

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

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento de Silvicultura

EFECTOS FITOTOXICOS DE SIMAZINA (SIMAZINA 500F)
EN CULTIVOS DE *Eucalyptus globulus* Labill. *ssp globulus*
Y *Eucalyptus nitens* (Deane & Maid.) Maid. EN MACETAS.



MIGUEL RENE OÑATE FARÍÑA

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

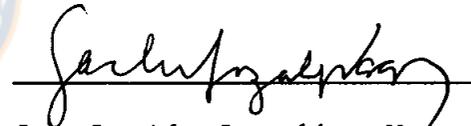
EFFECTOS FITOTOXICOS DE SIMAZINA (SIMAZINA 500F)
EN CULTIVOS DE *Eucalyptus globulus* Labill. *ssp globulus*
Y *Eucalyptus nitens* (Deane & Maid.) Maid. EN MACETAS.

Decano Facultad



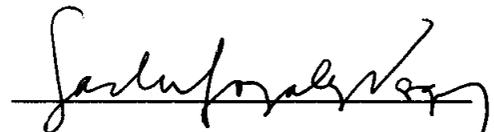
Dr. Jaime Millán Herrera
Profesor. Ing. Forestal.
Decano Fac. Cs. Forestales

Profesor Asesor



Sr. Gastón González Vargas
M. Sc. Profesor.
Ing. Agrónomo.
Profesor Asesor

Director Departamento
de Silvicultura



Sr. Gastón González Vargas
M. Sc. Profesor.
Ing. Agrónomo.
Director Dpto. Silvicultura

Este trabajo se lo dedico a mi padre, mi madre, Carolina y todos mis familiares y amigos que me apoyaron incondicionalmente en todo momento...



A USTEDES...

INDICE DE MATERIAS

| CAPITULOS | | PAGINA |
|-----------|---|--------|
| I | INTRODUCCION | 1 |
| II | REVISION BIBLIOGRAFICA | 5 |
| 2.1 | Antecedentes generales sobre el género <i>Eucalyptus</i> | 5 |
| 2.1.1 | Principales características morfológicas de los eucaliptos ... | 6 |
| 2.1.2 | Control de malezas en eucaliptos . | 7 |
| 2.2 | Control químico de malezas y los herbicidas | 9 |
| 2.2.1 | Control químico de malezas | 9 |
| 2.2.2 | Clasificación de los herbicidas .. | 10 |
| 2.3 | Características del herbicida usado (Simazina 500F) | 13 |
| 2.3.1 | Características generales | 13 |
| 2.3.2 | Características químicas | 18 |
| 2.3.3 | Modo de acción | 19 |
| 2.4 | Comportamiento del herbicida en la planta y el suelo | 19 |
| 2.4.1 | Comportamiento del herbicida en la planta | 19 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.4.2 | Comportamiento del herbicida en el suelo | 24 |
| 2.5 | Simazina como contaminante | 31 |
| III | MATERIALES Y METODO | 32 |
| 3.1 | Descripción del lugar del ensayo . | 32 |
| 3.2 | Descripción del ensayo | 33 |
| 3.3 | Metodología de análisis | 37 |
| IV | RESULTADOS Y DISCUSION | 39 |
| V | CONCLUSIONES | 54 |
| VI | RESUMEN | 56 |
| | SUMMARY | 57 |
| VII | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 58 |
| VIII | APENDICE | 66 |
| IX | ANEXOS | 67 |

INDICE DE TABLAS

| TABLA N ^o | | PAGINA |
|-----------------------|---|---------|
| <u>En el texto</u> | | |
| 1 | Dosis de Simazina 500F aplicada a cada tratamiento en el ensayo | 34 |
| 2 | Escala utilizada para calificar la respuesta de las plantas a la aplicación de simazina según el daño visual presentado . | 38 |
| 3 | Valores promedio de las variables medidas para cada tratamiento | 40 |
| 4 | Diferencias Mínimas Significativas para cada variable y tratamiento | 41 y 42 |
| <u>En el apéndice</u> | | |
| 1 A | Solubilidad en agua y lixiviación relativa de algunos herbicidas | 62 |
| <u>En el anexo</u> | | |
| 1 B | Valores de F calculados en los análisis de varianzas de las distintas variables analizadas para <i>E. nitens</i> y <i>E. globulus</i> ... | 63 |

INDICE DE FIGURAS

| FIGURA N° | | PAGINA |
|-----------|--|--------|
| 1 | Plantas de los tratamientos testigo de <i>E. globulus</i> y <i>E. nitens</i> , izquierda y derecha respectivamente | 46 |
| 2-a | Raíces del testigo (izquierda) y del tratamiento con 16 ppm (derecha) en <i>E. globulus</i> | 49 |
| 2-b | Raíces del testigo (izquierda) y del tratamiento con 16 ppm (derecha) en <i>E. nitens</i> | 50 |
| 3 | Necrosis en <i>E. globulus</i> con dosis de 16 ppm (tratamiento T5g) | 51 |
| 4 | Necrosis en <i>E. nitens</i> con dosis de 16 ppm (tratamiento T5n) | 52 |
| 5 | Hojas de <i>E. nitens</i> del tratamiento con dosis de 10 ppm (T4n) | 53 |

I INTRODUCCION

Dentro del territorio nacional existen vastas áreas donde crecen en forma vigorosa bosques nativos y cultivos forestales, destacándose las zonas de bosques esclerófilos en el norte, las extensas plantaciones comerciales en la parte central y los bosques nativos con características de selva de la zona austral.

La superficie de terrenos forestales productivos e indirectamente productivos alcanza a las 33.800.000 hectáreas a diciembre de 1993, de las cuales 9.187.304 hectáreas corresponden a bosques, de los tipos bosque nativo (7.493.200 ha) y plantaciones de exóticas (1.694.104 ha). Dentro de las plantaciones de exóticas, las especies de mayor importancia son pino radiata con 1.360.918 ha (181.8 millones de m³) o un 80,3% y los eucaliptos, con una superficie de 206.711 ha (16 millones de m³) o un 12,2%. De gran importancia son también atriplex, 45.193 ha; tamarugo, 20.603 ha; pino oregón, 12.090 ha y álamo, 3.798 ha. Otras especies ocupan 44.791 ha (INFOR, 1993).

Es posible notar un interés cada vez mayor por parte de las empresas y los forestadores particulares, por la creación de bosques de eucaliptos para la producción de energía, madera

para pulpa, tableros, chapas y madera aserrada, además de productos secundarios como aceites esenciales, taninos y otros. Tan sólo en el año 1993 se plantó una superficie de 45.993,8 ha en el país, de las cuales 14.963,8 ha en la VIII región, con lo que se acumula hasta diciembre de 1993 para esta región una superficie total plantada con esta especie de 73.331 ha (INFOR, 1993).

Lo anterior ha impulsado un sinnúmero de estudios relacionados con especies del género *Eucalyptus*, los que tienen como objetivos primordiales conocer la adaptabilidad de las especies a diversos sitios y optimizar los rendimientos a través del manejo en la producción de plantas y de las plantaciones.

Son muchos los factores que se deben considerar para optimizar los resultados de una plantación de eucaliptos, pero, sin duda, la supervivencia y el desarrollo de éstas una vez establecidas es uno de los temas que más preocupan al forestador.

Prado y Rojas (1987) determinaron que la competencia del pasto por captar la humedad disponible es el principal factor que restringe la supervivencia y el desarrollo de las

plantaciones de *Eucalyptus globulus ssp globulus*, y que el control de malezas ha demostrado ser un tratamiento realmente efectivo para asegurar un buen prendimiento y posterior crecimiento de las plantas. Por su parte, Wrann e Infante (1988) indican que el factor individual más importante para asegurar la supervivencia y crecimiento inicial de las plantas es el control de la vegetación competitiva.

De esta manera, ha surgido la necesidad de encontrar métodos que permitan realizar un eficiente control de malezas desde un punto de vista económico, productivo y ambiental. El uso de herbicidas en la actualidad es uno de los modos más efectivos de control de los pastos y malezas competidoras, pese a que los conocimientos y experiencias en Chile son escasos en relación con la utilización de este tipo de técnica en plantaciones de eucaliptos, lo que impide dar recomendaciones completamente confiables (Prado, 1989).

Simazina, como ingrediente activo, en la práctica es uno de los herbicidas que con mayor frecuencia se utilizan en Chile. Desde hace varios años que se experimenta en nuestro país con simazina en vivero. Peñaloza (1967), obtuvo un satisfactorio control de malezas con simazina en dosis de 1,7 kg i.a./ha aplicada a preemergencia a platabandas de pino radiata.

Posteriormente el mismo autor, (Peñaloza, 1968), encontró que simazina y prometrina en dosis de 3 y 4 kg i.a./ha controlaron todas las malezas existentes, tanto anuales como perennes, en plantas de pino radiata.

Los fabricantes recomiendan dosis que van desde 3 l/ha hasta 5 l/ha (ANASAC, 1993; Ciba Geigy, 1993) para plantaciones de eucaliptos, dependiendo de las condiciones del terreno y clima, sin asegurar un resultado efectivo ni la protección del cultivo de una toxicidad provocada por él. Es por esto, que ha surgido la inquietud y la necesidad de probar en forma experimental los efectos que traería la aplicación de distintas dosis de simazina a plantas plantables de *Eucalyptus globulus ssp globulus* y *Eucalyptus nitens* en macetas.

Los objetivos de este estudio son:

- a) Determinar si el herbicida Simazina 500F provoca toxicidad al ser aplicado en distintas dosis directamente sobre las raíces (a la mezcla de suelo) de plantas de *Eucalyptus globulus ssp globulus* y *Eucalyptus nitens* en macetas.
- b) Determinar cuáles son los síntomas de la toxicidad, si esta existe.
- c) Determinar cuáles son las dosis del herbicida que provocan un daño significativo en las plantas.

II REVISION BIBLIOGRAFICA

Para el desarrollo de éste capítulo, el cual podría extenderse bastante, y con el propósito de ordenar los aspectos que se relacionan con el tema, la revisión bibliográfica se presentará en cinco subcapítulos principales referidos a :

- Antecedentes generales sobre el género *EUCALYPTUS*.
- Control químico de malezas y los herbicidas.
- Características del herbicida usado.
- Comportamiento del herbicida en la planta y el suelo.
- Simazina y la contaminación

2.1 Antecedentes generales sobre el género *Eucalyptus*

El género *Eucalyptus* corresponde botánicamente a la clase Angiosperma, Subclase Dicotiledoneas y Familia Myrtaceae; existen en el género más de 500 especies, originarias de Australia y algunas islas cercanas (Barros, 1989).

Se trata de especies que prosperan bajo una gran diversidad

de condiciones ambientales, desde la parte norte de Australia, con climas tropicales y subtropicales, con lluvias de carácter estival, hasta la parte sur y la isla de Tasmania, con climas templados fríos y precipitaciones invernales. En cuanto a la altitud, se distribuyen entre el nivel del mar y unos 2.000 m sobre éste (Barros, 1989).

2.1.1 Principales características morfológicas de los eucaliptos

Las diferentes especies de eucaliptos se distinguen en primer lugar por sus características generales y sus dimensiones, ya que dentro del género existen desde arbustos hasta árboles de gran tamaño. No obstante, para distinguir entre especies de aspecto general semejante es necesario recurrir a diferentes factores morfológicos propios de cada una. Entre éstos, los más utilizados son la corteza, las hojas y los frutos (Barros, 1989). Estas características han permitido dividir el género en subgéneros, los subgéneros en secciones, éstas en series y en subseries. Los subgéneros son (Boland et al., 1984, citados por Barros, 1989):

- Subgénero *Blakella*
- Subgénero *Eudesmia*
- Subgénero *Monocalyptus*
- Subgénero *Corymbia*
- Subgénero *Idiogenes*
- Subgénero *Symphyomyrtus*

De las especies probadas en Chile, según INFOR (1989), las más importantes pertenecen a los subgéneros Monocalyptus como *Eucalyptus regnans* y *Eucalyptus delegatensis* y al subgénero Symphyomyrtus, como las especies *Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus saligna* del grupo Eastern Blue Gum; *Eucalyptus camaldulensis* y *tereticornis* del grupo Red Gum; *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, *Eucalyptus globulus ssp. maidenii*, *Eucalyptus globulus ssp. bicostata*, *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus viminalis* todos del grupo Southern Blue Gum.



2.1.2 Control de malezas en eucaliptos

El establecimiento de una plantación de *Eucalyptus* requiere de labores de cuidado para los años posteriores, las que tendrán gran incidencia en la supervivencia y desarrollo de las plantas.

Una de estas labores es el control de la competencia, especialmente el pasto, ya que todas las especies de eucaliptos recomendadas para Chile parecen ser altamente susceptibles a la competencia que, por luz, agua y nutrientes, imponen las especies competidoras, y en

particular los pastos (Prado, 1989).

En general son tres los métodos de control de la competencia usados en Chile, la preparación intensiva del sitio (control mecánico), el empleo de herbicidas (control químico) y la limpia con herramientas manuales (control manual).

Muy usado actualmente en el control de la competencia es la combinación de alguno de estos métodos. Por ejemplo Wrann e Infante (1988) obtuvieron muy buenos resultados realizando combinadamente la preparación del suelo con subsolado y control manual de malezas.

Estudios realizados por White y Newton (1990) en coníferas, revelan que la aplicación de simazina en conjunto con fertilización con nitrógeno es muy beneficioso para las plantaciones jóvenes.

Prado y Rojas (1987) determinaron que la preparación del suelo con surco combinado con la aplicación de herbicida resultó ser la mejor opción para asegurar la supervivencia y el crecimiento inicial de las plantaciones de eucaliptos.

Fagg (1988) recomienda el uso de simazina y glifosato en conjunto para un efectivo control de malezas en plantaciones

de *Eucalyptus regnans* en Australia, considerando el crecimiento de las plantas y el aspecto económico.

Avilés (1985) demostró que el uso de simazina redujo en un 69% la población de malezas con respecto al testigo, lo que se tradujo en un aumento del peso seco de las plantas del cultivo a proteger.

2.2 Control químico de malezas y los herbicidas

2.2.1 Control químico de malezas

En las últimas dos décadas, los herbicidas o el control químico han desplazado de manera importante a los métodos mecánicos de control de malezas en los países de agricultura intensiva y altamente tecnificada. En Chile, el uso de herbicidas ya es una práctica más que aceptada y que día a día requiere mayor atención.

Los herbicidas ofrecen un control de malezas más efectivo, oportuno y normalmente más económico que con azadon o el uso de cultivadores. Sin embargo, los herbicidas deben considerarse como herramientas de trabajo y como tales deben usarse en forma apropiada, protegiendo nuestro ambiente y

evitando los posibles problemas de fitotoxicidad que su mal uso podría acarrear (Kogan, 1992).

2.2.2 Clasificación de los herbicidas

Son muchas las dificultades que se presentan al tratar de encontrar un sistema apropiado para clasificar el gran número de herbicidas existentes. Las primeras clasificaciones hacían referencia a la "selectividad" o "no selectividad" de los herbicidas agrupándolos de la siguiente forma (Robbins et al, 1955):



Herbicida

A.- Selectivo

1. Aplicado al follaje
 - a. Contacto
 - b. Traslocalizable
2. Aplicado a las raíces

B.- No selectivo

1. Aplicado al follaje
 - a. Contacto
 - b. Traslocalizable
2. Aplicado a las raíces.

Una clasificación muy parecida a la anterior y que es usada en la actualidad por muchos autores y profesionales es la siguiente (Washington State University, 1978):

Herbicida

A.- Selectivo

1. Acuático (2,4-D)
2. Aplicado al follaje
 - a. Contacto (MSMA)
 - b. Sistémico-Traslocalizable (2,4-D)
3. Aplicado al suelo
 - a. Absorbido por raíces o plántula Residual (simazina, diuron)

B.- No selectivo

1. Acuático (diquat)
2. Aplicado al follaje
 - a. Contacto (paraquat)
 - b. Traslocalizables (glifosato)
3. Aplicado al suelo
 - a. Fumigantes (bromuro de metilo)
 - b. Absorbido por raíces Residual (simazina, diuron)

Esta clasificación perdió validez al determinarse que muchos herbicidas llamados "no selectivos" se podían usar

selectivamente, al emplear métodos de aplicación adecuados.

La clasificación más usual se ha basado en el modo de acción. Se pueden distinguir dos grupos: los herbicidas que actúan a través del follaje y los que lo hacen a través del suelo (suelo-activos). Sin embargo, existen productos que presentan a la vez acción foliar y actividad en el suelo. En el caso de los herbicidas que actúan preferentemente a través del follaje, sus espectros de acción y movilidad dentro de la planta han sido usados con el propósito de clasificarlos en dos grandes grupos, usando los términos "herbicida de contacto" y "herbicida sistémico" o de "traslocación" (Valdés, 1980; Kogan, 1992). Sin embargo, esta distinción no es absoluta, ya que un herbicida de contacto según las condiciones puede presentar, aunque sea mínima, cierta traslocación. Por el contrario, algunos herbicidas de acción sistémica pueden presentar acción de contacto si la concentración usada es exagerada. Para compatibilizar todos estos aspectos se puede usar el concepto de "tratamiento herbicida selectivo". Esto incluye el producto herbicida, dosis, época de aplicación y la aplicación propiamente tal. Así, herbicidas que de acuerdo a sus características no son selectivos se podrán usar en forma selectiva al considerar cuidadosamente cada una de las variables que forman parte del tratamiento (Kogan, 1992).

Ashton y Crafts (1981) clasifican los herbicidas según otros criterios. Primeramente los agrupan en orden alfabético por el nombre comercial, nombre común, nombre químico y mencionan además el fabricante en algunos casos. Un segundo método agrupa los herbicidas de acuerdo a la afinidad en su composición química, y finalmente, una tercera clasificación proporciona varias características basadas en la forma de uso del herbicida, tal que los resultados obtenidos sean los óptimos. Las características de cada herbicida determinan como éstos deben ser usados.

2.3 Características de Simazina 500F

2.3.1 Características generales

La simazina es una triazina, las cuales presentan una estructura química básicamente constituida por un anillo bencénico sustituido, en el que se alternan tres átomos de nitrógeno con tres átomos de carbono; cada uno de éstos enlazan radicales. El radical activo puede ser: un átomo de cloro, un grupo CH_3 ó uno SCH_3 , llamándose a los herbicidas así concebidos Clorotriazinas, Metoxitriazinas y Metiltiotriazinas, respectivamente (Valdés, 1980; Avilés, 1984).

La simazina es una clorotriazina, ya que el radical activo es un átomo de cloro (Valdés, 1980; Avilés, 1984).

El producto comercial usado en el estudio es SIMAZINA 500F producida por ANASAC, el que presenta las siguientes características:

Simazina 500F está formulada como un herbicida suspensión coloidal que contiene 500 g de simazina como ingrediente activo (i.a.) por litro de producto comercial (p.c.).

Simazina 500F es un herbicida residual selectivo del grupo de las triazinas, no presenta acción foliar, sólo a nivel de suelo (suelo-activo), recomendado principalmente para control preemergente de malezas anuales de hoja ancha y angosta en frutales, viñas, parronales, espárragos, lupinos y plantaciones de eucaliptos.

Presenta baja solubilidad en agua y bajos índices de lixiviación, por lo que su acción la ejerce en las capas superficiales del suelo. No es aconsejable aplicar Simazina 500F en suelos arenosos y/o de muy bajo contenido de materia orgánica. El efecto residual dura varios meses, pero varía según el tipo de suelo, humedad y contenido de materia orgánica (ANASAC, 1993).

Posee una persistencia relativa obtenida de bioensayos de 8 a 10 meses si la dosis es de 1 kg i.a./ha y de 18 a 20 meses si la dosis aplicada es de 4 kg i.a./ha, valores que pueden variar según el tipo de suelo, humedad del suelo y contenido de materia orgánica (Kogan, 1980).

Para las plantaciones de eucaliptos, se recomiendan dosis de 3-5 lt p.c./ha que deben aplicarse de abril a agosto en suelo limpio. Dosis más alta para suelos arcillosos o con alta materia orgánica. Se mezcla con 200-400 l agua/ha. El reingreso al área tratada se puede realizar una vez que la aplicación se haya secado (ANASAC, 1993).

Valdés y Rojas (1982) recomiendan dosis de 1,6-2,4 kg i.a./ha y con 200-300 l agua/ha.

Simazina 500F presenta un grado de toxicidad que lo clasifica dentro del grupo IV, ligeramente tóxico, con un LD 50 oral 7.080 mg/kg (ANASAC, 1993).

Por ser un herbicida suelo-activo presenta las siguientes características generales:

- Persistencia, que le permite mantenerse actuando por un período relativamente largo. Esta persistencia puede variar

desde unas pocas semanas hasta varios meses dependiendo del herbicida suelo-activo que se esté usando y de las características del suelo.

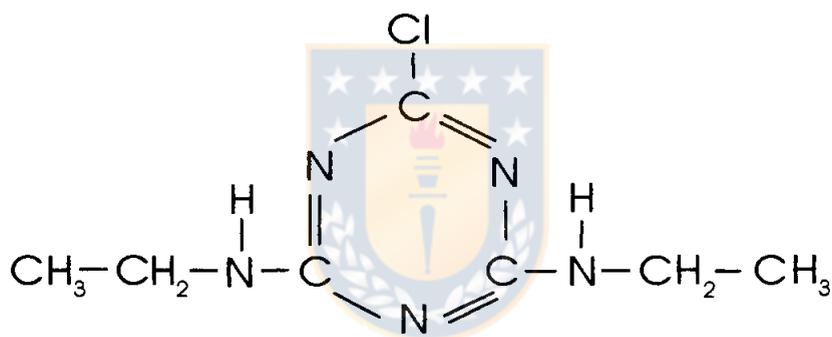
En general, las clorotriazinas persisten por más tiempo en el suelo que las metoxitriazinas y las metiltiotriazinas, y a su vez, simazina y atrazina son las clorotriazinas con mayor persistencia (Rahman y Matthews, 1979).

- La gran mayoría controla una amplia gama de malezas anuales monocotiledóneas y dicotiledóneas (hoja angosta y ancha respectivamente).
- Deben ser incorporados al suelo, natural o artificialmente, para efectuar su trabajo de remanencia herbicida.
- Todos, en mayor o menor grado, son adsorbidos por los coloides del suelo, razón por la cual son difícilmente lixiviados, permaneciendo activos en los primeros centímetros del suelo.
- Todos son finalmente degradados en el suelo a anhídrido carbónico y agua, principalmente por acción de los microorganismos.

- Son productos cuyas tensiones de vapor son relativamente bajas, por esa razón no están expuestos a una severa volatización.
- Todos ellos, a excepción de napropamida y en parte también trifluralina, no están expuestos a importantes pérdidas por fotodescomposición.
- A dosis altas, algunos de ellos pueden ser usados como "esterilizantes" temporales del suelo (desde el punto de vista herbicida). Es decir, pueden ser usados en sectores no cultivables para mantener un suelo libre de malezas por 12 meses o más.
- A pesar de que controlan una amplia gama de malezas, no todos presentan el mismo espectro de acción. Algunos como las triazinas, ureas y uracilos controlan fundamentalmente malezas dicotiledóneas anuales y otros como las amidas, dinitroanilinas y carbonatos, principalmente malezas gramíneas (Kogan, 1980).

2.3.2 Características químicas

| | |
|----------------------|--|
| Nombre común | : simazina |
| Nombre comercial | : Simazina 500F |
| Nombre químico | : 2-cloro-4,6 bis (etilamino)-s-triazina |
| Grupo | : Clorotriazinas |
| Estructura química : | |



| | |
|----------------|--|
| Solubilidad | : En agua a 20 grados celcius es de 3,5 a 5,0 p.p.m., adsorción en el suelo baja, lixiviación muy baja (Ciba Geigy 1980; Thomson, 1990; Ciba Geigy, 1993; Anasac, 1993). |
| Sintomatología | : Clorosis foliar, seguida de necrosis (muerte del follaje) y, finalmente, muerte de toda la planta. |

Observaciones : En general, las triazinas no son traslocadas ni absorbidas desde el follaje, con excepción de algunas, pero no simazina (Ciba Geigy, 1980).

2.3.3 Modo de acción

Simazina y las triazinas en general son absorbidas por las plantas por vía radicular, transportándose el xilema a las áreas verdes donde ejercen su acción, inhibiendo la reacción de Hill y bloqueando por lo tanto la fotosíntesis; también existe interferencia en la formación de almidón a causa de una defectuosa asimilación de ácido carbónico (Ciba Geigy, 1957, 1959, 1962, citados por Undurraga, 1970; Ciba Geigy, 1980).

2.4 Comportamiento del herbicida en la planta y el suelo

2.4.1 Comportamiento del herbicida en la planta

El comportamiento de los herbicidas en la planta puede variar según la especie, las condiciones del sitio, la dosis empleada y la época de aplicación. En general, los herbicidas han sido creados para alterar la división celular, elongación

celular y diferenciación de tejidos, así como para causar el deterioro celular y de tejidos. Esas alteraciones provocan inhibición del crecimiento, epinastía, defectos formativos, clorosis foliar, albinismo, necrosis y reducción de la formación de cutícula tanto como para provocar modificaciones en órganos y membranas (Ashton y Crafts, 1981).

Algunas plantas son capaces de detoxificar la simazina, otras, sin embargo, no logran romper la molécula de simazina o lo hacen tan lentamente que la planta muere (Valdés, 1980).

Una forma física de protección de las plantas contra la simazina es el sistema radical profundo, ya que simazina, generalmente, permanece cerca de la superficie del suelo (Valdés, 1980).

Ciertamente, la fotosíntesis es un proceso crítico y su interferencia tiene un profundo efecto sobre la continuidad del crecimiento y desarrollo de la planta. En la fotosíntesis, la reacción de Hill es el paso inicial, el cual puede controlar el curso del proceso completo. Una interferencia directa sobre la reacción de Hill podría regular o limitar los pasos secuenciales del proceso (Moreland y Hill, 1962).

Evidencia entregada por varios investigadores sugiere que la interferencia con la fotosíntesis es la causa del control de crecimiento de las s-triazinas. Moreland et al. (1958) y Exer (1958), citados por Moreland y Hill (1962), probaron que simazina inhibe la reacción de Hill en cloroplastos aislados.

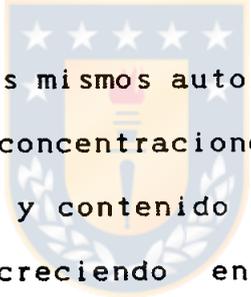
Se ha descubierto que simazina participa de alguna manera en procesos de síntesis de proteínas y otros relacionados con el contenido de nitrógeno.

Ries et al. (1963), determinaron que en árboles de durazno y manzano hubo un incremento en el crecimiento y en el contenido de nitrógeno de las hojas cuando se aplicó simazina en el control de malezas respecto del control, en el que se extrajeron las malezas en forma manual. Esto indica que el herbicida influye en el metabolismo del nitrógeno en esos árboles.

Singh y West (1967), determinaron que la presencia de simazina en las plantas provoca disminución en las cantidades de clorofila y proteínas de cloroplastos, asociado a una disminución en la incorporación de amino ácidos en los cloroplastos. Además, el contenido total de ácido desoxirribonucleico y su síntesis también se ven afectados por la

presencia de simazina en la planta. De esta manera, se plantea la posibilidad de que la fotosíntesis es inhibida por un efecto específico de la simazina sobre los cloroplastos.

Más tarde, Pulver y Ries (1973) determinaron, en experimentos con varias especies, que los contenidos de proteínas solubles en agua aumentaron al aplicar simazina en concentraciones micromolares, afectando positivamente el crecimiento de la planta.



Trabajos hechos por los mismos autores en maíz (*Zea mays L.*) revelaron que bajas concentraciones de simazina ($2 \cdot 10^{-6}$ M) aumentan el peso seco y contenido de nitrógeno sólo cuando las plantas están creciendo en condiciones de bajas concentraciones de nitrógeno y a temperaturas bajo las óptimas (15-20 °C). Simazina no alteró el crecimiento de la planta cuando el nitrógeno es abastecido como ión amonio.

El incremento en las proteínas va asociado a una disminución de carbohidratos solubles (Pulver y Ries, 1973).

El efecto de simazina en el peso seco o en el total de proteínas no es significativo (Pulver y Ries, 1973).

También se probaron bajas concentraciones de simazina en tres especies de granos, donde se obtuvo como resultado que simazina induce aumentos en el contenido total de nitrógeno, lo que está estrechamente relacionado con los incrementos de nitrato y agua. El efecto se manifestó como un aumento en el peso y contenido total de proteínas (Ries y Wert, 1972).

Basado en experimentos con plantas creciendo con concentraciones altas y bajas de fósforo, se ha sugerido que la exudación de las raíces puede ser un importante factor en la regulación de la capacidad de formación de micorrizas vesículo - arbuscular (VAM) en especies normalmente micorrizadas. Más tarde se informó que la simazina alteraba el contenido de amino ácidos y azúcar en raíces de varias especies de plantas. Si estos cambios en la composición de los extractos también se reflejan en cambios en los exudados de las raíces, las aplicaciones de simazina podrían estimular la formación de VAM en plantas normalmente no micorrizadas (Schwab et al. 1982).

Se ha determinado que la formación de ectomicorrizas aumenta con aplicaciones de simazina en dos especies de Pinos (Smith y Ferry, 1979).

Laiho y Mikola (1964) y Samoshkin et al. (1976), citados por

Trappe et al. (1984), determinaron que simazina aplicada en dosis de 1-12,5 kg/ha aumenta la formación de ectomicorrizas en *Picea abies*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Quercus robur*.

2.4.2 Comportamiento del herbicida en el suelo

El eficiente uso de los herbicidas, en tratamientos dirigidos al follaje o al suelo, requiere conocer el comportamiento de los productos en el suelo, especialmente aquellos procesos que controlan su actividad y persistencia.

Una vez aplicado el herbicida, éste se puede disipar desde el suelo por remoción física de las moléculas intactas o por degradación (Kogan, 1980). Los procesos involucrados en ellos se detallan a continuación:

- Remoción física :
- adsorción (suelo)
 - lixiviación (movimiento del herbicida)
 - evaporación (volatización)
 - absorción (planta)
- Degradación :
- descomposición microbiológica
 - fotodescomposición
 - descomposición química

Remoción física

Adsorción : Se produce por una reacción química eléctrica entre las superficies moleculares de los coloides del suelo y los compuestos o elementos químicos. Desde un punto de vista estricto no causa pérdida de herbicidas en el suelo; sin embargo, produce una disminución de la concentración del producto en la solución del suelo e influye en los otros procesos de disipación. La adsorción es el proceso que influye en mayor grado en el movimiento de los herbicidas en el suelo, regulando su disponibilidad para las plantas. La adsorción tiende a retardar la descomposición (Kogan et al. 1973; Kogan, 1980; Valdés, 1980).

Este proceso depende en gran medida de muchos factores que comprenden las condiciones físico-químicas del suelo y el herbicida, tales como textura, porosidad, aireación, humedad, temperatura, pH, solubilidad, presión de vapor, alcalinidad, etc. Por ejemplo, simazina es más fácilmente adsorbida en suelos con alto contenido de materia orgánica y/o arcillas (Kogan et al. 1973; Kogan, 1980; Valdés, 1980).

Lixiviación : Movimiento descendente de una sustancia en solución a través del suelo.

La cantidad y distancia del movimiento de los herbicidas en solución depende de muchos factores, incluidas las propiedades físico-químicas del suelo y de los herbicidas, solubilidad del herbicida en el agua, la cantidad, intensidad, duración y frecuencia de las lluvias o del riego y de las relaciones de adsorción entre el herbicida y el suelo. Estos factores interactúan directa o indirectamente en combinación con adsorción, desadsorción y solución de las moléculas de herbicida (Kogan et al. 1973; Kogan, 1980).

No obstante, se ha demostrado lo errado del concepto que correlaciona la solubilidad del producto con su capacidad de lixiviarse. Dubach, s/a, citado por Kogan et al. (1973), publica una tabla en la que se muestra la solubilidad y lixiviación relativa de algunos herbicidas (Apéndice 1), donde se puede observar que atrazina con una solubilidad en agua de 33 ppm (partes por millón) tiene una lixiviación relativa de 10 ppm; en cambio trifluralín, con una solubilidad en agua de 40 ppm posee una lixiviación relativa de 1 ppm.

La magnitud del movimiento de los herbicidas en el suelo está relacionado con el coeficiente de partición o de efectiva adsorción, definido como la relación entre la concentración de herbicida adsorbido y la de herbicida en fase líquida (Kogan et al. 1973; Kogan, 1980).

También se produce un movimiento ascendente de herbicidas disueltos como resultado de la gradiente producida por la evaporación del agua desde la superficie del suelo.

En menor grado, hay un movimiento lateral, que es controlado por las mismas leyes físicas y factores ambientales que determinan el movimiento capilar ascendente.

Evaporación : Los herbicidas pueden evaporarse y perderse hacia la atmósfera en forma de gases, los que pueden ser o no tóxicos para las plantas. La volatilidad es la tendencia de un material de cambiar a la forma gaseosa. Todos los herbicidas son en cierto grado volátiles, sin embargo, las pérdidas por ésta razón son consideradas de poca importancia relativa. No obstante, Valdés (1980) asegura que las pérdidas por evaporación han llegado a ser de 57 microgramos por centímetro cuadrado por hora, a 30 °C, de EPTC (altamente volátil) desde una superficie líquida, lo que puede fácilmente explicar la pérdida del herbicida y, bajo ciertas circunstancias, puede explicar las pérdidas con poco o nada de adsorción por el suelo.

La capacidad de evaporarse de un herbicida es directamente proporcional a su tensión de vapor, es así como productos con tensiones de vapor del orden de $1 \cdot 10^{-4}$ mm de Hg y mayores,

serán considerados como volátiles desde un punto de vista práctico, y aquellos con valores del orden de $1 \cdot 10^{-5}$ mm de Hg y menores serán considerados como no volátiles.

En general, las pérdidas son menores en las formulaciones granulares que en las líquidas. Las pérdidas por volatización son mayores en suelos húmedos que en secos, debido a la competencia entre el agua y el herbicida por los sitios de adsorción.

Otra forma de como un herbicida volátil puede perderse, es a través del agua que se evapora desde la superficie del suelo. Este proceso ha sido poco estudiado, pero puede ser de gran importancia, considerando las enormes cantidades de agua que se pierden por evaporación desde el suelo (Valdés, 1980).

Absorción : Los herbicidas pueden ser absorbidos por las plantas por vía radicular o por el follaje, dependiendo de el modo de aplicación, dosis, condiciones ambientales, características del herbicida y de los objetivos de la aplicación. La absorción puede prolongarse por un gran período de tiempo, dependiendo ésta de la permanencia del herbicida en el suelo y de la disponibilidad de éste para la planta.

Degradación

Descomposición microbiológica : Es el proceso que más influye en la degradación de los herbicidas en el suelo. Los microorganismos del suelo emplean todo tipo de sustancias orgánicas, incluidos los herbicidas orgánicos, para obtener la energía necesaria para desarrollarse. Ellos usan materia orgánica carbonatada a través de la respiración, donde el oxígeno es absorbido y CO_2 es desprendido, y en el proceso de nitrificación, donde las proteínas de la materia orgánica son descompuestas en materiales nitrogenados menos complejos (Valdés, 1980).

La descomposición microbiológica, directamente relacionada con el contenido de materia orgánica, influye en la toxicidad de los herbicidas. Es así como Rahman y Matthews (1979) determinaron que en trece triazinas probadas, los efectos tóxicos fueron más fuertes en suelos donde el contenido de materia orgánica fue menor.

Descomposición fotoquímica : Muchos herbicidas se descomponen al ser expuestos a la luz ultra violeta, aunque en la mayoría de los casos la tasa de descomposición máxima se produce en longitudes de onda más corta que las que llegan desde el sol. Es un proceso imposible de cuantificar a nivel de campo.

Diferentes autores han concluido que en los herbicidas adsorbidos o incorporados al suelo, la fotodescomposición es de mínima importancia (Kogan, 1980).

Descomposición química : La descomposición química puede involucrar procesos como: oxidación, reducción, hidrólisis e hidratación. Algunos herbicidas contienen grupos que son susceptibles de hidrolizarse. A pH bajos, los procesos de hidrólisis pueden ocurrir en forma significativa, no así a pH normal. Atrazina y otras triazinas sustituidas se hidrolizan en el suelo dando el hidroxianálogo correspondiente, que es un compuesto no tóxico (Kogan, 1980).

Khan y Marriage (1979), determinaron que hidroxisimazina se degradó más lentamente que simazina y sus residuos eran 40 veces más que los de simazina 30 meses después de la aplicación final. Además, establecen que los residuos, en ambos casos, se encontraron en los primeros 30 cm del suelo.

La descomposición química destruye y/o inactiva algunos herbicidas y activa otros.

2.5 Simazina y la contaminación

El problema de la contaminación de las aguas y la atmósfera es una de las consideraciones que se deben tener al pensar en el uso de los productos químicos. La simazina no está ajena a esto, así lo han demostrado algunos autores que han detectado simazina en el agua a 2 m de profundidad (Ehrig et al., 1991; Ritter, 1990) y en agua de pozo (Pickett et al., 1992; Gerbig, 1990).

Oberwalder et al. (1991), detectaron simazina y otros productos en aguas lluvia analizadas en Alemania en concentraciones que variaron de 0,5-3 g/ha. La contaminación de la lluvia era más alta al comienzo de ésta, y las concentraciones de pesticidas eran mayores cuando las precipitaciones eran más bajas.

III MATERIALES Y METODO

El estudio consistió en determinar si existe toxicidad del herbicida SIMAZINA 500F al ser aplicado en dosis crecientes a plantas de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus ssp globulus* en macetas; establecer cuales son los síntomas de la toxicidad y las dosis a las cuales el daño es significativo para esta situación.

3.1 Descripción del lugar del ensayo

El ensayo se realizó en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1993 en el vivero experimental que posee la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción en la ciudad de Chillán, VIII región de Chile.

El suelo que se usó pertenece a la serie de suelos Santa Bárbara que se trajo desde el fundo El Lavado de propiedad de la empresa Forestal y Agrícola Monteáguila S.A. Las características del suelo se detallan en el anexo 1.

El agroclima Chillán se encuentra en el Llano Central, desde la latitud 36°S, al norte de Linares, hasta los 38°40'S, al noroeste de Temuco. El régimen térmico de esta zona se

caracteriza por una temperatura media anual de 14,08 °C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 28,8 y una mínima media del mes más frío (julio) de 3,5 °C. El período libre de heladas aprovechable es de 5 meses, de noviembre a marzo. La temperatura media mensual se mantiene sobre los 8 °C, excepto en julio que es de 7,9 °C.

El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1.025 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso, con 217 mm. La lluvia de lixiviación alcanza a los 644 mm. La estación seca es de 4 meses, de diciembre a marzo inclusive (INIA, 1989).

3.2 Descripción del ensayo

El ensayo consta de 5 tratamientos a efectuar a cada especie, los que se diferencian entre sí por las dosis del herbicida que se les aplicará, más un tratamiento testigo para cada especie, al que no se le aplicó herbicida, sumando un total de 6 tratamientos en cada caso (Tabla 1).

Las plantas usadas, tanto las de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* como las de *Eucalyptus nitens*, fueron aportadas por la Empresa Forestal Millalemu S.A. del vivero San Isidro ubicado en la comuna de Bulnes, VIII región.

Tabla 1. DOSIS DE SIMAZINA 500F APLICADA A CADA TRATAMIENTO

| Tratamiento | Dosis (ppm) | Dosis (l i.a./ha) |
|---------------|-------------|-------------------|
| Trat. testigo | 0 | 0 |
| Tratamiento 1 | 3 | 2 |
| Tratamiento 2 | 6 | 4 |
| Tratamiento 3 | 10 | 6,8 |
| Tratamiento 4 | 13 | 8,8 |
| Tratamiento 5 | 16 | 10,8 |

El herbicida utilizado en el ensayo es Simazina 500F, cuyas características se especifican en el punto 2.3 del capítulo anterior, fue aportado por ANASAC S.A., Chillán.

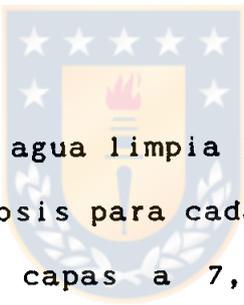
Las macetas que se utilizaron para poner las plantas durante el ensayo tienen una capacidad de 1.000 c.c. de suelo, equivalente a un peso aproximado de 760 g de suelo. Son plásticas y pesan aproximadamente 20,0 g cada una.

Ambas especies se trataron por separado durante el ensayo y en la evaluación.

Se usaron 10 plantas por tratamiento, a las cuales se les

aplicó en forma simultánea las diferentes dosis del herbicida a la mezcla de suelo, la que fue homogénea para todos los tratamientos, regulando así cualquier factor externo que pudiera provocar diferencias entre ellos.

El suelo se secó en las estufas que posee el laboratorio de semillas de la universidad, hasta que no se observaron diferencias de peso entre las muestras tomadas, así fue posible realizar la aplicación del herbicida a un peso de suelo determinado.



Se diluyó en 200 ml de agua limpia los volúmenes de simazina calculados según las dosis para cada tratamiento, las que se fueron aplicando por capas a 7,5 kg de suelo en cada oportunidad con un equipo aspersor manual. El suelo se revolvió en forma manual a medida que se efectuaban las aplicaciones de tal forma que el herbicida quedara lo más homogéneamente posible distribuido en el suelo. Posteriormente a cada aplicación por tratamiento, se procedió al llenado de las macetas con la mezcla de suelo y herbicida. Cada maceta contiene aproximadamente 750 g de la mezcla.

Luego de llenadas las macetas, se colocó las plantas en ellas, eligiendo de manera totalmente aleatoria aquéllas que ocuparían los distintos tratamientos.

Una vez preparadas las macetas con las plantas y las diferentes dosis de simazina, éstas fueron trasladadas hasta el vivero, donde se ubicaron sobre un mesón a una altura aproximada de 1,1 m del suelo. Se protegieron en forma parcial con una malla plástica para disminuir los efectos de los factores externos como luz, viento, temperatura, etc.

El riego al que fueron sometidas las plantas fue relativo en cuanto a la periodicidad, ya que las condiciones ambientales a las que estaban expuestas las plantas variaban mucho de un día a otro, efectuándose riego, en algunas ocasiones, todos los días, cada dos e incluso cada tres días. El volumen de agua con que se regaba fue constante durante el transcurso del ensayo, para todos los tratamientos (150 ml/maceta).

Se hicieron observaciones diarias del estado de las plantas tomando nota de cualquier cambio que pudiera provocar el herbicida aplicado.

Tres meses más tarde, se comenzó a sacar las plantas para ser llevadas al laboratorio y así evaluar los resultados a través de mediciones del área foliar, peso seco, diámetro del tallo y altura total de las plantas.

3.3 Metodología de análisis

El peso seco de las hojas (PSH), tallo (PST), raíces (PSR) y de la planta completa (PSP), además del área foliar (AF), altura (H) y diámetro del tallo (D) de las plantas son las variables que se emplearon para comparar el efecto de la aplicación del herbicida simazina en distintas dosis en *Eucalyptus globulus ssp globulus* y *Eucalyptus nitens* con el tratamiento testigo (sin aplicación del herbicida).

Los valores promedios de las variables y los tratamientos se sometieron a un Análisis de Varianza con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas. Para esto, se usó el método descrito por Stell y Torrie (1985) de las Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

Un parámetro biológico muy utilizado para representar los daños es el índice de severidad estimada (ISE), el que se obtiene a partir de la calificación de las plantas tratadas de acuerdo al daño visual que presenten. Para la calificación se usa una escala que va desde el valor 0 (sin daño visual) hasta 9 (planta muerta) (Tabla 2). El ISE representa el grado de severidad del daño provocado por el agente patógeno, y se calcula mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$ISE = \text{SUM} (P_i * n_i) / N$$

donde:

ISE = Índice de severidad estimada

P_i = categoría de daño (0-1-2-3-4-5-6-7-8-9)

n_i = número de plantas por categoría

N = Número total de plantas

Tabla 2. ESCALA UTILIZADA PARA CALIFICAR LA RESPUESTA DE LAS PLANTAS A LA APLICACION DE SIMAZINA SEGUN EL DAÑO VISUAL PRESENTADO.

| CATEGORIA | CARACTERISTICA |
|-----------|--|
| 0 | Sin daño |
| 1 | Menos de 10% de las hojas con clorosis |
| 2 | Entre 10 y 25% de las hojas con clorosis |
| 3 | Entre 25 y 50% de las hojas con clorosis |
| 4 | Más de 50% de las hojas con clorosis |
| 5 | Menos de 10% de las hojas con necrosis |
| 6 | Entre 10 y 25% de las hojas con necrosis |
| 7 | Entre 25 y 50% de las hojas con necrosis |
| 8 | Más de 50% de las hojas con necrosis |
| 9 | Planta totalmente muerta |

Observación : Si alguna planta presenta clorosis y necrosis a la vez, la categoría será la correspondiente al porcentaje de necrosis en la escala de calificación.

IV RESULTADO Y DISCUSION

Los resultados del ensayo se presentan en la tabla 3, que entrega los valores medios de las variables empleadas para el análisis de cada uno de los tratamientos. Es posible observar que existen diferencias muy amplias entre los valores medidos al testigo y los medidos a los demás tratamientos en todas las variables, lo que hace pensar que cualquiera de las dosis usadas de simazina aplicadas de esta forma a las plantas, provoca un grado de toxicidad aparentemente severo.

La significancia de las diferencias entre los tratamientos se estableció mediante el análisis de varianza de cada una de las variables analizadas. Los valores de F calculados se entregan en el anexo 2. En todos los casos, la hipótesis nula de igualdad de medias se rechaza, por lo tanto es posible asegurar que el factor herbicida provoca diferencias considerables en la respuesta de los tratamientos.

Las diferencias entre los valores medios del testigo y los demás tratamientos, junto a los valores calculados DMS para un 5% y un 1% de significancia, se presentan en la tabla 4.

TABLA 3. VALORES MEDIOS PARA LAS VARIABLES PESO SECO HOJAS (PSH), PESO SECO TALLO (PST), PESO SECO RAICES (PSR), PESO SECO PLANTA (PSP), AREA FOLIAR PLANTA (AF), ALTURA PLANTA (H) y DIAMETRO TALLO (D) PARA *E. nitens* y *E. globulus*.

E. nitens

| | Trat T | Trat 1 | Trat 2 | Trat 3 | Trat 4 | Trat 5 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PSH (g) | 6,28 | 3,62 | 2,35 | 1,70 | 1,36 | 1,01 |
| PST (g) | 2,66 | 1,58 | 1,01 | 0,77 | 0,59 | 0,57 |
| PSR (g) | 5,09 | 2,30 | 0,98 | 0,58 | 0,52 | 0,48 |
| PSP (g) | 14,03 | 7,50 | 4,35 | 3,05 | 2,47 | 2,07 |
| AF (cm ²) | 648,50 | 440,40 | 327,58 | 159,62 | 108,72 | 81,58 |
| H (cm) | 48,00 | 43,60 | 41,70 | 29,20 | 23,70 | 23,10 |
| D (mm) | 5,30 | 4,00 | 3,31 | 2,97 | 2,62 | 2,56 |

E. globulus

| | Trat T | Trat 1 | Trat 2 | Trat 3 | Trat 4 | Trat 5 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PSH (g) | 4,64 | 2,52 | 1,91 | 0,98 | 0,75 | 0,67 |
| PST (g) | 2,27 | 1,47 | 1,14 | 0,83 | 0,72 | 0,62 |
| PSR (g) | 4,31 | 1,81 | 1,04 | 0,75 | 0,54 | 0,49 |
| PSP (g) | 11,23 | 5,79 | 4,09 | 2,56 | 2,01 | 1,79 |
| AF (cm ²) | 556,87 | 381,46 | 242,75 | 73,98 | 54,37 | 31,05 |
| H (cm) | 48,50 | 41,80 | 42,70 | 28,20 | 27,80 | 25,60 |
| D (mm) | 5,00 | 3,80 | 3,30 | 2,88 | 2,58 | 2,55 |

TABLA 4. DIFERENCIAS MINIMAS SIGNIFICATIVAS (DMS) PARA UN NIVEL DE CONFIANZA DE 5% y 1% ENTRE EL TRATAMIENTO TESTIGO Y LOS DEMAS TRATAMIENTOS PARA CADA VARIABLE Y SEGUN LA ESPECIE.

E. nitens

| | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|-----|-----------------|
| PSH | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 0,79 |
| Tt | 2,66 | 3,99 | 4,58 | 4,92 | 5,2 | DMS (1%) = 1,06 |

| | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|-----------------|
| PST | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 0,35 |
| Tt | 1,08 | 1,65 | 1,89 | 2,07 | 2,09 | DMS (1%) = 0,46 |

| | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|-----------------|
| PSR | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 0,77 |
| Tt | 2,79 | 4,11 | 4,51 | 4,57 | 4,61 | DMS (1%) = 1,03 |

| | | | | | | |
|-----|------|------|-------|-------|-------|-----------------|
| PSP | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 1,6 |
| Tt | 6,53 | 9,68 | 10,98 | 11,56 | 11,96 | DMS (1%) = 2,13 |

| | | | | | | |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| AF | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 66,8 |
| Tt | 208,1 | 320,92 | 488,88 | 539,78 | 566,92 | DMS (1%) = 89,0 |

| | | | | | | |
|----|------|-----|------|------|------|-----------------|
| H | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 3,7 |
| Tt | 4,4* | 6,3 | 18,8 | 24,3 | 24,9 | DMS (1%) = 4,92 |

| | | | | | | |
|----|-----|------|------|------|------|-----------------|
| D | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 0,47 |
| Tt | 1,3 | 1,79 | 2,33 | 2,68 | 2,74 | DMS (1%) = 0,62 |

continuación tabla Nº 4

E. globulus

| | | | | | | |
|-----|----|--------|--------|--------|-------|-------------------------------------|
| PSH | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 0,6 DMS (1%) = 0,8 |
| | Tt | 2,12 | 2,73 | 3,66 | 3,89 | |
| PST | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 0,36 DMS (1%) = 0,48 |
| | Tt | 0,8 | 1,13 | 1,44 | 1,55 | |
| PSR | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 0,63 DMS (1%) = 0,84 |
| | Tt | 2,5 | 3,27 | 3,56 | 3,77 | |
| PSP | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 1,46 DMS (1%) = 1,94 |
| | Tt | 5,44 | 7,14 | 8,67 | 9,22 | |
| AF | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 96,2 DMS (1%) = 128,2 |
| | Tt | 175,41 | 314,12 | 482,89 | 502,5 | |
| H | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 5,74 DMS (1%) = 7,64 |
| | Tt | 6,7* | 5,8* | 20,3 | 20,7 | |
| D | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | DMS (5%) = 0,45 DMS (1%) = 0,6 |
| | Tt | 1,2 | 1,7 | 2,12 | 2,42 | |

* Diferencia no significativa para un 1% de confianza

En todos los casos las diferencias entre el tratamiento testigo y los demás tratamientos fueron altamente significativas, con excepción de lo obtenido en los tratamientos con dosis de 3 ppm en nitens (T1n), 3 ppm en globulus (T1g) y 6 ppm en globulus (T2g), de la variable *altura total de las plantas*, cuyas diferencias no fueron significativas para un nivel de confianza de 1%. Esa situación, en la variable altura, se podría explicar basándose en estudios hechos por Ries et al. (1963), en los que se concluye que simazina influye en el metabolismo del nitrógeno al observar incrementos en el crecimiento de los árboles y en el contenido de nitrógeno de las hojas en duraznos y manzanos.

Las plantas del tratamiento testigo para ambas especies (Ttn y Ttg), presentaron un perfecto estado de desarrollo, tanto la parte aérea como el sistema radical (Figura 1).

Para la dosis 3 ppm en nitens (T1n), las plantas presentan un sistema radical menos desarrollado, 5 de ellas muestran clorosis foliar entre un 10 y 25% de sus hojas, especialmente en el tercio más alto de la planta, y por el margen de las hoja. 2 plantas mostraron clorosis en casi un 50% de sus hojas más nuevas y en toda la superficie de ellas. Solo hubo

tres plantas sin signos de daño.

Con 3 ppm en *E. globulus* (T1g), hay tres plantas muertas, 5 que muestran clorosis en menos de un 10% de sus hojas y 2 con casi un 50% de sus hojas con clorosis. El sistema radical está menos desarrollado que en el testigo, sin embargo, la presencia de raicillas ha aumentado, presentando un sistema radical más fibroso.

Con dosis de 6 ppm en *E. nitens* (T2n), hay 6 plantas con casi un 50% de sus hojas con clorosis, 3 con 10 a 25% de hojas con clorosis y 1 planta totalmente sana. Las plantas en todos los casos presentan un sistema radical más fibroso, pero de menor peso seco que en los casos anteriores.

El mismo tratamiento en *E. globulus* (T2g) presenta 5 plantas muertas tanto en su parte aérea como subterránea y las 5 plantas restantes poseen más de un 50% de sus hojas con clorosis y parte de su sistema radical con necrosis.

Con dosis de 10 ppm en *E. nitens* (T3n), 3 de las diez plantas están muertas, 5 presentan más de un 50% de sus hojas con necrosis y 2 con clorosis en parte de sus hojas. En las plantas vivas se observó un sistema radical poco

desarrollado, sin raicillas y más rígido. Al igual que en todos los casos anteriores, la clorosis se inicia en los márgenes de la hoja y en aquellas ubicadas en el tercio superior, es decir, en las hojas más nuevas, para alcanzar posteriormente la parte media e inferior de ella.

Para *E. globulus* (T3g), hay ocho plantas muertas y las dos restantes con más de un 25% de sus hojas con necrosis. El sistema radical muy poco desarrollado, poco poblado con presencia sólo de la raíz principal y muy pocas raicillas.

En el tratamiento T4n (13 ppm en *E. nitens*), sólo 2 plantas están vivas y presentan más de un 50% de sus hojas con necrosis. El sistema radical de ellas está muy poco desarrollado, muy rígido y sin raicillas.

Con dosis de 13 ppm en *E. globulus* (T4g) y 16 ppm en ambas especies (T5n y T5g), todas las plantas están muertas, tanto su parte aérea como la subterránea, presentando diferencias muy considerables en altura y diámetro respecto de los tratamientos anteriores. Su sistema radical está pobremente desarrollado y totalmente necroso. La pérdida del follaje es total.

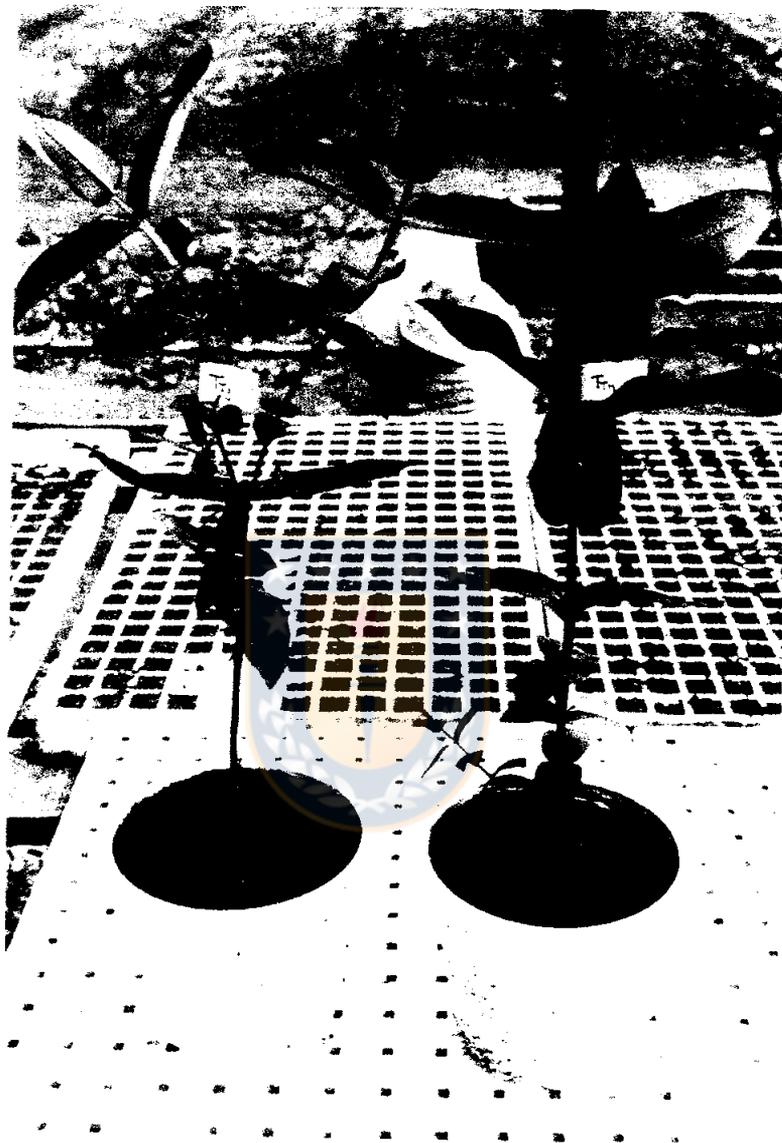


FIGURA 1 Plantas del los tratamientos testigo de *Eucalyptus globulus* (izquierda) y *Eucalyptus nitens* (derecha) al tercer mes de iniciado el ensayo.

El peso seco de las raíces (PSR) presentó claras diferencias entre los tratamientos testigo (Ttg y Ttn) en ambas especies respecto de los demás tratamientos, observándose para los testigos raíces más suculentas, más largas y menos rígidas (Figuras 2-a y 2-b). Sin embargo, las plantas que fueron sometidas a dosis de 3 y 6 ppm, en ambas especies, evidenciaron un sistema radical más fibroso, con mayor presencia de raicillas, pero con menor peso seco respecto de los testigos. Cuando las dosis fueron igual y superior a 13 ppm en las dos especies, el crecimiento radical se inhibe.

Algunos de los síntomas observados en las plantas durante el transcurso del ensayo se muestran en las figuras 3, 4 y 5.

El índice de severidad estimado (I.S.E) se calculó para evaluar los daños visuales que presentan las plantas y determinar la severidad o grado medio del problema y así poder evidenciar, desde otro punto de vista, la respuesta de las plantas a la acción de simazina respecto de los testigos.

Los valores calculados del I.S.E. para cada tratamiento representan el grado medio del problema o severidad del daño en términos de los valores dentro de la escala de calificación. Por ejemplo, para *E. nitens* en el T1 la

severidad del daño se ubica entre los valores 1 y 2 (1,6) de la escala de calificación, es decir, entre plantas que presentan menos de un 10% de sus hojas con clorosis y las que tienen de 10 a 25% de sus hojas con clorosis (Tabla 2).

Los resultados obtenidos para el cálculo del índice de severidad estimado son:

Eucalyptus nitens

| | Tt | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| I.S.E | 0 | 1,6 | 2,4 | 7,1 | 8,8 | 9,0 |

Eucalyptus globulus ssp globulus

| | Tt | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| I.S.E | 0 | 1,1 | 6,5 | 8,7 | 9,0 | 9,0 |

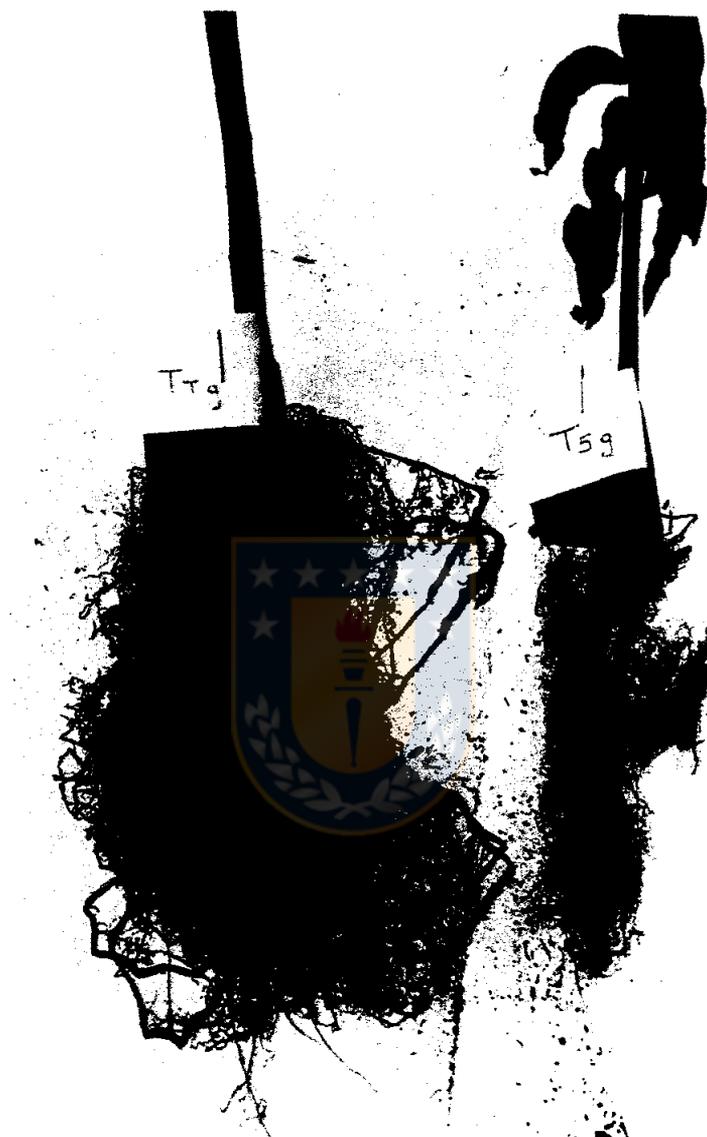


FIGURA 2-a Raíces del testigo (izquierda) v/s raíces del tratamiento con dosis de 16 ppm (derecha) en plantas de *Eucalyptus globulus*.



FIGURA 2-b Raíces del testigo (izquierda) v/s raíces del tratamiento con dosis de 16 ppm (derecha) en plantas de *Eucalyptus nitens*.



Figura 3 Necrosis en *E. globulus* a la 6ª semana de iniciado el ensayo. Dosis de 16 ppm (tratamiento T5g).



Figura 4 Necrosis en *E. nitens* a la 6ª semana de iniciado el ensayo. Dosis de 16 ppm (tratamiento T5n).



Figura 5 Hojas de *E. nitens* del tratamiento con dosis de 10 ppm a la 6ª semana de iniciado el ensayo.

V CONCLUSIONES

1) El herbicida Simazina 500F, cuyo ingrediente activo es simazina al 50%, es tóxico al ser aplicado en maceta al alcance de las raíces de las plantas de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus ssp. globulus*.

2) Todas las dosis de simazina usadas en el ensayo causaron toxicidad en las dos especies del género *Eucalyptus* tratadas.

3) La altura total de las plantas es la variable que menos se vió afectada por la toxicidad provocada por el herbicida sobre las plantas de ambas especies.

4) El peso seco de las raíces, en ambas especies, es la variable que experimentó las mayores diferencias respecto del tratamiento que tenía las dosis más bajas y es, por lo tanto, la que más se ve afectada por la toxicidad del herbicida.

5) Los síntomas de la toxicidad, tanto para las plantas de *E. nitens* como para las de *E. globulus ssp. globulus*, son los siguientes:

- clorosis foliar en los márgenes de la hoja para cubrir posteriormente toda su superficie, y en un principio en las hojas del tercio superior de la planta para avanzar rápidamente hacia las hojas de la porción más baja de ella,
- necrosis foliar y de tallo que se inicia en los márgenes de la hoja y en la porción más alta de la planta,
- pérdida del follaje y
- muerte total de la planta.

En general, el sistema radical está poco desarrollado y posiblemente más fibroso si las dosis no son muy tóxicas.

6) El desarrollo del sistema radical se inhibe a dosis superiores a 13 ppm y en dosis menores (3 y 6 ppm) presenta más raíces laterales primarias y secundarias o fibrosidad. En el tratamiento testigo, el sistema radical es más suculento, menos rígido y con raíces más largas.

VI RESUMEN

En el mes de septiembre del año 1993 en la Universidad de Concepción, Chillán, se estableció el ensayo en el que se probó el efecto de la aplicación de 5 dosis distintas del herbicida simazina (Simazina 500F) en plantas de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* y *Eucalyptus nitens* en macetas. Las dosis que se aplicaron fueron de 3, 6, 10, 13 y 16 ppm más un tratamiento testigo (sin aplicación) para cada especie, sumando un total de 12 tratamientos.

Todas las dosis aplicadas fueron tóxicas en ambas especies, provocando diferencias altamente significativas en todas las variables analizadas, con excepción de la altura, donde las diferencias fueron significativas.

Los síntomas observados, en orden de ocurrencia, fueron los siguientes: clorosis foliar iniciada en el margen de la hoja y en el tercio superior de la planta para luego cubrirla totalmente, necrosis foliar, pérdida del follaje y finalmente muerte total de la planta.

SUMMARY

In September, 1993, at the Universidad de Concepción, Chillán city, it was carried out the essay that proved the effect of the application of five different doses of the simazine herbicide, in bunches *Eucalyptus globulus ssp. globulus* and *Eucalyptus nitens* plants. The doses that were applied were of 3, 6, 10, 13 and 16 ppm plus a check treatment (without application), with a total of 12 treatments.

In all the treatments, comparing with the check treatment, the toxic effect of the herbicide was statistically significant. The development of the plants was seriously affected by the application of simazine at the root level in both species, although *E. globulus* proved to be a little bit more sensitive to the herbicide.

The observed symptoms were the following:

- foliar chlorosis on the superior third of the plant, to reach later on its lower part.
- foliar necrosis that starts also on the upper part of the plant, to reach then the low part of the plant and finally all the plant.
- complete death of the plant.

VII BIBLIOGRAFIA

1. **ANASAC.** 1993. Manual de plagicidas. Santiago. Chile.
2. **Ashton, F. M. y Crafts, A. S.** 1981. Mode of action of Herbicides. A Wiley-Intersc. Publ. New York, USA.
3. **Avilés, B. E.** 1984. Utilización de triazinas y herbicidas de contacto en vivero de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don). Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. For. Valdivia, Chile.
4. **Avilés, B. E.** 1985. Efecto de combinación de herbicidas de contacto y suelo-activo en vivero de pino insigne, *Pinus radiata* D. Don. *Pinus radiata* Investigación en Chile. Fac. de Cs. For. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 140-150p.
5. **Barros, S.** 1989. *EUCALYPTUS*. Principios de Silvicultura y Manejo. Capítulos I, II, III. INFOR-CORFO. Santiago, Chile.
6. **Carrasco, P. y Millán, J.** 1990. Proyecto Suelos Forestales de la VIII Región. Informe final. Ministerio de Agricultura. Fondo de Investigación Agropecuaria.

Universidad de Concepción. Dpto. de Cs. For. Chillán,
Chile.

7. **CIBA-GEIGY**. 1980. Protección de las plantas. Productos fitosanitarios. Doc. inform. 3ª ed. Ciba-Geigy S.A., Basilea, Suiza.
8. **CIBA-GEIGY** 1993. Protección al Hombre y la naturaleza. Guía de productos, recomendaciones y usos. Ciba-Geigy S.A. div. agrícola. Santiago, Chile.
9. **Ehrig, C., Muller-Wegener, U., Ahlsdorf, B. y Schimdt, R.** 1991. Entry of Pesticides into Rainwater. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*. 66 (1): 291-294; 1 ref.
10. **Fagg, P. C.** 1988. Weed control techniques for the establishment of *Eucalyptus regnans* plantations on pasture sites. *Aust. For.* 51 (1), 28-38.
11. **Gerbig, D. R.** 1990. Prevention of Point Source Pesticide Contamination. Keys to Our Future: Combining the Basics with New Technology. Hawaiian Sugar Technologists 48th Annual Conference Reports,

Honolulu, Hawaii, USA, 1989. 1990, A52-A54. Aiea.
Hawaii, USA.

12. **INFOR.** 1993. Estadísticas Forestales 1993. Boletín Estadístico Nº 35. INFOR-CORFO. Santiago, Chile.
13. **INIA.** 1989. Mapa agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
14. **Khan, S. U. y Marriage, P. B.** 1979. Residues of Simazine and Hidroxysimazine in an Orchard Soil. *Weed Sc.* 27 (2): 238-241.
15. **Kogan, M. A., Lazen, S. R. y Fernández, C. R.** 1973. Principios de control químico de malezas en huertos frutales. Universidad de Chile. Fac. de Agr. Santiago, Chile.
16. **Kogan, M. A.** 1980. Manejo del suelo y el control de las malezas en huertos frutales. Universidad de Chile. Fac. de Agr. Santiago, Chile.
17. **Kogan, M. A.** 1992. Malezas: ecofisiología y estrategias

de control. Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Fac. de Agr. Santiago, Chile.

18. **Moreland, D. E. y Hill, K. L.** 1962. Interference of Herbicides with the Hill Reaction of Isolated Chloroplasts. *Weeds* 10 (3): 229-235.
19. **Oberwalder, C., Giessl, H., Irion, L., Kirchhoff, J. y Hurle, K.** 1991. Pesticides in Rainwater. *Nachrichtenblatt Deutschen Pflanzenschutzdienstes*. 43 (9): 185-191; 21 ref.
20. **Peñaloza, R. W.** 1967. Control de malezas en viveros forestales mediante el empleo de herbicidas. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. For. Valdivia, Chile.
21. **Peñaloza, R. W.** 1968. Triazinas y carbón vegetal para el control de malezas en viveros forestales. Public. científicas de la Universidad Austral de Chile. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. For. Valdivia. Chile.

22. **Pickett, C. H., Hawkins, L. S., Pehrson, J. E. y O'connel, N. V.** 1992. Irrigation Practices, Herbicides Use and Ground Water Contamination in Citrus. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 41 (1): 1-17; 35 ref.
23. **Prado, J. A. y Rojas, J.** 1987. Establecimiento del eucalipto. Preparación del sitio y fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal* 1 (1): 17-27. INFOR. Chile.
24. **Prado, J. A.** 1989. *EUCALYPTUS. Principios de Silvicultura y Manejo*. Capítulo VII. INFOR-CORFO. Santiago, Chile.
25. **PRINCIPLES OF WEED CONTROL.** 1978. Cooperative Extension Service. College of Agriculture. Washington State University. Washington, USA.
26. **Pulver, E, L. y Ries, S. K.** 1973. Action of Simazine in Increasing Plant Protein Content. *Weed Sc.* 21 (3): 233-236.

27. **Rahman, A. y Matthews, L. J.** 1979. Effect of Soil Organic Matter on the Phytotoxicity of Thirteen s-Triazine Herbicides. *Weed Sc.* 27 (2): 158-161.
28. **Ries, S. K., Larsen, R. P. y Kenworthy, A. L.** 1963. The Apparent Influence of Simazine on Nitrogen Nutrition of Peach and Apple Trees. *Weeds* 11 (4): 270-273.
29. **Ries, S. K. y Wert, V.** 1972. Simazine-Induced Nitrate Absorption Related to Plant Protein Content. *Weed Sc.* 20 (6): 569-572.
30. **Ritter, W. F.** 1990. Pesticide contamination of ground water in the United States - a review. *Jour. of Env. Sc. and Health. Part B, Pesticides, Food contaminants, and agricultural Wastes* 25 (1): 1-29
31. **Robbins, W. W., Crafts, A. S. y Raynor, R. N.** 1955. *Destrucción de Malas Hierbas*. 1ª ed. en español. México.
32. **Schwab, S. M., Johnson, E. L. V. y Menge, J. A.** 1982. Influence of Simazine on Formation of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizea in *Chenopodium quinona* Willd.

Plant and Soil 64 (2): 283-287.

33. **Singh, R. P. y West, S. H.** 1967. Influence of Simazine on Chloroplast Ribonucleic Acid, and Protein Metabolism. *Weeds* 15 (1): 31-34.
34. **Smith, J. R. y Ferry, B. W.** 1979. The Effects of Simazine, Applied for Weed Control, on the Mycorrhizal Development of Pinus Seedlings. *Ann. Bot.* 43 (1): 93-99.
35. **Stell, R. G. D. y Torrie, J. H.** 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 1ª ed. en español. Bogotá, Colombia.
36. **Thomson, W. T.** 1990. *Agricultural Chemicals. Book II Herbicides*. Thomson publications. P.O. Box 9335. Fresno. California, USA.
37. **Trappe, J. M., Molina, R. y Castellano, M.** 1984. Reactions of Mycorrhizal Fungi and Micorrhiza Formation to Pesticides. *Ann. Rev. Phytopathol.* 22: 331-359.

38. **Undurraga, C. R.** 1970. Control de malezas con triazinas en siembras de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco var. *Viridis*) . Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. For. Valdivia, Chile.
39. **Valdés, R.** 1980. Control de Malezas. 2ª ed. Pontificia Universidad Católica de Chile. Fac. de Agr. Santiago, Chile.
40. **Valdés, R. y Rojas, G.** 1982. Clave de Herbicidas y Recomendaciones de Usos. Pontificia Universidad Católica de Chile. Fac. de Agr. Santiago, Chile.
41. **White, D. E. y Newton, M.** 1990. Herbaceous Weed Control in Young Conifer Plantations with Formulations of Nitrogen and Simazine. Can. Jour. of For. Res. 20 (11): 1685-1689.
42. **Wrann, J. e Infante, P.** 1988. Métodos para el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* en la zona árida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 2 (3): 13-25. INFOR. Chile.

APENDICE

TABLA 1 A SOLUBILIDAD EN AGUA Y LIXIVIACION RELATIVA DE
ALGUNOS HERBICIDAS.

| Herbicida | Solubilidad (ppm) | Lixiviación relativa |
|-------------|----------------------|-------------------------|
| Simazina | 5 | 5 |
| Atrazina | 33 | 10 |
| Trifluralín | 40 | 1 |
| Diuron | 42 | 2 |
| Prometrina | 48 | 4 |
| Fluometuron | 90 | 11 |
| Terbacil | 710 | 16 |
| Bromacil | 815 | 15 |

Extraído de Kogan et al. (1973), Principios de Control Químico de malezas en huertos frutales. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile.

ANEXO 1

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO USADO EN EL ENSAYO

| | | |
|--|---|----------------|
| TEXTURA USDA | : | FRANCO LIMOSO |
| SISTEMA USDA | | ARENA 33,59% |
| | | LIMO 52,96% |
| | | ARCILLA 13,45% |
| DENSIDAD APARENTE (g/cm ³) | : | 0,76 |
| CAPACIDAD DE CAMPO (%) | : | 62,38 |
| PTO. MARCHITEZ PERMANENTE (%) | : | 36,61 |
| POROSIDAD CAPILAR (%) | : | 62,38 |
| POROSIDAD NO CAPILAR (%) | : | 9,39 |
| POROSIDAD TOTAL (%) | : | 71,39 |

(Carrasco, P. y Millán, J., 1990).

ANEXO 2

TABLA 1 B VALORES DE F CALCULADOS EN LOS ANALISIS DE
 VARIANZA DE LAS DISTINTAS VARIABLES ANALIZADAS
 PARA *E. nitens* y *E. globulus ssp. globulus*.

A *E. nitens*

| | PSH | PST | PSR | PSP | AF | H | D |
|-------------------|-------|--|-------|-------|-------|------|-------|
| F Calc | 49,25 | 42,65 | 44,83 | 65,72 | 88,51 | 69,7 | 40,24 |
| F Tabla | 2,384 |  | | | | | |
| Grado de Libertad | 5,54 | | | | | | |

B *E. globulus*

| | PSH | PST | PSR | PSP | AF | H | D |
|-------------------|-------|--|-------|-------|-------|------|-------|
| F Calc. | 51,23 | 24,01 | 43,41 | 48,70 | 37,71 | 22,9 | 34,55 |
| F Tabla | 2,384 |  | | | | | |
| Grado de Libertad | 5,54 | | | | | | |