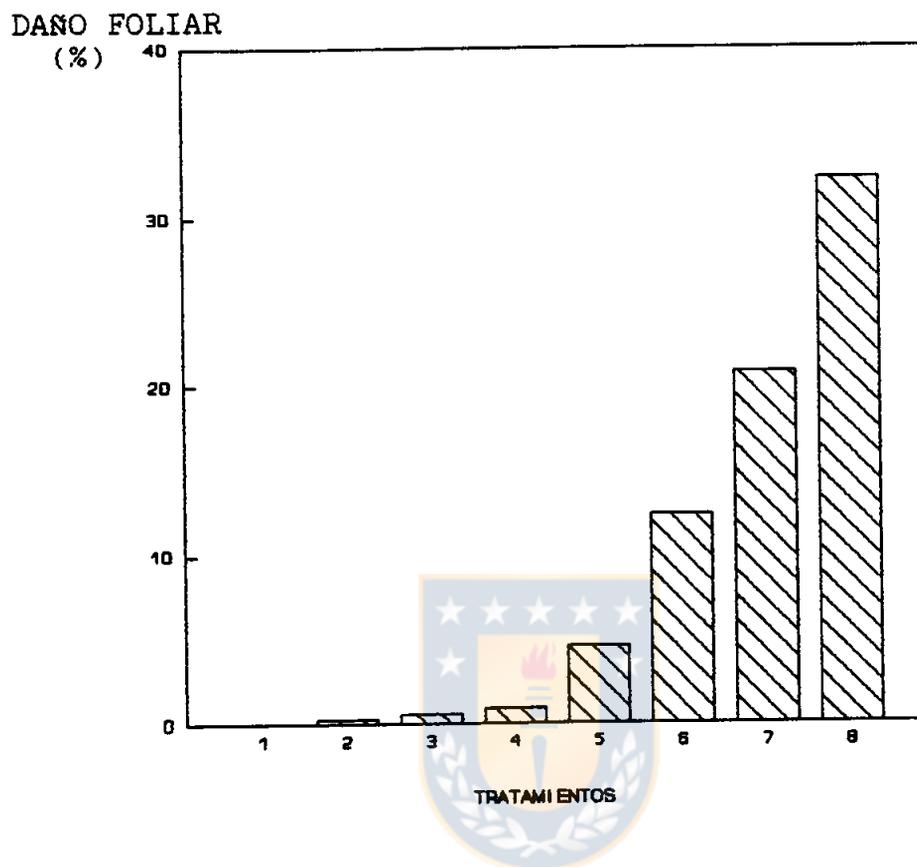


FIGURA 8. Porcentaje de daño en hojas de Eucalyptus globulus Labill, provocado por las diferentes dosis de Ultrasol.

El síntoma sería similar al expresado por la deficiencia de calcio, según lo señalado por Sánchez (26) por lo que se puede inferir que el Ultrasol, que aporta una alta cantidad de potasio, podría ejercer una reacción antagónica entre el K y el Ca, por cuanto ambos cationes ocupan un mismo lugar en los procesos de absorción de nutrientes en la planta.

Cuando las dosis del producto aplicado superaron un equivalente a 800 ppm de nitrógeno (T6) y 3,064.6 ppm de potasio, se observó un aumento en la susceptibilidad a daño por agentes externos, expresados por una mayor facilidad de contraer enfermedades fungosas y por un rápido proceso de deshidratación, proceso que se intensificó cuando las plantas fueron llevadas a la intemperie. En el ensayo se produjo daño severo por Botrytis sp., el que aumentó desde un 60% hasta un 90% de plantas afectadas, entre los tratamientos 6 y 8, correspondientes a 800 y 1,600 ppm de N respectivamente, y que de acuerdo a lo expuesto por Escobar y Sánchez (6), se debería a un aumento del tejido suculento con bajos niveles de calcio, los que actuarían debilitando la planta, y aumentando probablemente el riesgo de desarrollar alguna enfermedad.

4.1.4 Análisis foliar

Los resultados del análisis foliar indican que, en la medida que aumentan las dosis de N y K, aumenta levemente el contenido de P y disminuye el contenido de Ca y Mg (Figura 9). En cuanto a los micronutrientes, el contenido de Fe aumenta y el de Mn y Zn disminuyen. Sin embargo el Cu no presenta un comportamiento claramente definido (Figura 10).

Domínguez (4) y Landis et al.(15), señalan que el efecto de altas dosis de amonio provoca un aumento en la presión osmótica de la solución suelo, impidiendo el acceso de otros elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta. Los resultados del análisis foliar muestran un aumento proporcional entre contenidos en la planta y dosis de nitrógeno aplicado. Lo mismo ocurre para el potasio que no fue afectado por la absorción del nitrógeno. Es probable que estos resultados se relacionen con las mayores cantidades de potasio sobre nitrógeno aportadas por el Ultrasol: cuando la cantidad de N es igual a 1,600 ppm, la de potasio es de 4,086 ppm.

Según Escobar y Sánchez (6) y Sánchez (26), al aplicar altas dosis de K, aunque no se registran antecedentes de toxicidad por este elemento, provocaría una deficiencia inducida de calcio, como producto de la acción antagónica entre los dos cationes. Si a ello agregamos la escasa suplementación de Ca aportada por los diferentes tratamientos, es posible también atribuir la pérdida de crecimiento a este proceso. Se determinó que la disminución en los contenidos foliares del elemento, fluctúan entre un 0.5 y 0.25 % respecto de los tratamientos 1 (0 ppm de N) y 8 (1,600 ppm de N), y que es menor a los contenidos foliares obtenidos por Escobar y Sánchez (6) para una planta de Eucalyptus globulus producida

a raíz desnuda, cuyo estado de crecimiento considera una altura entre 35 y 45 cm, un diámetro de cuello superior a 6 mm, con poda lateral de raíces y con poda de tallo (Anexo 2).

CONTENIDO FOLIAR
DE MACRONUTRIENTES
(%)

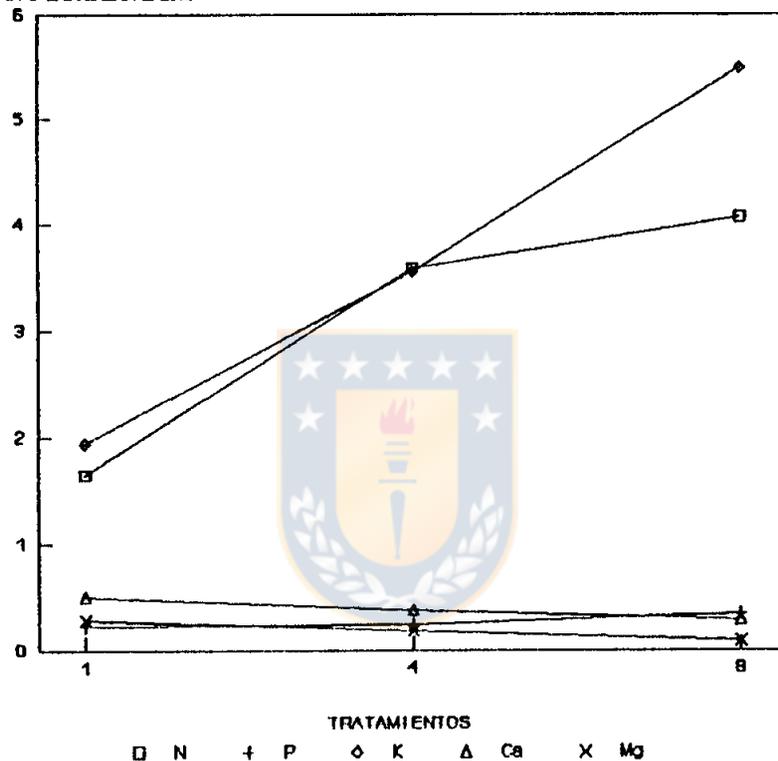


FIGURA 9. Comportamiento de los macronutrientes producto de la aplicación de diferentes dosis de Ultrasol.

Al aumentar las dosis de Ultrasol, aumenta fuertemente el contenido de K, por cuanto el producto aplicado entrega un 40 % de K₂O a la planta. El N lo hace hasta la dosis de 400 ppm (T5) aplicadas y luego tiende a disminuir su incremento. Considerando ambos efectos, se posibilita que los cationes

Ca y Mg no quedan disponibles para la planta (26).

Respecto de los micronutrientes (Figura 10), el manganeso presenta una respuesta importante, disminuyendo desde 952 ppm para la dosis de 0 ppm de N en el tratamiento testigo (T1) hasta, 396 ppm en la dosis de 1,600 ppm, correspondiente al tratamiento 8. Por otra parte, el contenido de Fe aumenta desde 108 ppm para la dosis del tratamiento testigo, hasta 212 ppm en el tratamiento 8.

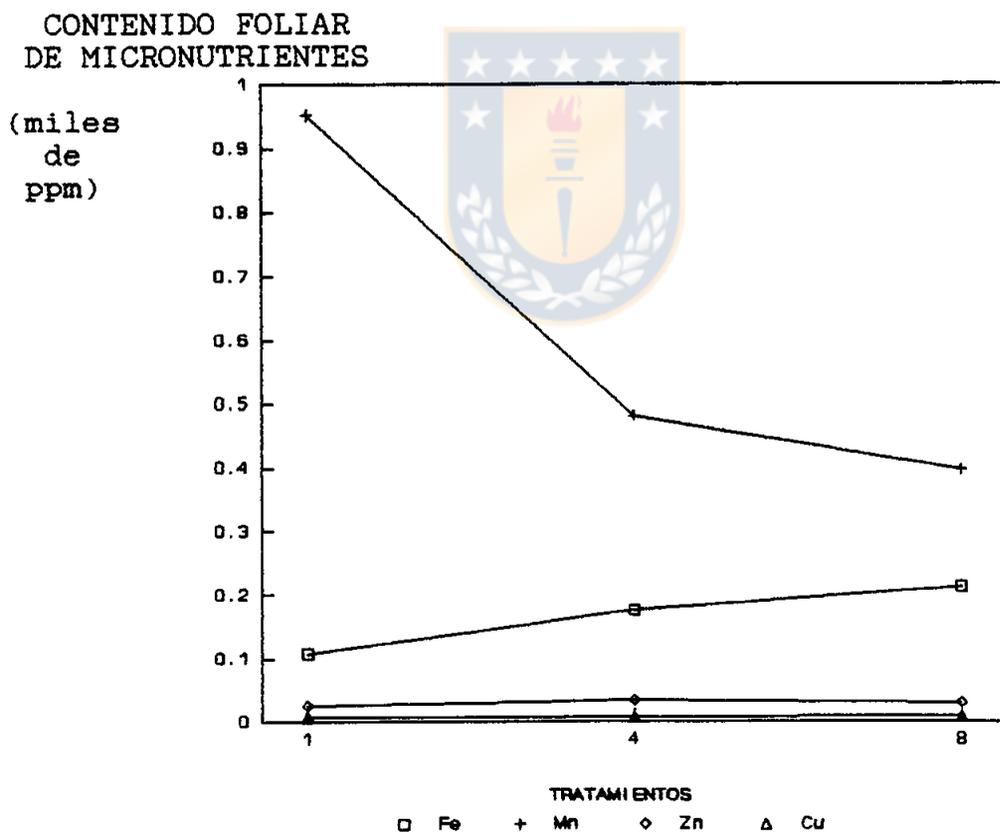


FIGURA 10 Respuesta de micronutrientes a las diferentes dosis de Ultrasol aplicadas en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

De acuerdo a los antecedentes aportados por Domínguez (4), en la medida que aumenta el contenido de Fe en la hoja, el contenido de Mn disminuye, corroborando la reacción antagónica que presentan ambos elementos en el ensayo.

4.2 ENSAYO DOSIS DE MICRONUTRIENTES

4.2.1 ENSAYO DOSIS DE FeSO₄

4.2.1.1. Variables de control

La conductividad eléctrica (K) aumenta en la medida que aumentan las dosis del producto aplicado, sin embargo esta variación es muy pequeña si se compara con los rangos de tolerancia expuestos por Phillion y Bunting (22).

Para la dosis 0 ppm de Fe (T1), la lectura alcanzada fue de 116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para la dosis 128 ppm (T8) alcanzó a 349 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como promedio de cada lixiviado (Figura 11).

El pH no presentó variaciones significativas respecto a las dosis del producto aplicado, manteniéndose entre un valor de 5.4 y 5.8.

Según Jaramillo y Owston (14) y Lawton (16), estos valores

de pH son considerados como normales para el buen crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que no se espera una respuesta significativa por efecto de esta variable (Figura 11).

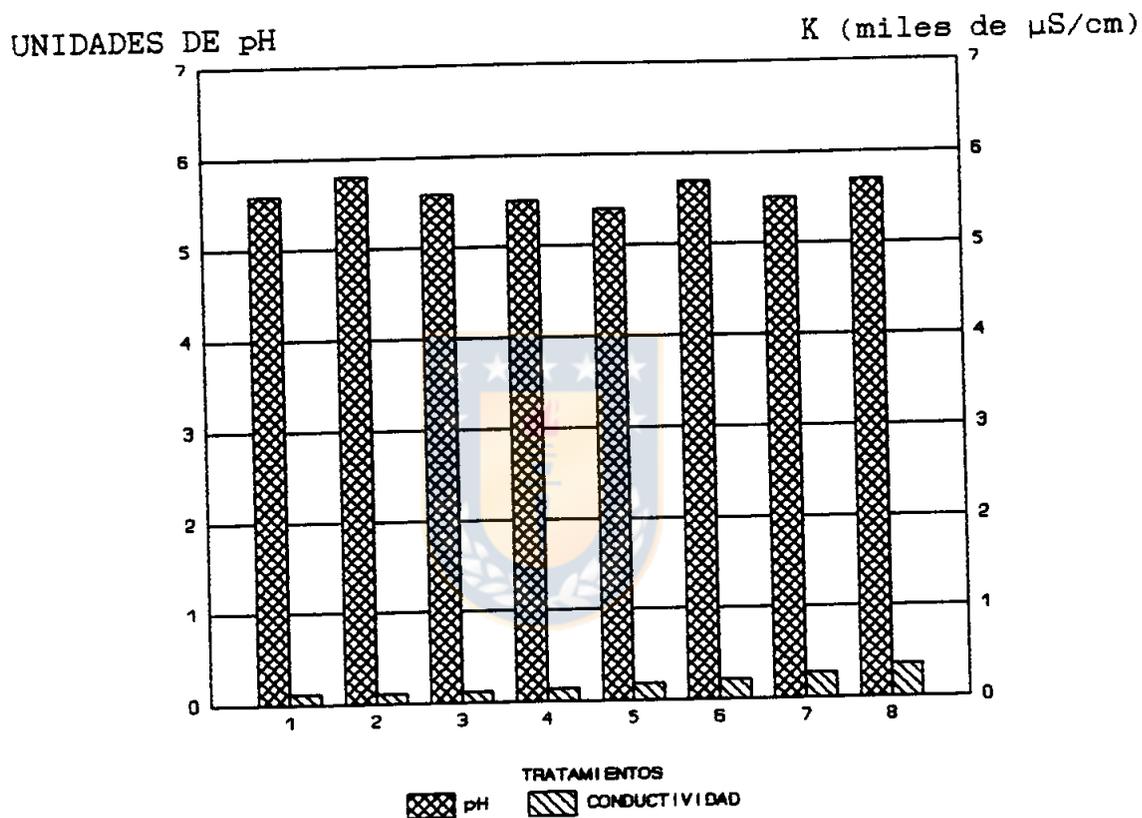


FIGURA 11 Variación del pH y de la conductividad (K) por efecto de la aplicación de diferentes dosis de FeSO_4 .

4.2.1.2 Variables morfológicas

Debido a un excesivo crecimiento de las plantas, en las unidades muestrales de los tratamientos 1 y 4,

correspondiente a las dosis 0 ppm y 8 ppm, del bloque 3, imputables a terceros ajenos al ensayo, fue necesario estimar los valores de estos tratamientos, mediante el método de "observaciones perdidas", según la metodología explicada por Ostle (21).

TABLA 9. RESPUESTA EN ALTURA, DIAMETRO DE CUELLO, PESO SECO AEREO Y RADICAL, A DIFERENTES DOSIS DE FeSO₄.

TRAT.	ALTURA (cm)	DIAM. CUELLO (mm)	PESO SECO AEREO (g)	PESO SECO RADICAL (g)
1	22.0 a	2.30 a	3.85 a	1.53 a
2	22.6 a	2.20 a	3.70 a	1.57 a
3	21.5 a	2.10 a	3.60 a	1.48 a
4	23.4 a	2.23 a	3.91 a	1.64 a
5	24.1 a	2.25 a	4.22 a	1.50 a
6	21.1 a	2.13 a	3.68 a	1.44 a
7	23.7 a	2.31 a	3.93 a	1.42 a
8	25.2 a	2.15 a	3.88 a	1.41 a

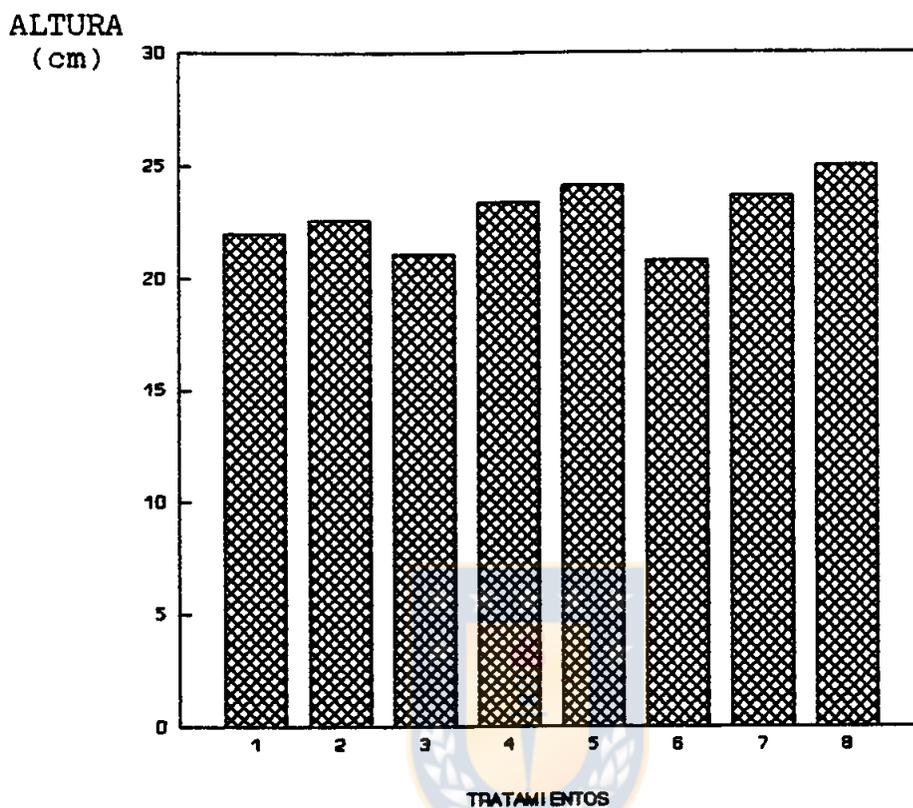


FIGURA 12 Efecto de las diferentes dosis de FeSO_4 sobre la altura, en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. producidas en Styroblock.

La altura promedio (Figura 12) obtenida al finalizar cada tratamiento y según el análisis estadístico utilizado, no muestra diferencias significativas. El valor máximo promedio que alcanzaron las plantas fue de 23 cm, producto de la aplicación de 128 ppm de Fe (T8).

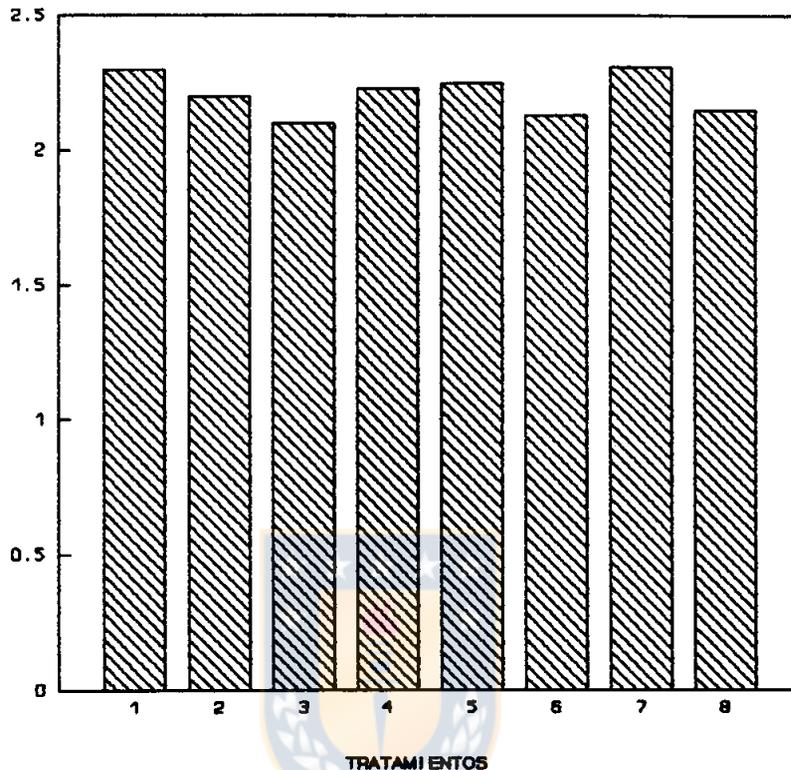
DIAMETRO DE CUELLO
(mm)

FIGURA 13 Efecto de las diferentes dosis de FeSO_4 sobre el diámetro de cuello, en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. producidas en Styroblock.

Respecto del diámetro de cuello (Figura 13), no hubo diferencias significativas según el análisis realizado, alcanzando un valor máximo promedio de 2.31 mm para la aplicación de 64 ppm (T7) del elemento.

PESO SECO AEREO
(g)

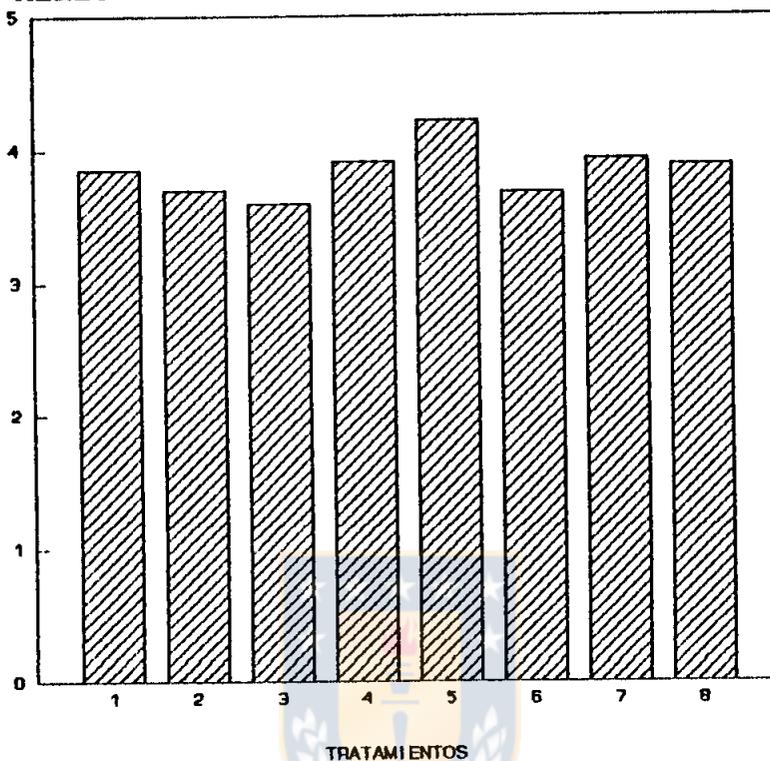


FIGURA 14 Efecto de las diferentes dosis de FeSO_4 sobre el peso seco aéreo, en plantas de Eucalyptus globulus Labill. producidas en Styroblock.

En peso seco aéreo (Figura 14) de la planta no mostró diferencias significativas para el nivel considerado, alcanzando el máximo peso promedio de 4.22 g , correspondiente al tratamiento 6, cuya dosis aplicada fue de 32 ppm de Fe.

PESO SECO RADICAL

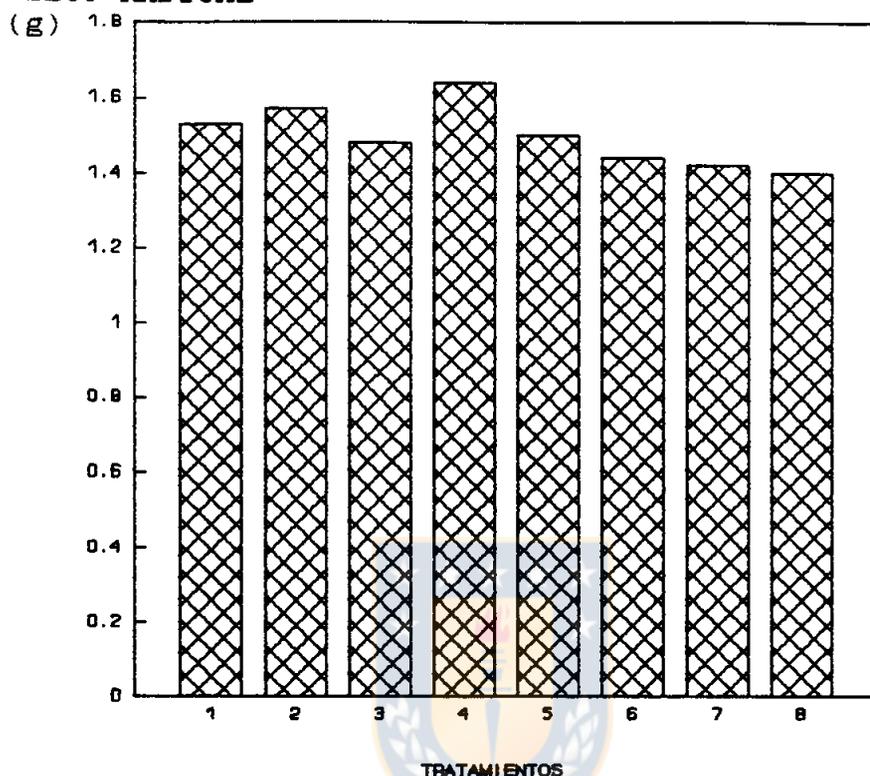


FIGURA 15 Efecto de las diferentes dosis de FeSO₄ sobre el peso seco radical, en plantas de Eucalyptus globulus Labill. producidas en Styrobloc.

Del mismo modo, el peso seco de la raíz, no presentó diferencias significativas para las dosis consideradas (Figura 15). El máximo peso fue producto de aplicar una dosis de 8 ppm de Fe (T4), alcanzando un promedio de 1.68 g.

Como las variables consideradas no mostraron diferencias significativas, es posible inferir que el efecto de la fertilización complementaria fue mayor que el de los

tratamientos, por lo que se puede deducir que las dosis aplicadas de Fe (0 a 128 ppm) no son suficientes para afectar el crecimiento de las plantas.

Se debe considerar que el producto aplicado, en las dosis seleccionadas para cada tratamiento y de acuerdo al método de aplicación utilizado (en el sustrato), pudieran ser poco apropiadas para ejercer algún efecto inmediato en la morfología de la planta.

4.2.1.3 Síntomas

En la figura 16 se muestra el porcentaje de daño provocado por el producto en la planta, presentándose como la aparición de manchas marrones en la hoja, que luego se extienden hacia la totalidad de éstas en la medida que aumentan las dosis aplicadas.

DAÑO FOLIAR

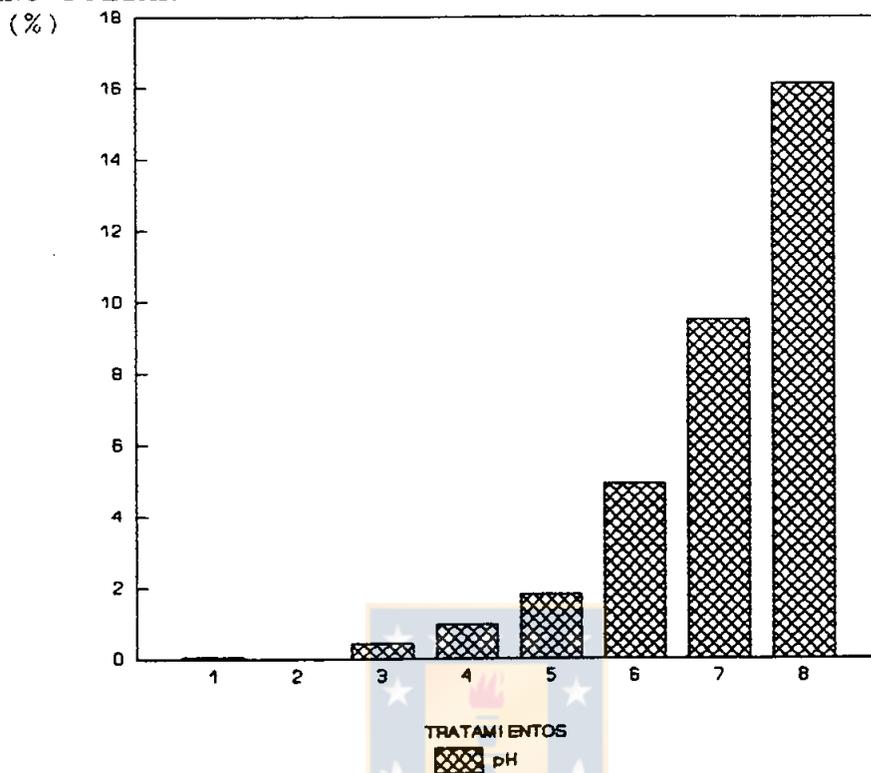


FIGURA 16 Porcentaje de daño provocado en las hojas, producto de la aplicación de diferentes dosis de FeSO_4 .

En la medida que las dosis aplicadas son mayores, el daño es más intenso, y se presenta a la forma de manchas necróticas de tinte negro que cubren la superficie de la hoja, corroborando los antecedentes respecto de los síntomas que provoca el elemento en la planta, presentados por Domínguez (4). El tratamiento 8, correspondiente a 128 ppm de Fe, presenta un 16.3 % de hojas con daño (Figura 16).

El proceso de aparición de síntomas ocurrió principalmente cuando las plantas se llevaron a la intemperie, bajo

semisombra permanente y donde se aplicó la fertilización sobre el follaje.

4.2.1.4 Análisis foliar

CONTENIDO FOLIAR DE MACRONUTRIENTES

(%)

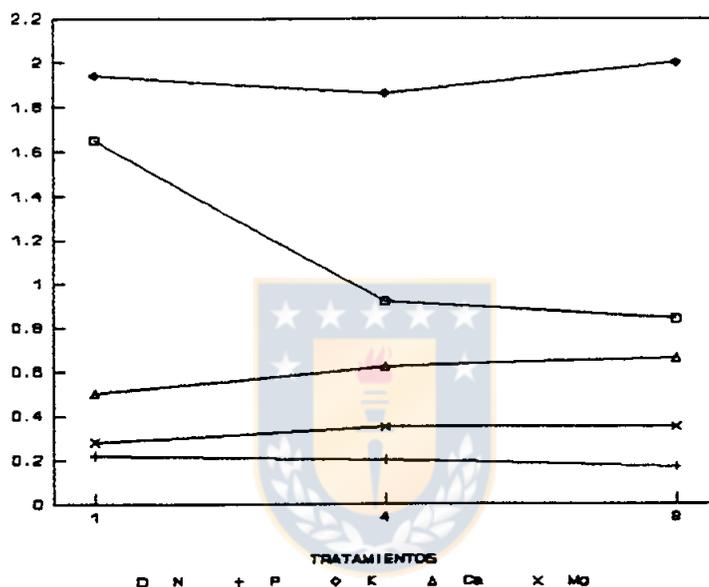


FIGURA 17 Comportamiento de los macronutrientes como producto de la aplicación de diferentes dosis de FeSO_4 en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

El análisis foliar de macronutrientes (Figura 17) indica que, en la medida que aumentan las dosis de FeSO_4 , el nitrógeno disminuye su contenido foliar, por debajo de los niveles recomendados por Escobar y Sánchez (6). El potasio y magnesio presentan un leve aumento en su contenido foliar, por sobre los niveles recomendados (Anexo 2). El fósforo y

el calcio se mantienen dentro de un rango normal de contenido foliar respecto de los niveles expuestos por Escobar y Sánchez (6), para la especie.

CONTENIDO FOLIAR DE MICRONUTRIENTES

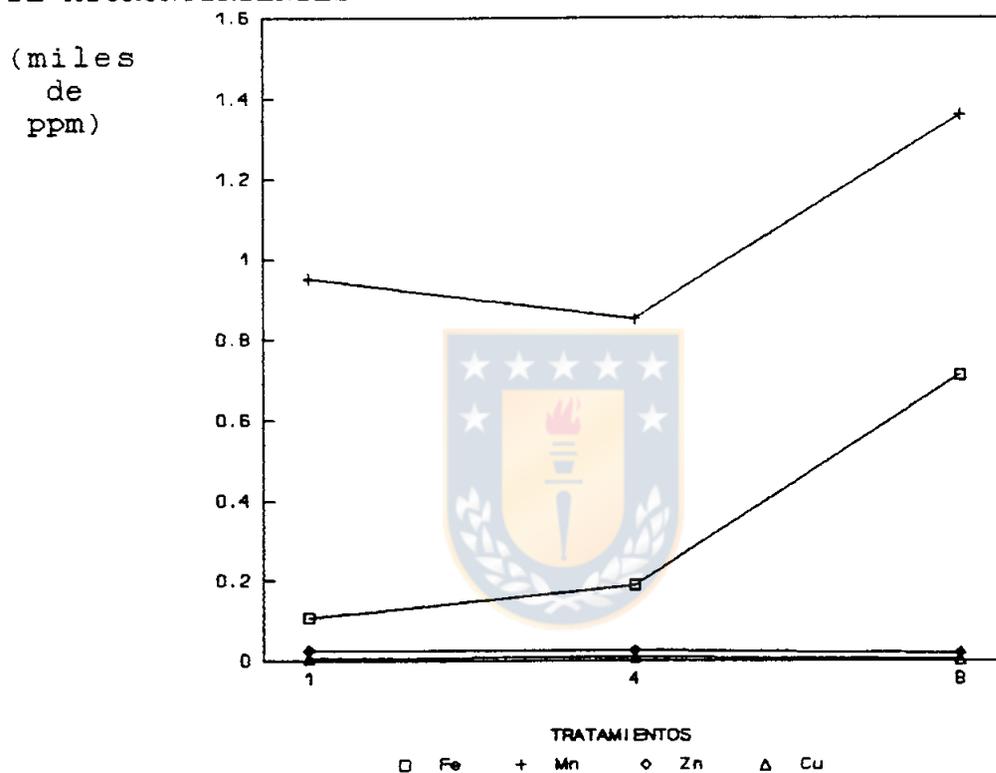


FIGURA 18 Comportamiento de los micronutrientes producto de la aplicación de diferentes dosis de FeSO_4 en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

En relación al contenido foliar de micronutrientes en las hojas, la variación más importante la presenta el manganeso, que aumentó de 852 ppm en la dosis correspondiente a 8 ppm de Fe (T4) a 1,360 ppm de Mn en la dosis 128 ppm de Fe (T8).

Del mismo modo, la variación del Fe fue de 188 ppm y 712 ppm respectivamente (Figura 18). Esto hace presumir que los síntomas presentados obedecen a un efecto entre ambos elementos y que hacen referencia a lo expuesto por Domínguez (4).

La escasa movilidad del Fe y Mn en la planta, hacen que exista una mayor concentración de ellos en los tejidos más viejos, los que posiblemente ocasionan la aparición de los síntomas descritos.

Las dosis aplicadas entre los tratamientos 4 (8 ppm) y 8 (128 ppm) sobrepasan las 100 ppm de Fe en contenido foliar que, según lo expuesto por Domínguez (4), corroboran la aparición de síntomas de toxicidad en la planta.

4.2.2 ENSAYO DOSIS DE MnSO₄

En este ensayo no se encontraron diferencias significativas en altura (Figura 19), diámetro de cuello (Figura 20), peso seco aéreo (Figura 21) y en peso seco radical (Figura 22), por lo que el manganeso no mostró un efecto sobre el crecimiento de la planta.

Es probable que el método, el período de aplicación y la

concentración del producto utilizado, no sean los más adecuados para inducir la aparición de síntomas en la planta.

Cabe considerar que en este ensayo no se realizaron los análisis foliares correspondientes a cada uno de los tratamientos, por considerar que no se obtuvo respuesta evidente sobre el crecimiento de la planta.

Es presumible que con un aumento de las dosis del elemento se pueda inducir la aparición de síntomas, principalmente aquellos referidos a la toxicidad por el elemento.

TABLA 10. RESPUESTA EN ALTURA, DIAMETRO DE CUELLO, PESO SECO AEREO Y RADICAL, A DIFERENTES DOSIS DE $MnSO_4$.

TRAT.	ALTURA (cm)	DIAM.CUELLO (mm)	PESO SECO AEREO (g)	PESO SECO RADICAL (g)
1	21.0 a	1.78 a	4.28 a	1.84 a
2	21.0 a	1.86 a	4.25 a	1.82 a
3	18.2 a	1.85 a	4.13 a	1.75 a
4	21.5 a	1.89 a	4.31 a	1.77 a
5	20.2 a	1.78 a	4.27 a	1.66 a
6	18.2 a	1.46 a	3.95 a	1.64 a
7	22.5 a	1.77 a	4.18 a	1.70 a
8	22.4 a	1.83 a	4.47 a	1.83 a

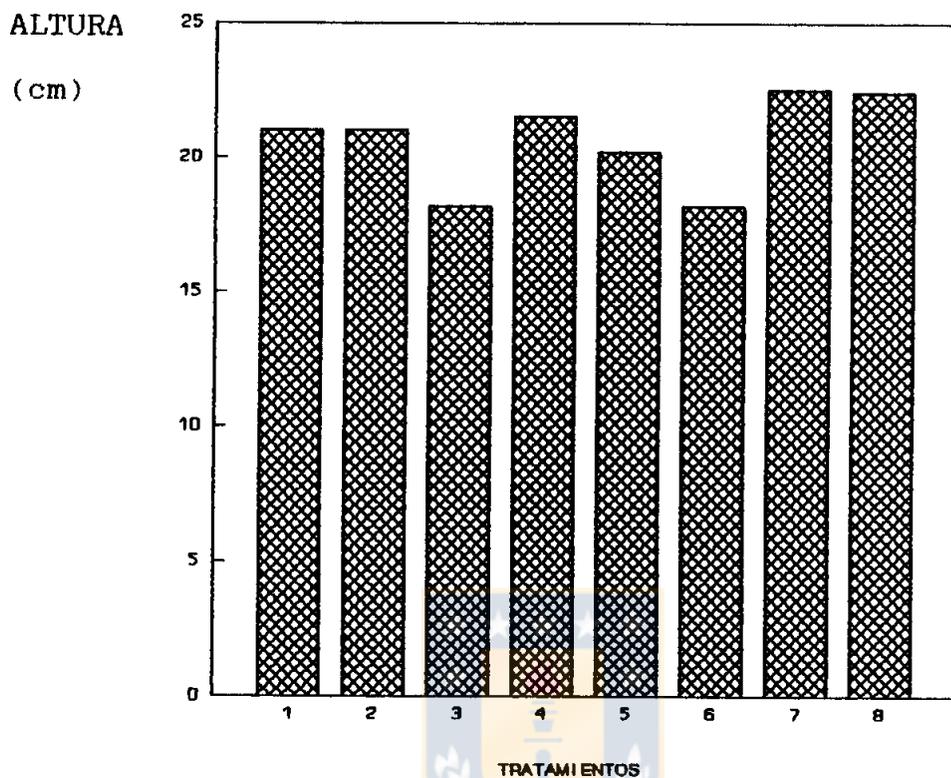


FIGURA 19 Efecto de las diferentes dosis de $MnSO_4$ sobre la altura en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock.

DIAMETRO DE CUELLO
(mm)

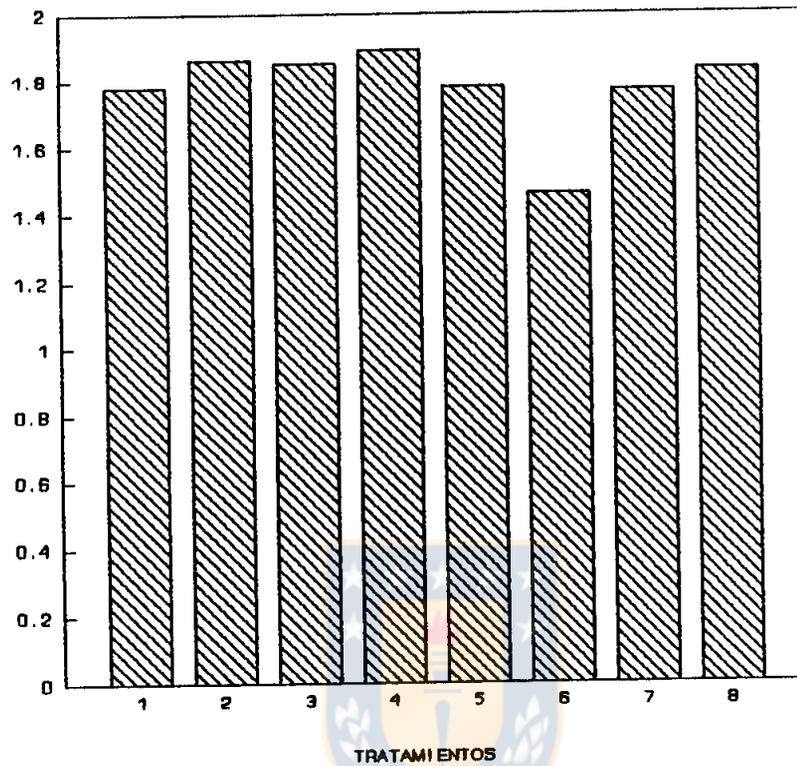


FIGURA 20 Efecto de las diferentes dosis de $MnSO_4$ sobre el diámetro de cuello en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

PESO SECO AEREO
(g)

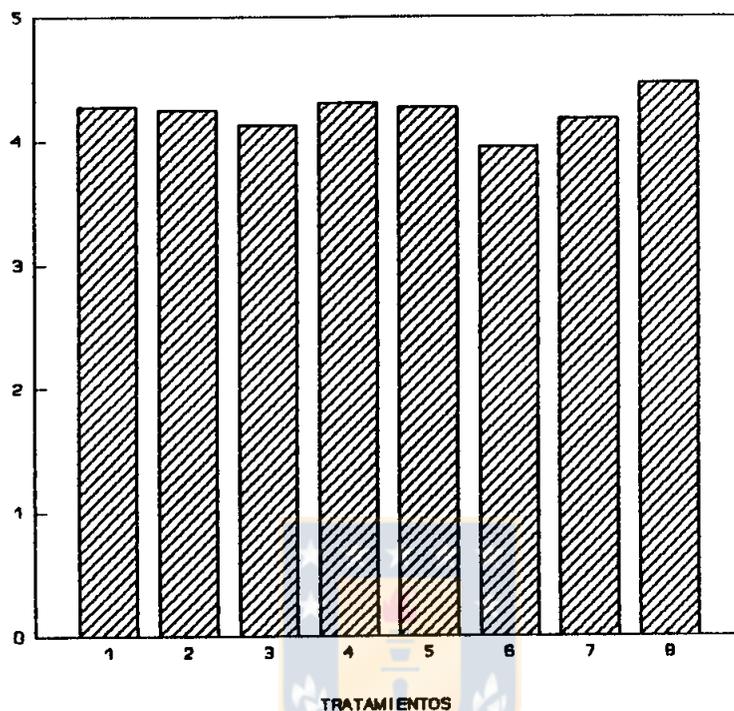


FIGURA 21 Efecto de las diferentes dosis de $MnSO_4$ sobre el peso seco aéreo en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styrobloc.

PESO SECO RADICAL
(g)

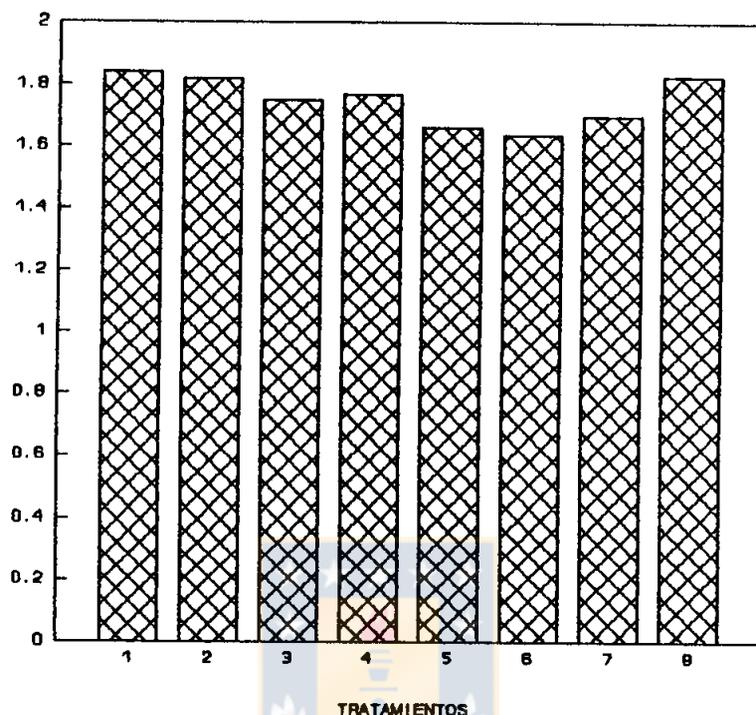


FIGURA 22 Efecto de las diferentes dosis de $MnSO_4$ sobre el peso seco radical en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styrobloc.

4.2.3 ENSAYO DOSIS DE $ZnSO_4$

En este ensayo tampoco se obtuvo una respuesta en relación a la aparición de síntomas o referidos a las diferencias estadísticas entre las variables altura (Figura 23), diámetro de cuello (Figura 24), peso seco aéreo (Figura 25) y peso seco radical (Figura 26), al aplicar diferentes dosis del producto en cada tratamiento.

TABLA 11. RESPUESTA EN ALTURA, DIAMETRO DE CUELLO, PESO SECO AEREO Y RADICAL, A DIFERENTES DOSIS DE ZnSO₄.

TRAT.	ALTURA (cm)	DIAM.CUELLO (mm)	PESO SECO AEREO (g)	PESO SECO RADICAL (g)
1	21.9 a	1.96 a	4.42 a	1.61 a
2	21.7 a	2.32 a	4.01 a	1.70 a
3	25.7 a	2.30 a	4.27 a	1.72 a
4	24.2 a	2.32 a	4.24 a	1.77 a
5	23.9 a	2.12 a	4.64 a	1.76 a
6	24.2 a	2.08 a	4.00 a	1.58 a
7	24.3 a	2.38 a	4.76 a	1.80 a
8	22.4 a	2.24 a	3.96 a	1.55 a

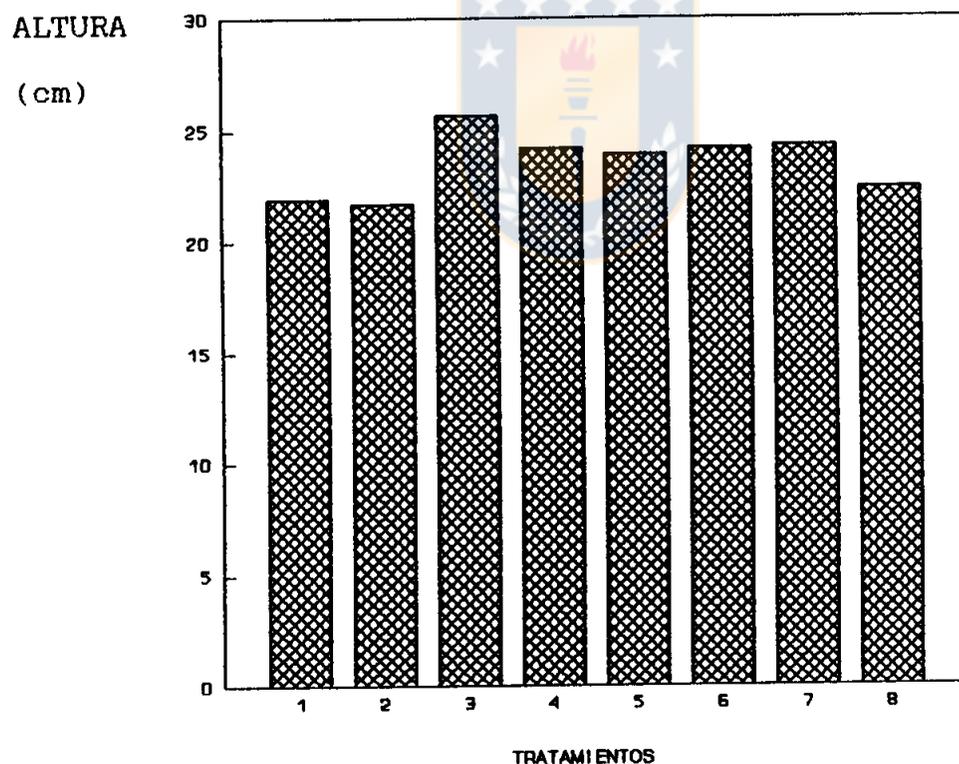


FIGURA 23 Efecto de las diferentes dosis de ZnSO₄, sobre la altura en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

DIAMETRO DE CUELLO
(mm)

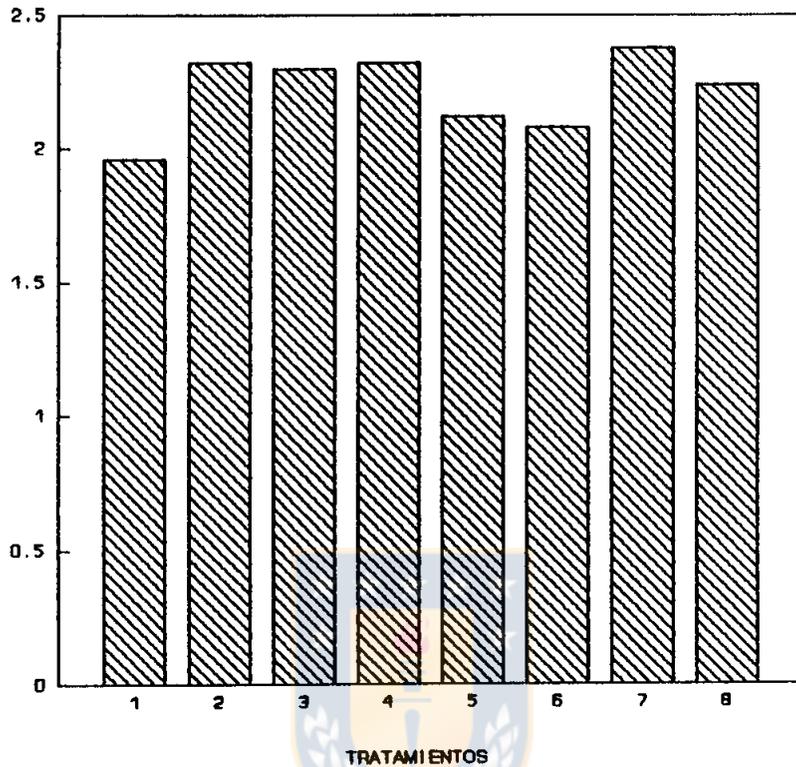


FIGURA 24 Efecto de las diferentes dosis de $ZnSO_4$, sobre el diámetro de cuello en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock.

PESO SECO AEREO
(g)

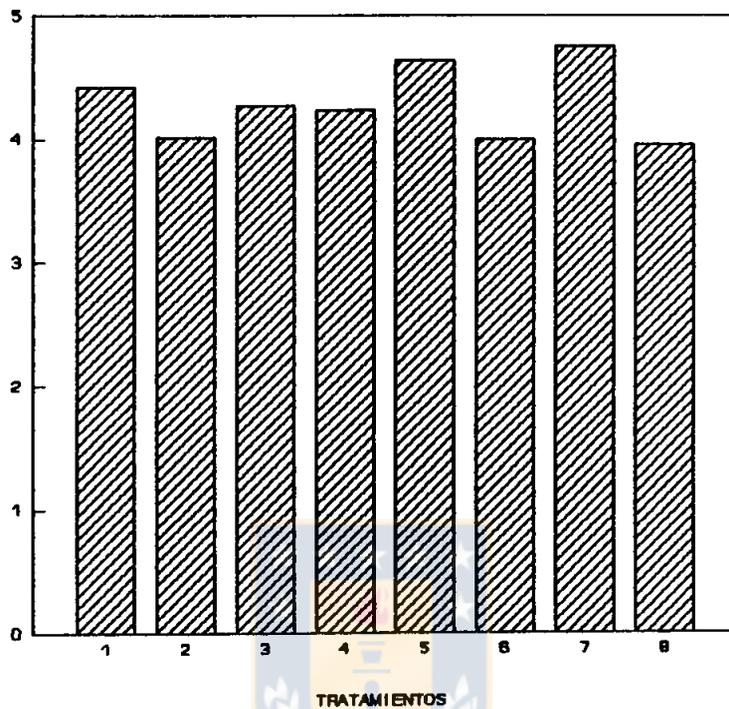


FIGURA 25 Efecto de las diferentes dosis de $ZnSO_4$, sobre el peso seco aéreo en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock.

PESO SECO RADICAL
(g)

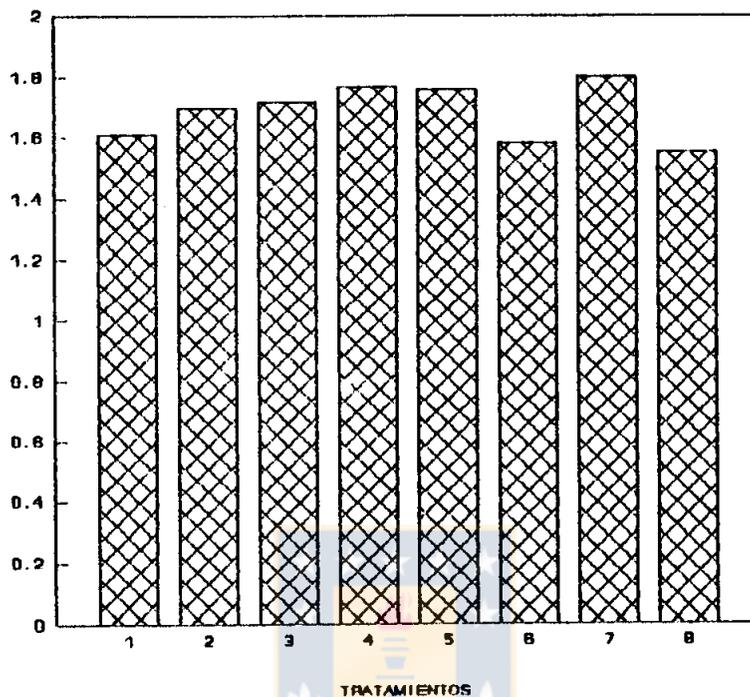


FIGURA 26 Efecto de las diferentes dosis de $ZnSO_4$, sobre el peso seco radical en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

4.2.4 ENSAYO DOSIS DE $CuSO_4$

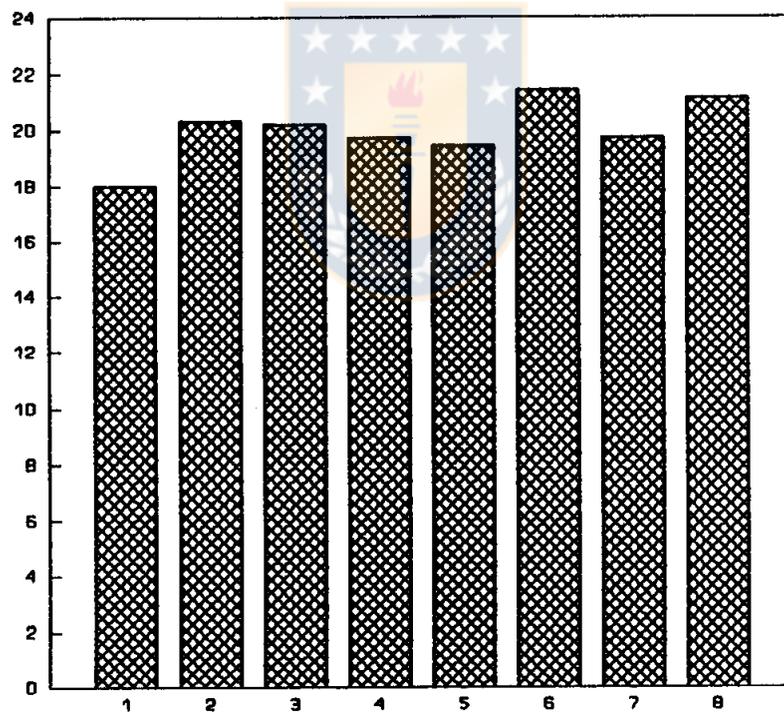
La respuesta de la planta, considerando las variables altura (Figura 27), diámetro de cuello (Figura 28), peso seco aéreo (Figura 29) y peso seco de la raíz (Figura 30), no presentó diferencias significativas para las diferentes dosis del producto aplicado.

TABLA 12. RESPUESTA EN ALTURA, DIAMETRO DE CUELLO, PESO SECO AEREO Y RADICAL, A DIFERENTES DOSIS DE CuSO_4 .

TRAT.	ALTURA (cm)	DIAM.CUELLO (mm)	PESO SECO AEREO (g)	PESO SECO RADICAL (g)
1	18.0 a	1.74 a	4.19 a	1.59 a
2	20.3 a	1.74 a	3.84 a	1.62 a
3	20.2 a	1.80 a	3.93 a	1.59 a
4	19.7 a	1.75 a	3.98 a	1.69 a
5	19.4 a	1.77 a	3.79 a	1.62 a
6	21.4 a	1.78 a	4.11 a	1.74 a
7	19.7 a	1.76 a	4.16 a	1.70 a
8	21.1 a	1.82 a	4.06 a	1.72 a

ALTURA

(cm)



TRATAMIENTOS

FIGURA 27 Efecto de las diferentes dosis de CuSO_4 sobre la altura en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

DIAMETRO DE CUELLO
(mm)

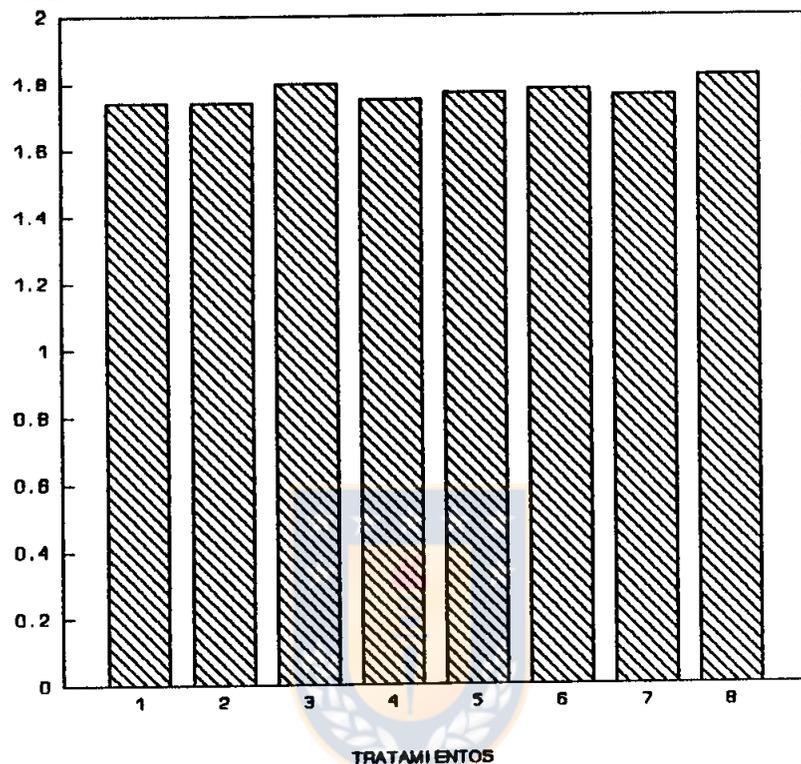


FIGURA 28 Efecto de las diferentes dosis de CuSO_4 sobre el diámetro de cuello en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock.

PESO SECO AEREO
(g)

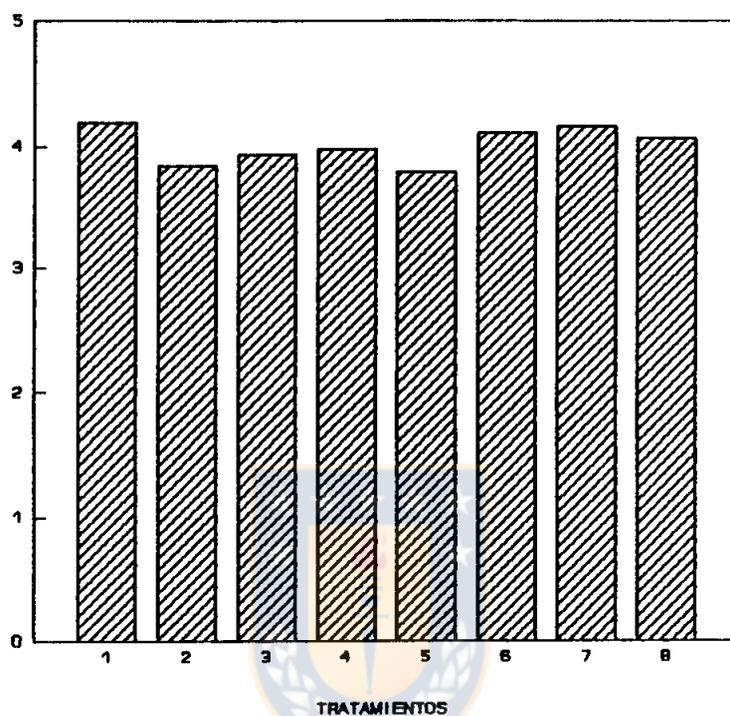


FIGURA 29 Efecto de las diferentes dosis de CuSO_4 sobre el peso seco aéreo en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock.

PESO SECO RADICAL
(g)

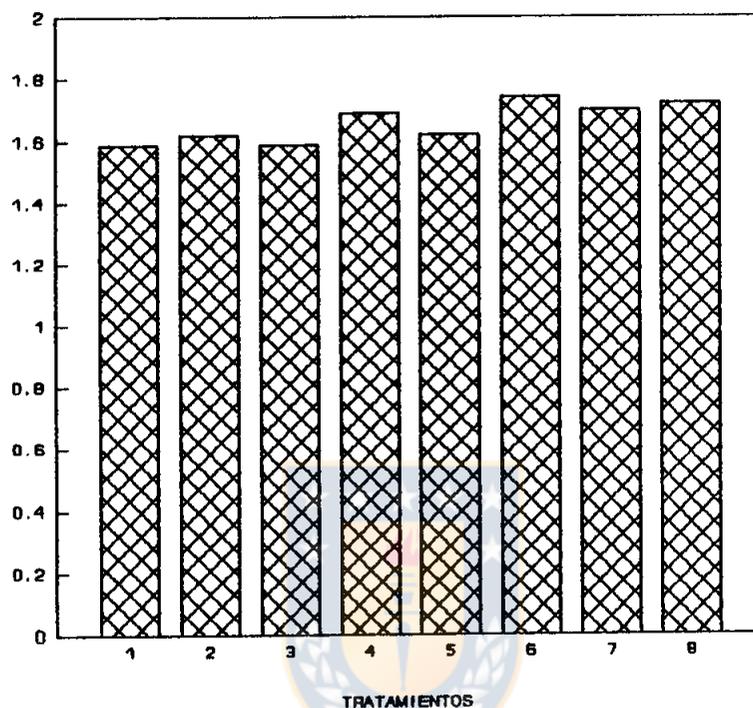


FIGURA 30 Efecto de las diferentes dosis de CuSO_4 sobre el peso seco radical en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock.

Ello se debe a que las dosis del elemento en las soluciones aplicadas, inciden negativamente en la aparición de los síntomas de toxicidad. Sin embargo, estas dosis tampoco ocasionan problemas de deficiencia, a la forma descrita por Appleton (1), Domínguez (4) y Landis *et al.* (15), por cuanto existió crecimiento en las plantas.

4.2.5. ENSAYO DOSIS DE H₃BO₃

A pesar que los requerimientos de la planta propuestos por Landis *et al.* (15) alcanzan a 0.5 ppm del elemento en las tres etapas de crecimiento consideradas, aplicando hasta 16 ppm del elemento, el que sobrepasa 32 veces la dosis propuesta, no se presentaron diferencias significativas en altura (Figura 31), diámetro de cuello (Figura 32), peso seco aéreo (Figura 33) y peso seco radical (Figura 34), mostrando ningún efecto negativo en el crecimiento.

TABLA 13. RESPUESTA EN ALTURA, DIAMETRO DE CUELLO, PESO SECO AEREO Y RADICAL, A DIFERENTES DOSIS DE H₃BO₃.

TRAT.	ALTURA (cm)	DIAM. CUELLO (mm)	PESO SECO AEREO (g)	PESO SECO RADICAL (g)
1	24.8 a	2.29 a	4.60 a	1.54 a
2	22.9 a	2.24 a	4.03 a	1.46 a
3	22.8 a	2.18 a	4.30 a	1.58 a
4	23.0 a	2.08 a	4.18 a	1.57 a
5	23.2 a	1.98 a	4.64 a	1.59 a
6	22.2 a	1.99 a	4.26 a	1.51 a
7	23.7 a	2.14 a	4.78 a	1.62 a
8	22.6 a	2.02 a	3.91 a	1.37 a

ALTURA
(cm)

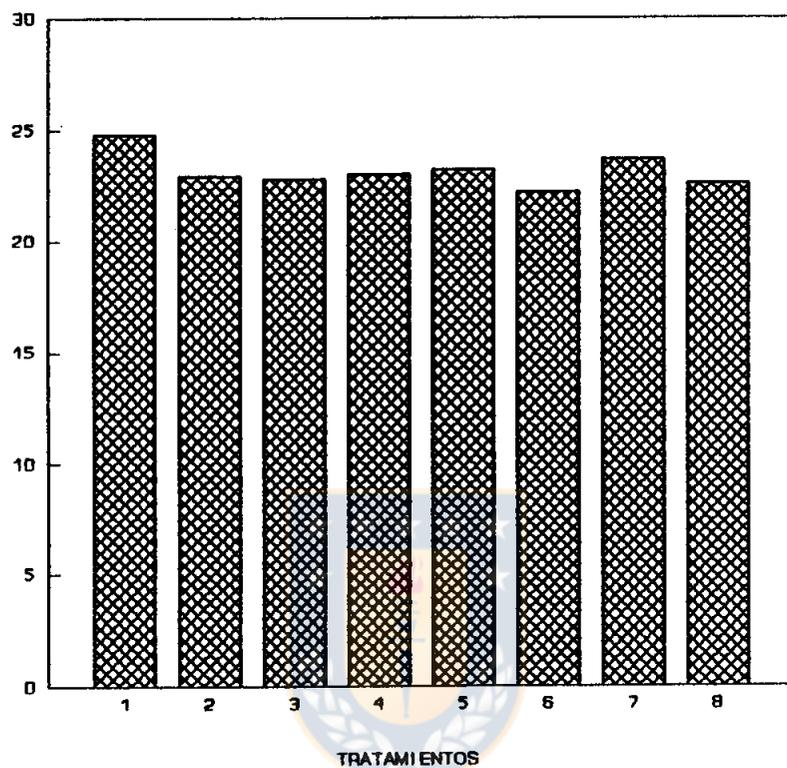


FIGURA 31 Efecto de las diferentes dosis de H_3BO_3 , sobre la altura en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock.

DIAMETRO DE CUELLO
(mm)

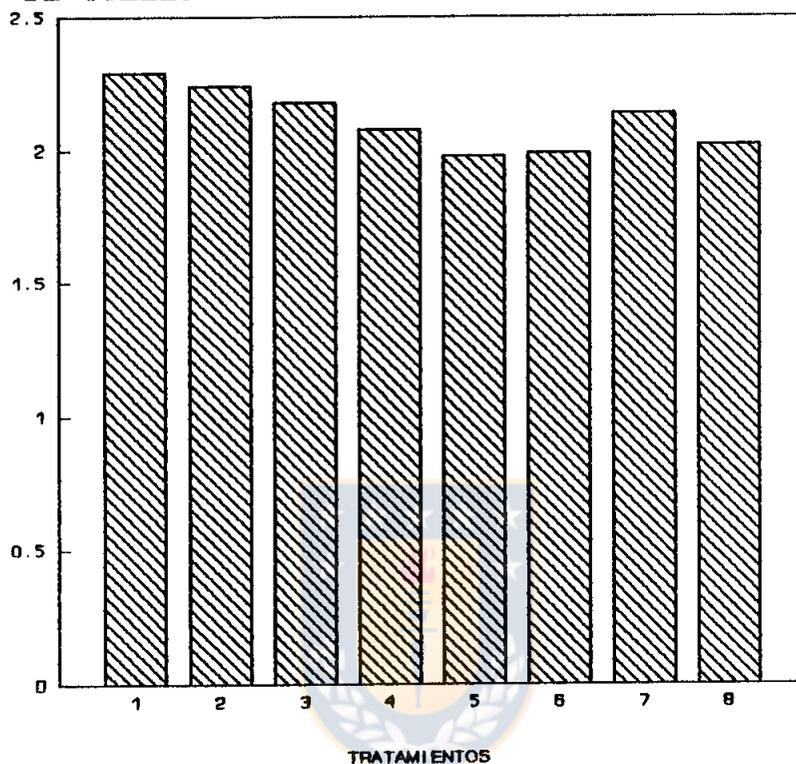


FIGURA 32 Efecto de las diferentes dosis de H_3BO_3 , sobre el diámetro de cuello en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill., producidas en Styroblock.

PESO SECO AEREO
(g)

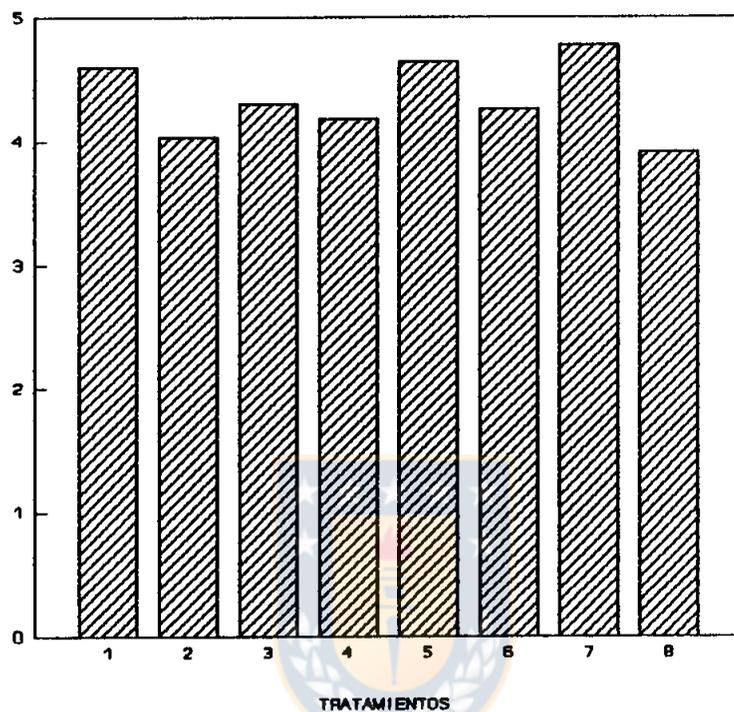


FIGURA 33 Efecto de las diferentes dosis de H_3BO_3 , sobre el peso seco aéreo en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

PESO SECO RADICAL
(g)

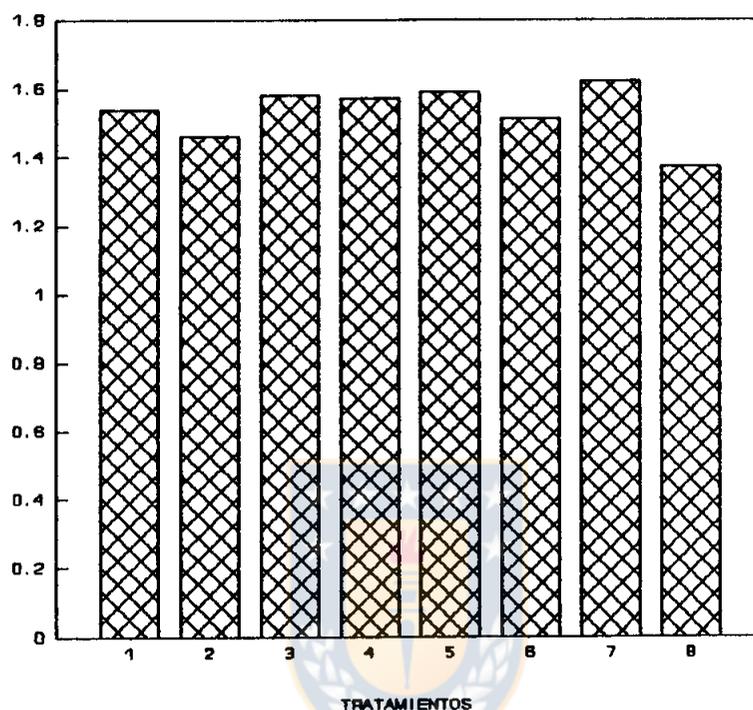


FIGURA 34 Efecto de las diferentes dosis de H_3BO_3 , sobre el peso seco radical, en plantas de Eucalyptus globulus Labill., producidas en Styroblock.

En este ensayo tampoco se presentaron síntomas, por lo que es necesario reestudiar el método de aplicación, la dosificación del producto y más aún los esquemas de fertilización complementaria aplicados, pues es presumible que alguna de estas variables incida en la respuesta de la planta.

V. CONCLUSIONES

El fertilizante complejo Ultrasol no afecta el crecimiento en altura y diámetro de cuello, entre las dosis 50 y 800 ppm de nitrógeno (127.7 y 2,043.1 ppm de potasio). Lo mismo ocurre con el peso seco aéreo, puesto que no mostró diferencias estadísticas en peso entre las mismas dosis aplicadas. El crecimiento de raíces, expresado como el peso seco de éstas, no fue afectado cuando se aplicaron dosis entre 50 y 400 ppm de nitrógeno (127.7 a 1,021.6 ppm de K).

El crecimiento de las plantas es mayor cuando se ha aplicado el fertilizante complejo Ultrasol, respecto del crecimiento de las plantas sin aplicación del fertilizante.

Al fertilizar el sustrato con dosis superiores a 800 ppm de nitrógeno (6,153.8 mg/l de Ultrasol) se produce malformación foliar, presentando un abarquillamiento de la hoja hacia el haz y necrosis en los bordes de ella.

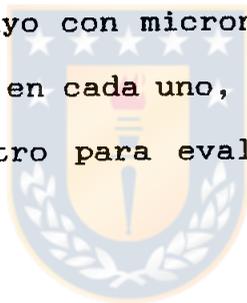
La conductividad medida en el lixiviado no es un indicador adecuado para relacionarlo a efectos tóxicos en la planta.

No se puede establecer una pauta definitiva que esquematice los síntomas provocados por toxicidad por los distintos micronutrientes aplicados en el ensayo. Sin embargo, en el

ensayo FeSO₄, la aparición de síntomas se expresa en la hoja con un moteado color marrón y, en la medida que las dosis son mayores, con un aumento en la intensidad del colorido, hasta adquirir un tinte negro.

Las dosis progresivas de B, Cu, Fe, Mn y Zn aplicadas en los diferentes ensayos, no provocan un efecto negativo sobre el crecimiento de Eucalyptus globulus Labill.

Tanto el pH como la conductividad no presentaron fuertes variaciones en el ensayo con micronutrientes por lo que, a las dosis consideradas en cada uno, no pueden utilizarse con precisión como parámetro para evaluar la toxicidad en la planta.



VI. RESUMEN Y SUMMARY

6.1 Resumen

El presente trabajo consistió en aplicar un fertilizante complejo (Ultrasol) de acuerdo a dosis crecientes de nitrógeno y en aplicar dosis crecientes de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn).

Los tratamientos se distribuyeron según un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones y 6 plantas como unidad experimental. El efecto de los tratamientos se evaluó por la altura, diámetro de cuello, peso seco aéreo, peso seco radical y por expresión de síntomas cuando correspondió.

Los resultados del ensayo con Ultrasol, mostraron una mejor respuesta en crecimiento al aplicar dosis entre 50 y 400 ppm de N. En cuanto a los síntomas (abarquillamiento hacia el haz de las hojas y necrosis en los extremos), éstos aparecieron a contar de la dosis de 800 ppm de N (2,043.1 ppm de K), hasta la dosis más alta (1,600 ppm de N y 4,086.2 ppm de K), que afectó a un 43% del total de hojas.

En los ensayos con micronutrientes no hubo efecto negativo en crecimiento. Los síntomas se presentaron sólo en el ensayo dosis de FeSO₄, con un daño del 16% en la hoja para la dosis 128 ppm de Fe.

6.2 Summary

This study consisted of applying a complete fertilizer, Ultrasol, in increasing dosages of nitrogen and applying increasing dosages of micronutrients (B, Cu, Fe, Mn, Zn).

The treatments were distributed according to a random block design, with four repetitions and 6 plants as an experimental unit. The effects of treatments were evaluated by measuring the height, collar diameter, air-dry weight, root dry weight and by signs of symptoms when it corresponded.

The results of the trial with Ultrasol show a greater increase in growth applying dosages between 50 and 400 ppm of nitrogen. In term of symptoms, (rolling in toward the surface of the leaf and necrosis of the edges) these appeared initially at dosages of 800 ppm of N (2,043.1 ppm of K) until the highest dosages (1,600 ppm of N and 4,086.2 ppm K) which affected 43 % of the leaves.

In the trials with micronutrients there was no negative effect on growth. The symptoms were only present in the trial dosage of FeSO_4 , with a 16 % damage to the leaf for a dosage of 128 ppm of Fe.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. **Appleton, B.L.** 1986. Consider nutrition carefully when you use soilless media. *American Nurseryman* 162: 76-79.
2. **Barnett, J., J. Mc Gilvray.** 1981. Container planting system for the South. Res. Paper SO-167. USDA. Forest Service. U.S.A
3. **Bassman, J., R.A. Black and X.Q. Wang.** 1989. Effect of container type and watering regime on early growth of Western Larch seedlings. *Tree Planters' Notes* 40: 13-15.
4. **Domínguez, A.** 1989. *Tratado de fertilización*. Mundiprensa. Madrid, España.
5. **Duryea, M.L, and G.N. Brown.** 1983. Seedling Physiology and Reforestation Success. Proceedings of the Physiology Working Group Technical Session. Society of American Foresters National Convention. October 16-20 Portland, Oregon, USA.
6. **Escobar, R. y Sánchez, M.** 1992. Producción de plantas forestales: algunos aspectos. *Boletín de Extensión*

Nº 51. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Chillán, Chile.

7. **Fitzpatrick, G. and S.D. Verkade.** 1987. Monitor your irrigation supply. American Nurseryman 165: 108-111
8. **Florence, R.G.** 1986. Cultural problems of Eucalyptus as exotics. Commonw. For. Rev. 65: 141 - 160.
9. **Funk, R.** 1990. Fertilizer basics. Understanding fertilizer content. American nurseryman 172: 55-63.
10. **González, V. G.** 1984. Deficiencias Nutricionales en Plantaciones de Pinus radiata. En: Seminario de Protección Fitosanitaria Forestal. Programa Control Plagas y Enfermedades. CONAF/ Min. de Agric. Concepción, Chile.
11. **González, V. G. , C. González O. , J. Millán H., R. Escobar R.** 1983. Estudio de Fertilización en Plantaciones de Pinus radiata. Primeros Resultados. Documento de trabajo Nº51. CONAF/FAO. Santiago, Chile.

12. **Huntt, C. and R.F. Walker 1991.** Growth and mineral nutrition of containerized Jeffrey pine and Singleleaf pinyon as affected by controlled-release fertilization. *Tree Planters' Notes* 42: 27-33.
13. **Jacobs, M. 1981.** El Eucaliptus en la repoblación forestal. FAO. Roma, Italia
14. **Jaramillo, A. and P.W. Owston. 1977.** Two acids equal for growth and mineral content of container-grown seedlings. *Tree Planters' Notes* 28: 16-17, 40.
15. **Landis, T.D., R.W. Tinus, S.E. McDonald, J.P. Barnett. 1989.** Seedling Nutrition and Irrigation. In: The container tree nursery manual. Agriculture Handbook N°674. USDA. Forest Service. Portland, Oregon. U.S.A.
16. **Lawton, B.P. 1990.** p(lant) H(ealth). A Vital Link. *American Nurseryman* 172: 76-84
17. **Liegel, H.L. and C.R. Venator. 1987.** A Technical Guide Forest Nursery management in the Caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. SO-67. USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station. New Orleans. U.S.A.

18. Little, T. , F.J. Hills. 1978. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. México.
19. MANUAL DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS. 1991. The Potash & Phosphate Institute/Foundation for Agromonic Research. Segunda impresión en español. Atlanta, Georgia. U.S.A.
20. Montero, S.E. 1987. Principales factores que intervienen en el desarrollo de plantas de Eucalyptus camaldulensis Dehnn. en vivero. Tesis de Grado. Universidad de Chile, Fac. Cienc. Agrar. Vet. For. Santiago, Chile.
21. Ostle, B. 1983. Estadística Aplicada. Limusa. México.
22. Phillion, B. ; Bunting, W. 1983. Growth of spruce seedlings at various soluble fertilizer salt levels. Tree Planters' Notes 34: 31-33.
23. Prado, J; Barros, S. 1989. Eucalyptus. Principios de silvicultura y manejo. CORFO-INFOR. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.

24. **Reyes, S.G. 1992.** Uso de sustratos en viveros a raíz cubierta de *E.Globulus*. En: Mesa redonda: Técnicas utilizadas en el cultivo del *Eucalyptus*. Fundación Chile. Concepción, Chile.
25. **Roshler, H.M. ; Wright, R.D. 1984.** What nurserymen should know about soluble salts. *American Nurseryman* 160: 73-77.
26. **Sánchez, M. 1991.** Fertilización de apoyo en *Eucalyptus globulus* Labill. ssp *globulus*. Tesis de Grado. Universidad de Concepción. Fac. Cienc. Agron. Vet. For. Chillán, Chile.
27. **Sanderson, K. 1987.** Selecting the right fertilizer for container -- grown woody ornamentals. *American Nurseryman* 165: 160-181.
28. **Saur, E. 1990.** Mise au point bibliographique, au sujet de la nutrition oligo-minérale des plantes supérieures. Carences et toxicités chez les coniferes. *Ann. Sci. For.* 47: 367-384.
29. **Sierra, V. 1990.** Técnicas de establecimiento en *Eucalyptus* (suelo sedimentario). Fundación Chile. Concepción, Chile.

30. Smit, B. 1989. Water Stress. American Nurseryman 170: 103-108.
31. Svenson, S.E.; Witte, W.T. 1989. Mulch Toxicity. American Nuseryman 179: 45-52
32. Swanson, B.T. 1989. Critical Physical of Container Media. American Nuseryman 169: 59-61.
33. Van den Driessche, R. 1978. Response of Douglas-fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources at different levels of pH and iron supply. Plant Soil 49: 607-623.
34. van Schoor, M.J., I.E. Smith. and C.L. Davis. 1990. Preparation and utilization of pine bark as growing medium for plants. CSIR. Dept. Hort. Sci., University Natal, Pietermatzbury. (Report)
35. Whitcomb, C.E. 1983. Does pH really have an effect on nutrition of container-grown plant ?. American Nurseryman 158: 33-35
36. Wilson, P.J. 1986. Containers for tree nuseries in developing countries. Commonw. For. Rev. 65: 233-241.



APENDICE 1

FERTILIZACION BASE DE LAS FASES DE CRECIMIENTO
CONSIDERADAS PARA PLANTAS DE *Eucalyptus globulus* Labill.
EN UN MEDIO DE CRECIMIENTO DE COMPOST DE CORTEZA DE PINO.

**TABLA 1. FERTILIZACION BASE DE LA FASE DE ESTABLECIMIENTO
SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO.**

	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	(ppm)											
OBJETIVO	10	30	100	80	60	30	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5
Ca(NO3)2		30			34							
NH4H2PO4	10		19									
KH2PO4			66	80								
H3PO4			15									
MgSO4						28	36					
FeSO4							2.2	4				
MnSO4							0.5		0.8			
ZnSO4							0.2			0.32		
CuSO4							0.01				0.15	
H3BO3												0.5
SUB-TOTAL	10	30	100	80	34	28	39.3	4	0.8	0.32	0.15	0.5
+ AGUA		4		3	10	6	5.0					
TOTAL	10	34	100	83	44	34	44.3	4	0.8	0.32	0.15	0.5

TABLA 2. FERTILIZACION BASE DE LA FASE EXPONENCIAL SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO.

	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	(ppm)											
OBJETIVO	50	100	50	150	80	40	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5
Ca(NO3)2		61			69							
KNO3		39		111								
(NH4)2HPO4	44		50									
CO(NH2)2	6											
K2CO3				39								
MgSO4						38	49.4					
FeSO4							2.2	4				
MnSO4							0.5		0.8			
ZnSO4							0.2			0.32		
CuSO4							0.01				0.15	
H3BO3												0.5
SUB TOTAL	50	100	50	150	69	38	52.3	4	0.8	0.32	0.15	0.5
+ AGUA		4		3	10	6	5.0					
TOTAL	50	104	50	153	79	44	57.3	4	0.8	0.32	0.15	0.5

TABLA 3. FERTILIZACION BASE DE LA FASE DE ENDURECIMIENTO SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO.

	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	(ppm)											
OBJETIVO	10	30	50	150	80	40	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5
Ca(NO3)2		30			34							
KH2PO4			50	125								
CO(NH2)2	10											
K2CO3				25								
MgSO4						38	49.4					
FeSO4							2.2	4				
MnSO4							0.5		0.8			
ZnSO4							0.2			0.32		
CuSO4							0.01				0.15	
H3BO3												0.5
SUB TOTAL	10	30	50	150	34	38	52.3	4	0.8	0.32	0.15	0.5
+ AGUA		4		3	10	6	5.0					
TOTAL	10	34	50	153	44	44	57.3	4	0.8	0.32	0.15	0.5

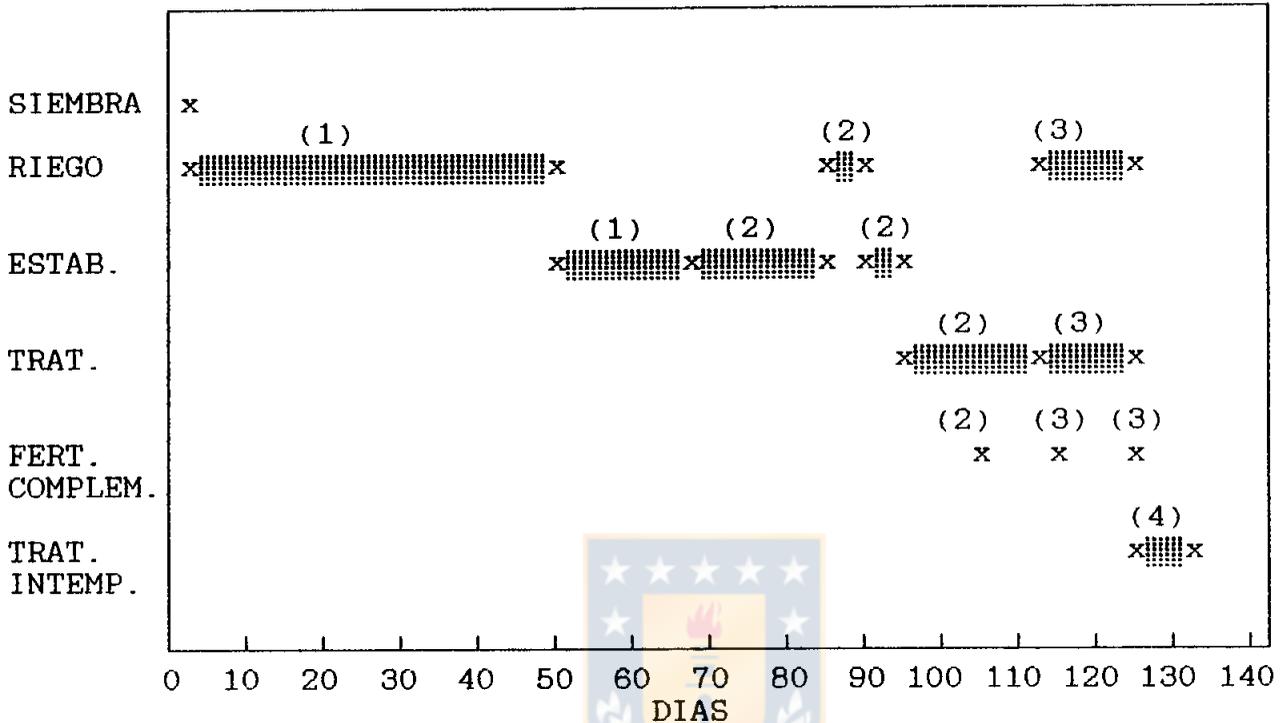
APENDICE 2

**ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN DURANTE EL PERIODO DE
EJECUCION DEL ENSAYO**



CARTA DE ACTIVIDADES

ITEMS



- ESTAB. : Fase de establecimiento.
 TRAT. : Tratamientos aplicados en invernadero.
 FERT. COMPLEM. : Fertilización complementaria.
 TRAT. INTEMP. : Tratamientos aplicados en vivero a la intemperie.

- (1) Corresponde a 5 ml de agua para el riego o 5 ml de solución de fertilizantes.
 (2) Corresponde a 10 ml de agua, solución de fertilizantes o solución tratamientos.
 (3) Corresponde a 20 ml de agua, solución de fertilizantes o solución de tratamientos.
 (4) Corresponde a 60 ml de solución de tratamientos.

FIGURA 1. Actividades desarrolladas durante el periodo de ejecución de los ensayos.

APENDICE 3

FERTILIZACION COMPLEMENTARIA PARA CADA ENSAYO PROPUESTO.



TABLA 1. ENSAYO DE FERTILIZACION CON ULTRASOL, SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO EN ppm.

	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S.Aplic
OBJETIVO	80	40	60	4	0.8	0.32	0.15	0.5	(mg/l)
MgSO4		38	49.4						380
FeSO4			2.2	4					20
MnSO4			0.5		0.8				3.0
ZnSO4			0.2			0.32			0.9
CuSO4			0.01				0.15		0.6
H3BO3								0.5	2.9
SUB TOTAL		38	52.31	4	0.8	0.32	0.15	0.5	
+ AGUA	10	6	5.0						
TOTAL	10	44	57.3	4	0.8	0.32	0.15	0.5	

TABLA 2. FERTILIZACION CON N P K Y Ca PARA EL ENSAYO CON MICRONUTRIENTES SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO (ppm).

	NH4	NO3	P	K	Ca	S.Aplic.
OBJETIVO	50	100	50	150	80	(mg/l)
Ca(NO3)2		61			69	406
NH4NO3	39	39				230
K2HPO4			50	125		277.8
CO(NH2)2	11					24.4
K2CO3				25		44.6
SUB TOTAL	50	100	50	150	69	
+ AGUA		4		3	10	
TOTAL	50	104	50	153	79	

TABLA 3. FERTILIZACION PARA EL ENSAYO FeSO₄, SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO (ppm).

	Mg	S	Mn	Zn	Cu	B	S.Aplic.
OBJETIVO	38	54	0.8	0.32	0.15	0.5	(mg/l)
MgSO ₄	38	49.4					380
MnSO ₄		0.5	0.8				3
ZnSO ₄		0.2		0.32			0.9
CuSO ₄		0.01			0.15		0.6
H ₃ B ₃ O ₃						0.5	2.9
SUB TOTAL	38	50.11	0.8	0.32	0.15	0.5	
+ AGUA	6	5.0					
TOTAL	44	55.11	0.8	0.32	0.15	0.5	



TABLA 4. FERTILIZACION PARA EL ENSAYO MnSO₄, SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO (ppm).

	Mg	S	Fe	Zn	Cu	B	S.Aplic.
OBJETIVO	38	54	4	0.32	0.15	0.5	(mg/l)
MgSO ₄	38	49.4					380
FeSO ₄		2.2	4				20
ZnSO ₄		0.2		0.32			0.9
CuSO ₄		0.01			0.15		0.6
H ₃ B ₃ O ₃						0.5	2.9
SUB TOTAL	38	51.81	4	0.32	0.15	0.5	
+ AGUA	6	5.0					
TOTAL	44	56.81	4	0.32	0.15	0.5	

TABLA 5. FERTILIZACION PARA EL ENSAYO ZnSO₄, SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO (ppm).

	Mg	S	Fe	Mn	Cu	B	S.Aplic.
OBJETIVO	38	54	4	0.8	0.15	0.5	(mg/l)
MgSO ₄	38	49.4					380
FeSO ₄		2.2	4				20
MnSO ₄		0.5		0.8			3
CuSO ₄		0.01			0.15		0.6
H ₃ BO ₃						0.5	2.9
SUB TOTAL	38	52.11		0.8	0.15	0.5	
+ AGUA	6	5.0					
TOTAL	44	57.11	4	0.8	0.15	0.5	

TABLA 6. FERTILIZACION PARA EL ENSAYO CuSO₄, SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO (ppm).

	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	S.Aplic.
OBJETIVO	38	54	4	0.8	0.32	0.5	(mg/l)
MgSO ₄	38	49.4					380
FeSO ₄		2.2	4				20
MnSO ₄		0.5		0.8			3
ZnSO ₄		0.2			0.32		0.9
H ₃ BO ₃						0.5	2.9
SUB TOTAL	38	52.3	4	0.8	0.32	0.5	
+ AGUA	6	5.0					
TOTAL	44	57.3	4	0.8	0.32	0.5	

TABLA 7. FERTILIZACION PARA EL ENSAYO H3BO3, SEGUN LA CONCENTRACION DE CADA NUTRIENTE APLICADO (ppm).

	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	S.Aplic
OBJETIVO	38	54	4	0.8	0.32	0.15	(mg/l)
MgSO4	38	49.4					380
FeSO4		2.2					20
MnSO4		0.5		0.8			3
ZnSO4		0.2			0.32		0.9
CuSO4		0.01				0.15	0.6
SUB TOTAL	38	52.31	4	0.8	0.32	0.15	
+ AGUA	6	5.0					
TOTAL	44	57.31	4	0.8	0.32	0.15	



★ ANEXO 1 ★

**ANALISIS QUIMICO DE COMPONENTES DEL AGUA UTILIZADA EN EL
RIEGO Y DEL SUSTRATO**

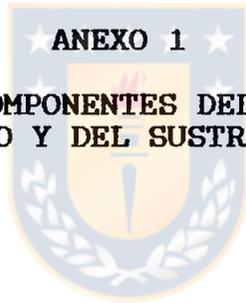


TABLA 1. ANALISIS QUIMICO DEL SUSTRATO UTILIZADO, ENTREGADO POR AGROLAB.



LABORATORIO ANALISIS
SUELO - FOLIAR - AGUA

ANALISIS DE QUIMICO

PRODUCTOR: U.DE CONCEPCION

EMPRESA: U.DE CONCEPCION

MUESTRA : SUSTRATO

LOCALIDAD: CHILLAN

F.INGRESO: 17/06/92

N°ORDEN: 00183

IDENTIFICACION

SUSTRATO CORTEZA DE PINO

N° LAB.

01001

N total	%	0.72
P total	%	0.22
K total	%	0.12
pH	1 : 5	4.90
C.E.	mmhos/cm	0.33
M.O.	%	36.37



TABLA 2. ANALISIS QUIMICO DEL AGUA DE RIEGO, ENTREGADO POR AGROLAB.



LABORATORIO ANALISIS
SUELO - FOLIAR - AGUA

ANALISIS DE AGUA

PRODUCTOR: U.DE CONCEPCION

EMPRESA: U.DE CONCEPCION

PREDIO :

N°ORDEN: 00183

LOCALIDAD: CHILLAN

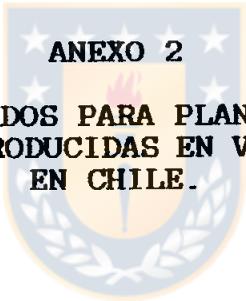
F.INGRESO: 17/06/92

IDENTIFICACION	AGUA DE RIEGO		SIN PROBLEMA
ORIGEN			
N° LAB.	01929		
pH	7.16		--
C.E. mmhos/cm	0.13		--
Ca meq/Lt.	0.50		--
Mg meq/Lt.	0.45		--
Na meq/Lt.	0.47		--
K meq/Lt.	0.07		--
Cl meq/Lt.	0.30		--
SO4 meq/Lt.	0.1		--
HCO3 meq/Lt.	1.4		--
N-NO3 mg/lt.	3.96		--
Mn mg/lt.	0.05		--
Fe mg/lt.	0.08		--

OBSERVACION:

ZINC : NO DETECTA
COBRE : NO DETECTA





ANEXO 2

NIVELES FOLIARES ADECUADOS PARA PLANTAS DE *Pinus radiata* y
Eucalyptus globulus, PRODUCIDAS EN VIVEROS A RAIZ DESNUDA,
EN CHILE.

TABLA 1. NIVELES FOLIARES ADECUADOS PARA PLANTAS DE *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, PRODUCIDAS EN VIVEROS A RAIZ DESNUDA, EN CHILE.

ELEMENTO	ESPECIE	
	<i>P. radiata</i>	<i>E. globulus</i>
	----- (%) -----	
N	1.80 - 2.20	1.80 - 2.40
P	0.14 - 0.22	0.16 - 0.24
K	1.10 - 1.20	1.10 - 1.70
Ca	0.40 - 0.60	0.60 - 0.90
Mg	0.10 - 0.15	0.15 - 0.20
	----- (ppm) -----	
Fe	70 - 100	60 - 80
Cu	7.5 - 8.5	10 - 15
Mn	70 - 80	90 - 110
Zn	40 - 45	40 - 45
B	15 - 20	15 - 20



necrosis foliar, amarillamiento o muerte sin explicación aparente, se hace necesario inducir la aparición de síntomas, que permiten a quien diagnostica, lograr patrones de comparación entre respuestas de la planta a la falta o exceso de los nutrimentos agregados.

El presente trabajo está orientado a establecer los síntomas que presentarían las plantas de Eucalyptus globulus, como resultado de excesos o deficiencias provocadas por la aplicación de macronutrientes (N, P y K) o de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn y Zn) y a establecer las dosis que provocan la mayor respuesta en crecimiento de la planta.

