

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO SILVICULTURA

APLICACION DE PESTICIDAS Y FERTILIZANTES,  
EN PLANTACIONES FORESTALES Y SU  
INFLUENCIA EN LA CONTAMINACION  
DEL RECURSO HIDRICO



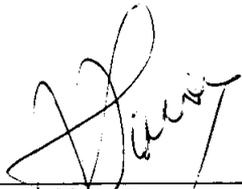
MEMORIA PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO  
FORESTAL

CONCEPCION-CHILE

1998

**APLICACION DE PESTICIDAS Y FERTILIZANTES,  
EN PLANTACIONES FORESTALES Y SU  
INFLUENCIA EN LA CONTAMINACION  
DEL RECURSO HIDRICO**

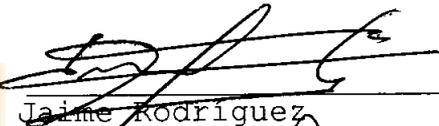
Profesor Asesor




---

Claudio Zaror  
Ingeniero Civil  
Químico, Ph.D.

Profesor Asesor




---

Jaime Rodríguez  
Profesor Asistente  
Químico Analista, Doctor  
en Ciencias

Director Departamento  
Silvicultura




---

Eduardo Peña Fernández  
Profesor Asistente  
Ingeniero Forestal, M.Sc.

Decano Facultad de  
Ciencias Forestales




---

Jaime García Sandoval  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

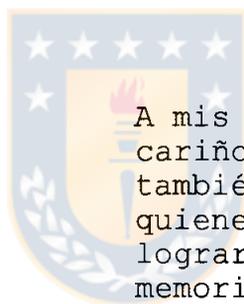
Claudio Zaror : Ochenta y dos puntos

Jaime Rodríguez: Ochenta y dos puntos

## **Agradecimientos**

- Agradezco el permanente apoyo de mi profesor asesor Don Claudio Zaror, quien me aportó con su vasta experiencia y permanente apoyo durante el desarrollo de esta investigación.
- Agradezco a Don Jaime Rodríguez por entregarme una mirada crítica que permitiera el logro de mis objetivos.
- Agradezco por último a todas las personas que de una forma u otra me aportaron en la realización de mi memoria.





A mis padres por su constante cariño y confianza, como así también a Cecilia y Hernan quienes gracias a su apoyo lograron la realización de mi memoria.

A Perlita por su amor, ayuda y supervisión.

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION .....	1
1.1 Control de la competencia existente.....	3
1.2 Contaminación por pesticidas.....	5
1.3 Contaminación de las aguas.....	5
1.4 Fuentes de contaminación.....	6
1.5 Mecanismos que determinan la persistencia de los pesticidas.....	7
1.6 Efecto de la contaminación por pesticidas..	10
1.7 Aplicación de nutrientes.....	12
1.8 Contaminación acuática.....	13
II METODOLOGIA .....	21
2.1 Descripción del estudio.....	21
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
3.1 Aplicación de pesticidas y nutrientes... 22	
3.1.1 Establecimiento de viveros.....	26
3.1.2 Establecimiento de plantaciones.....	27
3.2 Contaminación del recurso hídrico.....	29

3.2.1 Contaminación con pesticidas.....	29
3.2.2 Contaminación por aplicación de nutrientes.....	31
3.2.2.1 Eutroficación.....	31
3.2.2.2 Contaminación con nitratos.....	32
IV CONCLUSIONES.....	34
V RESUMEN .....	36
VI SUMMARY .....	38
VII BIBLIOGRAFIA .....	40
VIII ANEXO .....	42



## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Fertilización forestal.....	28
2	Aplicación de fertilizantes según época estacional.....	28
<u>En el anexo</u>		
1 A	Características de pesticidas usados en la VIII región.....	43
2 A	Criterio de toxicidad utilizado por SAG.....	45
3 A	Criterio de toxicidad utilizados por EPA(agencia de protección ambiental de U.S.A.).....	45
4 A	Clasificación toxicológica establecida por EPA(U.S.A.) y SAG(Chile) para formulaciones que contiene principios activos ampliamente usados en nuestro país.....	46

5 A	Pesticidas utilizados en <i>Pino radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> .....	47
6 A	Control de maleza arbustiva para <i>Pino</i> y <i>Eucalyptus</i> .....	50



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
	<u>En el texto</u>	
1	Diagrama de las formas de movilización de los pesticidas.....	8
2	Formas de Nitrógeno en el suelo.....	15
3	Entradas y salidas de Nitrógeno del suelo .....	16
4	Proceso de eutroficación en una cuenca hidrográfica .....	17
5	Superficie plantada de Pino radiata según Región, Diciembre 1995.....	22
6	Superficie plantada de Eucalyptus según Región, Diciembre 1995.....	23
7	Cantidad de Nitrógeno aplicado(Kg) para <i>Pino radiata</i> y <i>Eucalyptus</i> .....	24



## I INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades silvícolas se considera agregar pesticidas y nutrientes, dentro de las acciones más importantes para mantener una alta productividad.

La aplicación de pesticidas juega un papel importante dentro del sector forestal y actividades afines, ya que su función principal es lidiar contra plagas, malezas y enfermedades que deterioran o inhabilitan la producción proveniente de dichos sectores.

Así también lo es la aplicación de fertilizantes, puesto que la función de estos productos es suplir cualquier carencia nutricional que ocurra en el desarrollo normal de un árbol, evitando su debilitamiento lo que provocaría una disminución notoria en la producción.

Algunos de estos compuestos pueden tener destinos no muy deseables, como ser transportados a los cuerpos de agua por escorrentía u otros mecanismos naturales; por ejemplo, pueden ser lixiviados o la llegada puede ser simplemente por escurrimiento superficial, causando impactos ambientales adversos.

Debido a lo último dentro de los objetivos del estudio está determinar que pesticidas y fertilizantes son ocupados en el sector, especialmente para *Pino radiata* y *Eucalyptus*, además obtener dosis que permitan proyectar que cantidades de productos son aplicados.

Es necesario hacer una revisión de aquellos productos químicos que debido a su carácter tóxico, tales como plaguicidas y pesticidas, o sea, compuestos orgánicos de síntesis artificial, usados en suelos, plantas y aguas los cuales pueden tener un fuerte impacto negativo sobre los recursos bióticos, incluidos los seres humanos.

De acuerdo a la información proporcionada por la Cámara de Comercio de Santiago, aproximadamente el 70% del total de pesticidas importados, se utiliza en las actividades agrícola y forestal, el 30% restante corresponde a productos de uso industrial, doméstico y otros (Barra,1995).

La palabra pesticida es un término general que incluye a los fungicidas, herbicidas, insecticidas, fumigantes y rodenticidas. Los herbicidas son los más comúnmente usados en la actividad forestal los cuales se pueden clasificar según su uso, el cual puede ser selectivo es decir ataca exclusivamente las planta que se quieren dañar y las demás no se ven afectadas. Herbicidas no selectivos son aquellos que eliminan toda la vegetación, generalmente estos se aplican sobre la superficie del suelo y ellos son adsorbidos en la capa superior donde puede persistir y matar nuevamente a las semillas reemergentes.

También se pueden clasificar según su modo de acceso, los cuales pueden ser sistémicos cuando actúan sobre cualquier maleza, o bien de contacto cuando solo dañan partes de aquellas malezas de crecimiento anual (Molina,1995).

Según Davenhill (1994), los herbicidas pueden describirse de distintas maneras. Ellos pueden ser clasificados de acuerdo a la manera en que son absorbidos, también por su modo de acción y movilidad dentro de la planta, su selectividad y la similitud de su estructura química.

### 1.1 CONTROL DE LA COMPETENCIA EXISTENTE

Los programas de control generalmente incluyen aplicaciones, ya sea de preemergencia temprana o tardía, y son de tal modo eficaces que con una limpieza se pueda llegar a concluir el proceso de producción con una baja infestación de malezas (Avilés, 1984).

El mejor control de la vegetación indeseable se logra realizando una adecuada preparación del suelo, la cual se puede llevar a cabo mediante una limpieza manual o utilizando herbicidas.

Por esto la realización del control de maleza tiene dos opciones, una a través de un método manual y otra por medio del uso de productos químicos.

**Método Mecánico:** Este método contempla las operaciones de limpieza manual como la utilización de un conjunto de herramientas con las cuales se provoca la eliminación física de las malezas del suelo, según Valdés (1977); citado por Pérez (1996).

**Método Químico** : Implica el uso de compuestos químicos para provocar la eliminación de maleza indeseable. Esta técnica no permite el desarrollo de la vegetación espontánea y al mismo tiempo no provoca remoción del suelo, con lo cual no se alteraría su estructura y además mejoraría la infiltración, según López (1980); citado por Andrés Pérez R. (1996).

Podría mencionarse por ejemplo : Pérez(1996) considera que el control Químico en el *Eucalyptus globulus* ejerce mejor grado de control de maleza que los métodos mecánicos o manuales.

Todas las especies de *Eucalyptus* recomendadas para su plantación en Chile parecen ser susceptibles a la competencia que, por luz, agua y nutrientes, imponen las especies competidoras (Prado,1989).

La causa más importante de mortalidad en plantaciones es la presencia de pasto, ya que produce severas deficiencias de agua, además capta gran parte de los nutrientes disponibles, según Cromer(1984); citado por Prado(1989).

En las actividades forestales de la región del BIO BIO los plaguicidas, especialmente herbicidas, se usan extensamente, en los viveros en aplicación manual o en aplicaciones aéreas en las plantaciones de pinos y eucaliptus (Molina,1995).

En Nueva Zelanda se considera que las limpiezas manuales pueden tener un efecto negativo en las plantas, ya que produce cierto dano en las raíces, razón por la cual se hace mediante el empleo de herbicidas, los cuales deben emplearse con precisión en cuanto a su dosis y considerando el estado de crecimiento de las plantas y las condiciones climáticas (Barros,1989).

### **1.2 CONTAMINACIÓN POR PESTICIDAS**

La principal preocupación que recae sobre los herbicidas es que en el último tiempo ha experimentado un aumento considerable en relación a las otras clases de plaguicidas. En 1993 la importación de herbicida era de 4.248 toneladas, mientras que en el año 1996 alcanza los 6.325 toneladas (Rozas,1997).

Al mismo tiempo que los pesticidas son importantes en la producción de productos agrícolas y forestales de buena calidad, se sabe también que son responsables por una gran variedad de problemas de salud humana y ambiental extendiéndose desde la contaminación de las aguas hasta producir cáncer (Barra,1995).

### **1.3 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS**

Contaminación del agua se refiere a introducir en el agua fresca materiales que degradan la calidad de ésta y afectan a los organismos vivientes en ella. Estos procesos van desde simples adiciones a una aplicación de sólidos en suspensión, siendo éstos los más insidiosos y de alto grado

de toxicidad, tales como pesticidas, metales pesados y componentes químicos (Pye, 1983).

#### 1.4 FUENTES DE CONTAMINACION

La contaminación de ríos por agentes químicos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves de este siglo. La contaminación química se divide en dos grandes grupos :contaminación puntual y no puntual.

**Fuentes puntuales:** La primera procede de fuentes identificables , como fábricas, refinerías o desagües de aguas residuales.

**Fuentes no puntuales:** Es aquella cuyo origen no puede identificarse y corresponden a la contaminación generada durante el proceso de escurrimiento de aguas por lluvias, crecidas, etc. Estas aguas erosionan o lixivian contaminantes desde una amplia área y los transportan hasta los cursos receptores.

**Fuentes antrópicas:** Corresponden a la contaminación generada por la actividad humana.

**Fuentes naturales:** Contaminación de origen natural.

Según FAO(1981), algunos de los factores más importantes que intervienen en la contaminación del agua subterránea por pesticidas, además de aquellos asociados con la adsorción de pesticidas por el suelo son:

### **Método de aplicación**

Los pesticidas escapan durante su aplicación, por su solubilidad y volatilidad. Pueden ser aplicados al suelo en forma líquida, atomizados, o en forma sólida como polvo o gránulo. Estos métodos son imperfectos desde el punto de la aplicación, porque algunos de los pesticidas alcanzan áreas no programadas. Varios aceites y sustancias emulsivas, pueden ser añadidas al pulverizador para aumentar el tamaño de las gotas y reducir el arrastre.

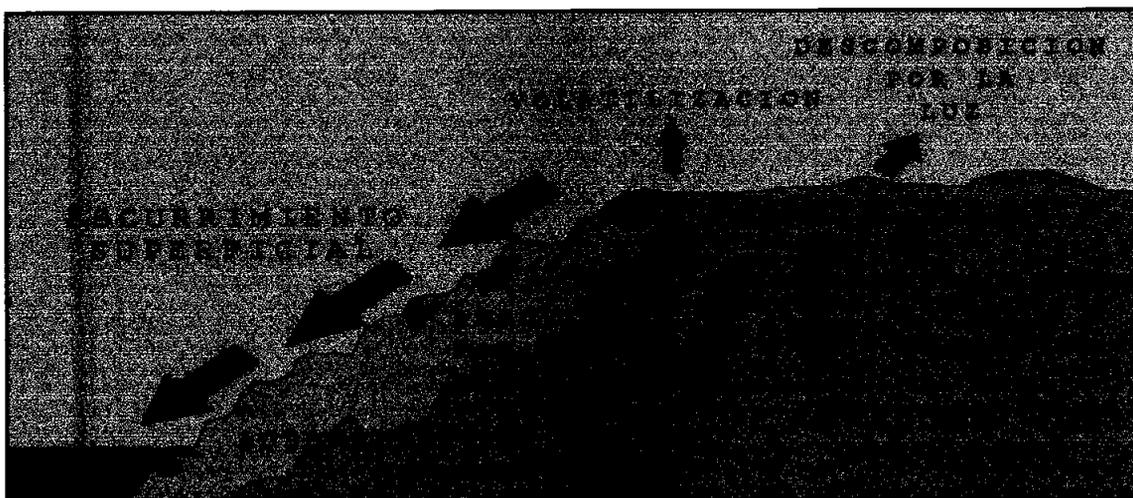
### **Eliminación de envases**

Los pesticidas pueden entrar en el medio ambiente a través de impropias o no adecuadas prácticas de eliminación de sus envases. Si son depositados o quemados sobre terrenos permeables, las aguas subterráneas pueden contaminarse.

A pesar del alto consumo de plaguicidas, especialmente de herbicidas, que presentan regiones del centro y sur del país, la información acerca de la contaminación de las aguas por sustancias químicas y residuos de plaguicidas es escasa. El estudio más especializado corresponde al realizado por la Universidad de Concepción (Rozas, 1997).

## **1.5 MECANISMOS QUE DETERMINAN LA PERSISTENCIA DE LOS PESTICIDAS**

La Figura 1 muestra los distintos mecanismos de movilidad o transformación de los compuestos. Las alteraciones que le puedan ocurrir al pesticida están relacionadas con las características propias del compuesto químico.



**FIGURA 1.** Diagrama de las formas de movilización de los pesticidas.

### **Adsorción**

Es el proceso en el cual el herbicida disuelto queda química o físicamente adherido a la superficie coloidal, causando una disminución neta del herbicida en solución.

### **Lixiviación**

Es el movimiento descendente de una sustancia a través del suelo. El movimiento del herbicida puede determinar su efectividad, puede explicar su selectividad o puede ser la causa de su desaparición (Alvarez, 1988).

La cantidad de material lixiviado va a depender de la solubilidad del herbicida, de la cantidad de agua que pasa en forma descendente a través del suelo y de las relaciones de adsorción entre el herbicida y el suelo (textura).

### **Volatilización**

Es cuando un herbicida puede evaporarse y perderse en la atmósfera como sustancia volátil, pudiendo disminuir su eficiencia en el control de maleza o causar daños por deriva a cultivos o plantas susceptibles.

### **Absorción por las plantas**

Según Kogan(1993), citado por Salinas(1995), si se considera que los herbicidas son absorbidos por malezas y plantas cultivadas, y son parcial o totalmente degradados por ellas, debe considerarse éste como un mecanismo de disipación de los herbicidas.

### **Degradación**

La degradación ocurre cuando a través de factores bióticos y/o abióticos, una molécula de una sustancia activa pierde sus propiedades, como la fitotoxidad en herbicidas.

Según Hurre(1980), citado por Salinas(1995), la degradación de algunos compuestos tienen una fase inicial lenta en la que cambiaría la concentración del producto, para seguir posteriormente una tendencia de tipo lineal en la que la degradación sería rápida.

### **Descomposición química**

La descomposición química produce la activación de algunos herbicidas. Pueden ocurrir procesos como, Oxidación, Reducción, Hidrólisis e Hidratación (Alvarez,1988).

**Fotodescomposición:**

Es la descomposición provocada por la acción de la luz. Se considera frecuentemente a la fotodescomposición como responsable de la pérdida de herbicidas durante períodos largos sin lluvia.

**1.6 EFECTO DE LA CONTAMINACIÓN POR PESTICIDAS**

Lo mas preocupante de la contaminación con pesticidas son los efectos que podría provocar en el ser humano. Estos efectos se pueden clasificar en efectos agudos y en crónicos (Barra,1995).

**Efectos agudos:**

La intoxicación aguda por plaguicidas es un efecto de la exposición, es decir de la forma en que se utiliza la sustancia, aún más que la toxicidad de éste. A menudo es el único índice sobre el cual recolecta información rutinariamente la Organización Mundial de la Salud(OMS).

**Efectos Crónicos:**

Interesan los siguientes efectos crónicos: neurológicos, reproductivos, inmunológicos, dermatológicos, cancerígenos y respiratorios.

**1.Neurológicos:** Se han asociado con manifestaciones de alteraciones del sistema nervioso central o periférico.

**2.Reproductivos:** Lo que más preocupa es la capacidad potencial de algunos plaguicidas de producir malformaciones fetales congénitas por exposición materna.

**3.Inmunológicos:** Dentro de las enfermedades inmunologicas, la anemia aplástica se ha descrito como asociada a exposición a insecticidas organoclorados por reacción inmunologica.

**4.Dermatológicos:** Con mucha frecuencia las personas expuestas a plaguicidas presentan afecciones a la piel de tipo irritativo o alérgico, felizmente todas reversibles con tratamientos o remoción de la exposición.

**5.Cáncer:** En América Latina no existen estudios en seres humanos que demuestren efectos cancerígenos de plaguicidas. A pesar de que en Chile todavía se usan sustancias que están prohibidas o muy restringidas en USA y Europa como el herbicida Paraquat o el fungicida Pentaclorofenol.

**6.Respiratorios:** Aún cuando las mayores exposiciones a plaguicidas se producen al aire libre donde es difícil que alcancen altas concentraciones, se han encontrado casos de problemas respiratorios, especialmente cuando son ingeridos.

## 1.7 APLICACIÓN DE NUTRIENTES

Tan importante como la aplicación de pesticidas es el uso de fertilizantes para lograr una buena producción. El rápido aumento en el uso de fertilizantes ha sido debido principalmente, a su bajo costo, a nuevas variedades de rápido crecimiento y a la necesidad de más altos rendimientos económicos. Este aumento ha suscitado mucha polémica en relación a la contaminación de las aguas tanto subterráneas como superficiales (FAO, 1981).

Son compuestos químicos que pueden ser de origen orgánico o inorgánico, natural o sintético que se adiciona al suelo para suministrar uno o más elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, esta práctica está destinada a aumentar la producción. Para que esta sea óptima y eficiente deben conocerse los tipos y características de los fertilizantes presentes en el mercado.

Según Araos (1977), la razón del por qué es necesario usar fertilizantes, radica en que el suelo tiene una cantidad considerable de nutrientes, pero la mayor parte no se encuentra en condiciones de ser aprovechadas inmediatamente por las plantas, por lo que tienen que ser disueltos en agua y esta disolución es muy lenta en comparación a la demanda por parte de las plantas. Entonces esta insuficiencia se suple con la aplicación de algunos nutrientes en determinadas cantidades, de acuerdo a la necesidad.

De la gran cantidad de fertilizantes en el mercado solo algunos se emplean en el sector forestal, como los siguientes, (Doc. técnico, Chile forestal, 1988):

### **Fertilizantes Nitrogenados**

Los fertilizantes con nitratos ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) son en parte lixiviados y los amoniacales ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) almacenados. ej: **Urea:** Fertilizante de efecto acidificante que se acumula en vegetación edáfica y suelos.

### **Fertilizantes fosfatados**

Son aquellos que lixivian del mantillo de Hojarasca; sin embargo escasamente lo hacen en el suelo mineral. ej: **Superfosfato** fórmula química es  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)\text{-H}_2\text{O}$ .

Además, existen otros fertilizantes como potásicos, magnésicos, calcáreos y múltiples (el más usado es N, P, K y a menudo Mg).

## **1.8 CONTAMINACIÓN ACUÁTICA**

El uso excesivo de nutrientes puede provocar altos niveles de contaminación e inclusive contaminar ríos y lagos provocando, serios problemas en el medioambiente como a las personas cercanas a los afluentes.

El problema de contaminación de aguas, no sólo está referido a plaguicidas, sino también a otros insumos usados

en la agricultura y forestación, como es el caso de los fertilizantes químicos, que usados en exceso, son en el mediano y largo plazo un factor importante de deterioro ambiental, por ejemplo la eutroficación (Rozas,1997).

### **Fertilización Nitrogenada.**

Estos tipos de nutrientes son los más importantes desde el punto de vista de la contaminación de las aguas subterráneas, debido a la movilidad de los nitratos. Un porcentaje importante de nitrógeno, es aplicado al suelo en forma orgánica como estiércol o urea, el resto es aplicado en forma inorgánica, ya sea como  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{NH}_4^+$  (Informe, FAO, 1981).

En los sistemas naturales, el nitrógeno se puede perder por desnitrificación, lixiviación y erosión. Así como la interferencia antrópica (humana) en el ciclo del nitrógeno puede, no obstante, hacer que haya menos nitrógeno en el ciclo, o bien que se produzca una sobrecarga en el sistema.

Por otra parte, la lixiviación del nitrógeno de cultivos demasiados fertilizados, la tala indiscriminada de bosques, los residuos animales y aguas residuales han añadido demasiado nitrógeno al ecosistema acuático, lo que ha producido un gran descenso en la calidad del agua.

Es muy importante visualizar los estados en que podemos encontrar el nitrógeno, como se muestra en la Figura 2 las distintas formas del nitrógeno en el suelo. Aunque es absorbido por las plantas como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio

( $\text{NH}_4^+$ ), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación o reducción.

Existe un gran aporte de nitrógeno de los residuos vegetales, la mayor concentración de nitrógeno se encuentra en el contenido celular constituido por las proteínas y los azúcares del protoplasma, (Rodríguez, 1993).

Las principales entradas de nitrógeno al suelo se producen a través de las distintas formas de fijación biológica. Este proceso consiste en capturar el  $\text{N}_2$  del aire y convertirlo en  $\text{NH}_3$ - $\text{NH}_4$  utilizable, la cual puede hacerse en forma simbiótica especialmente por parte de leguminosas o mediante microorganismos de vida libre.

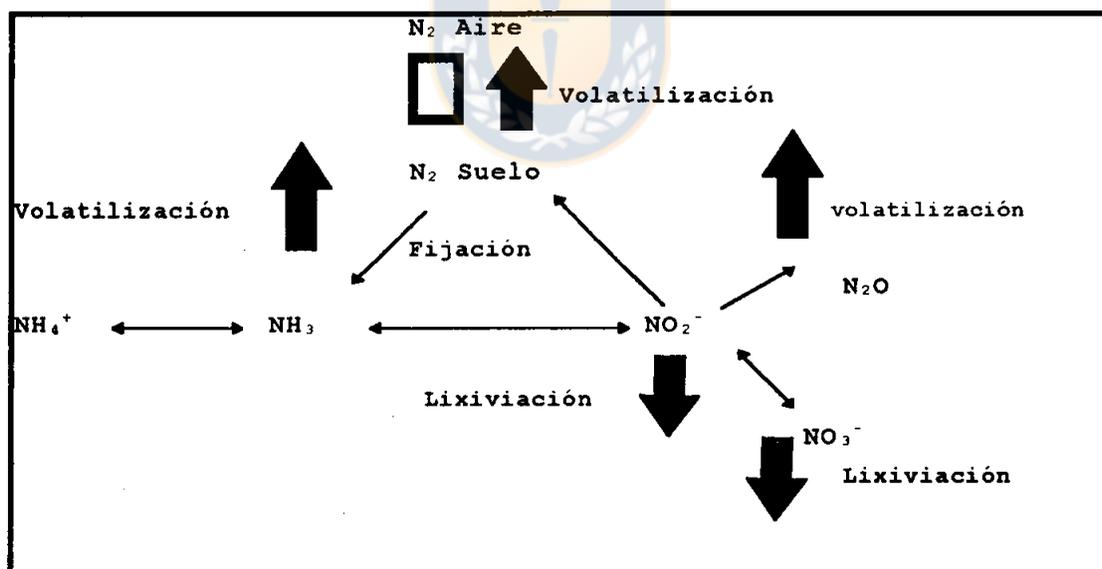
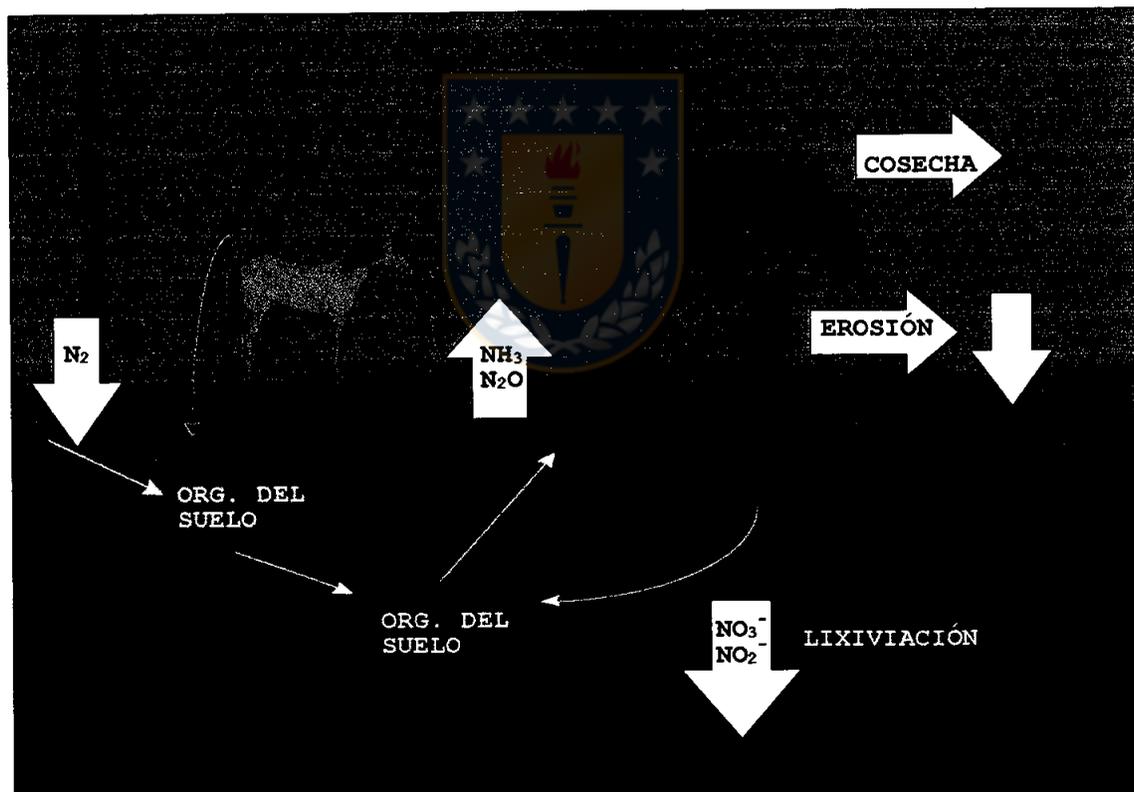


FIGURA 2. Formas de Nitrógeno en el suelo

Por otra parte, es muy importante observar las entradas y salidas del nitrógeno desde el suelo, en sus diversos estados. La Figura 3 muestra el desplazamiento y

modificaciones del nitrógeno en el suelo. La importancia de cada una de ellas variará de acuerdo al tipo de cultivo, tipo de suelo, formas de fertilización, etc. (Montecinos,1997).

Algunos experimentos han demostrado que los compuestos orgánicos de nitrógeno no son muy móviles en el suelo, consecuentemente son solamente sus productos degradados los que pueden crear graves problemas de contaminación de acuíferos (FAO,1981).



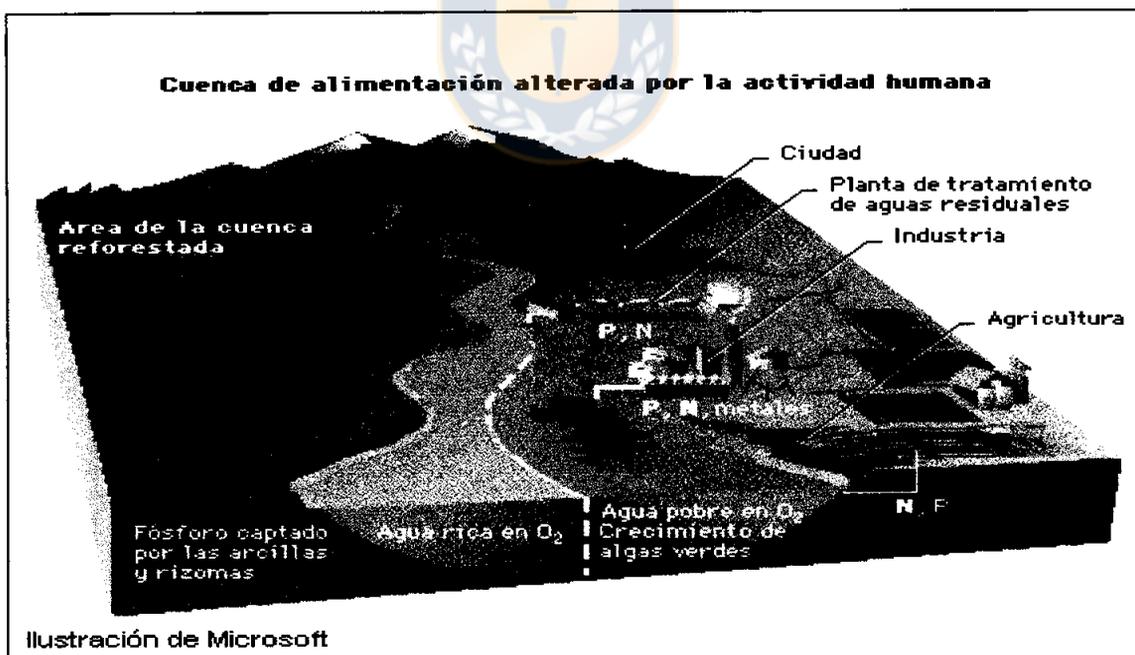
**FIGURA 3.** Entradas y salidas de Nitrógeno del suelo

Las investigaciones realizadas demuestran que las pérdidas de nitrógeno se producen por diversas causas, entre las cuales destacan la escorrentía superficial, volatilización,

desnitrificación (el nitrógeno es eliminado de la zona de la raíz, debido a las condiciones anaeróbicas que llegan a alcanzar), amonificación, nitrificación del nitrógeno y la lixiviación (Revista del campo, 1996).

### Eutroficación

Tal como se muestra en la figura 4 muchas actividades humanas causan vertidos que contienen nutrientes, tales como fosfatos y nitratos, en ríos y lagos; este proceso provoca el crecimiento de algas y de otros componentes del plancton, de tal forma que reduce el contenido de oxígeno en el agua y por lo tanto, dificulta la supervivencia de los peces.



**FIGURA 4.** Proceso de eutroficación en una cuenca hidrográfica.

Todos los lagos y en la actualidad algunos ríos sufren de eutroficación natural, que es un proceso que acompaña la senescencia de los lagos hasta la desaparición de éstos, es un proceso muy lento, cuya duración se mide en escala geológica de tiempo. Actualmente se están produciendo en estos cursos de agua una eutroficación acelerada, provocada directamente por el hombre (ej: tala de bosques, laboreos y fertilización), la cual puede producirse en años, (King,1989).

Muchos estudios han demostrado que estas características están determinadas críticamente por la disponibilidad biológica de nitrógeno y, en especial, de fósforo. Los nitratos proceden sobre todo de la actividad de las bacterias nitrificantes del suelo. Como son muy solubles llegan fácilmente al agua de escorrentía si las plantas no logran absorberlo. Por su parte los fosfatos son muy poco solubles, y casi siempre llegan al agua en forma de partículas.

En el proceso de eutroficación existen fuentes puntuales (vertidos de origen industrial, doméstico, etc.), pero las más importantes debido a su peligrosidad son las fuentes difusas (aportes debido a escurrimientos desde la cuenca, fertilizaciones, precipitaciones y aguas subterráneas) (King, 1989).

Tenemos casos muy puntuales como es el de las lagunas intraurbanas de Concepción, que según Parra, citado por King(1989), de las seis lagunas incluidas dentro del radio urbano, algunas de ellas en el pasado constituyeron centros de recreación, pero debido al crecimiento de la ciudad se

han deteriorado, siendo clasificadas cuatro de ellas como eutróficas, mostrando todas un proceso de eutroficación progresivo.

### **Contaminación de aguas por nitratos**

Cuando se llega a una situación de contaminación por nitratos, no se puede pretender impedir la comercialización de los fertilizantes nitrogenados en la zona que presenta el problema, pues su uso está ligado al éxito económico de una plantación.

Aunque el nitrato no es en sí un compuesto tóxico, al ser reducido a nitrito se transforma en una sustancia potencialmente peligrosa para la salud humana.

Estudios de laboratorio y terreno han demostrado ciertamente que las pérdidas de nitrógeno por la vía de la lixiviación y la escorrentía superficial llegan a convertirse en nitratos en las aguas subterráneas y superficiales (Revista del Campo, 1996).

El nitrógeno que se devuelve a través de los desechos vegetales son básicamente del tipo orgánico, lo que significa que debe ser mineralizado para que pueda ser aprovechado por la planta. La eficiencia en la transformación del nitrógeno orgánico va a depender de varios factores como por ejemplo temperatura y humedad del suelo, tamaño de partículas, etc., (Beaujanot y Gutiérrez, 1994).

Según Araos (1977), en nuestro país , la importancia del nitrógeno y del fósforo es tan grande, que estos dos nutrientes siempre se deben considerar como probablemente deficientes en los suelos. Del Bío-Bío al sur, la deficiencia de fósforo es generalizada y severa especialmente en suelos trumaos, a medida que se avanza de Ñuble al norte la deficiencia de fósforo es variable.

### **Fertilización con fósforo**

Se presenta tanto en forma orgánica como inorgánica, y la mayoría de sus formas permanecen estables en el suelo.

El fósforo a menudo aparece como un nutriente limitante en el suelo, en cualquier forma en que se encuentre. Además no es posible capturarlo biológicamente desde el aire, como ocurre con el nitrógeno.

Las plantas absorben fósforos en estado soluble, pero cuando se introduce fósforo al suelo, más del 90% de él pasa rápidamente a formas insolubles fijadas al suelo y no disponibles. Es por esta razón que la mayoría de los problemas relacionados con el fósforo, referentes a la contaminación de las aguas generalmente se presentan en aguas superficiales y son debido a la erosión del suelo que arrastra estos compuestos a los afluentes.

## II METODOLOGIA

### 2.1 Descripción del estudio

El estudio consistió en una recopilación de información acerca de los productos químicos, ya sea pesticidas o bien fertilizantes usados en el sector forestal.

Esta recopilación tiene como base el poder visualizar el problema de contaminación que podrían causar estos productos en el medioambiente, en especial sobre, el recurso hídrico.

El trabajo se realizó con la información disponible del sector forestal y actividades afines. Considerando que *Pino radiata* y *Eucalyptus* son las especies de mayor uso en la región, el estudio se localizo en los productos utilizados en estas plantaciones.

La información recogida se pudo obtener gracias a la disponibilidad de las empresas CONAF, CORMA e INFOR. Además de la información disponible de la Biblioteca Central y Centro EULA, de la Universidad de Concepción.

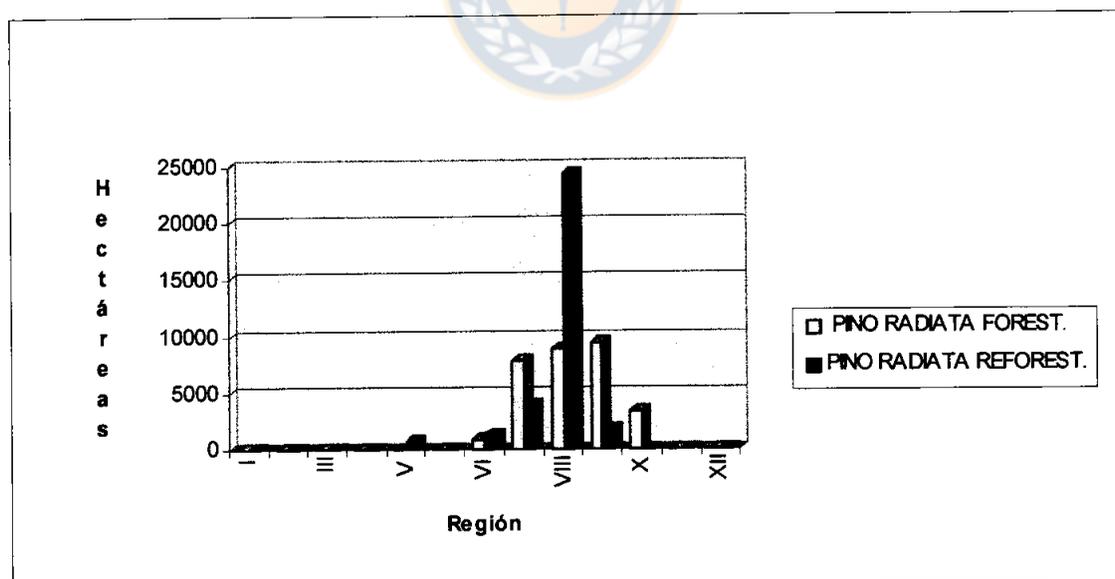
La obtención de información sobre los productos mas utilizados, se pudo lograr gracias a las empresas de agroquímicos ANASAC, DOWELANCO y BASF, entre otras.

### III RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Aplicación de pesticidas y nutrientes

El uso de productos químicos es una actividad muy difundida en el sector forestal. Es por eso que existe una gran preocupación en la población debido a los efectos adversos que podría causar.

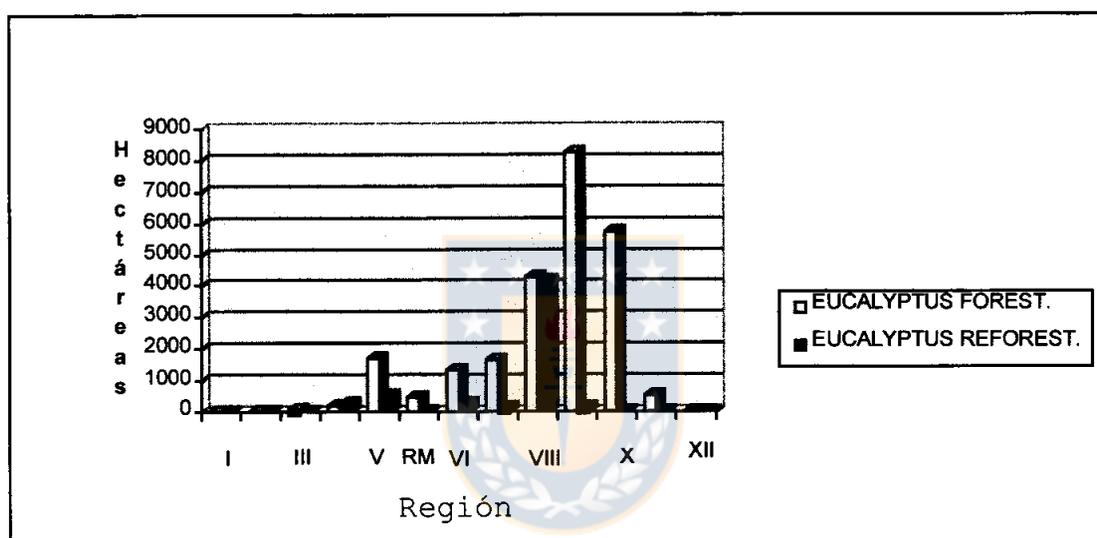
La VIII Región tiene las tasas más altas de reforestación en Pino Radiata y Eucalipto, como se ve en las Figuras 5 y 6. Tal es así que de **8.939,3 ha** de **Pino Radiata** forestadas se reforestaron **24.364,2 ha** y para el caso del **Eucalyptus** de **4.284,4 ha** forestadas se reforestaron **4.162,5 ha**.



**FIGURA 5.** Superficie plantada de Pino radiata según Región, Diciembre 1995.

A través de esto se podría decir que existió una gran cantidad de productos que fueron aplicados debido a la gran superficie que fue reforestada.

Se puede ver que la superficie reforestada en comparación con la forestada, para el caso del Pino Radiata es mucho mayor que la del Eucalyptus.

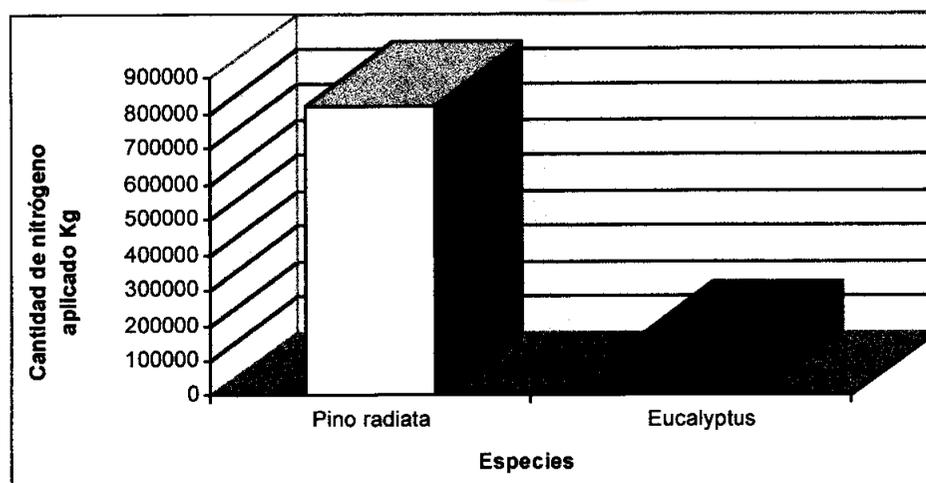


**FIGURA 6.** Superficie plantada de Eucalyptus según Región, Diciembre 1995.

Dentro de la aplicación de nutrientes los fertilizantes nitrogenados son los de mayor preocupación desde del punto de vista de la contaminación de aguas, para el caso del Pino radiata y el Eucalipto la fertilización es muy similar, se puede realizar con complejo de fertilizantes como NPK(Nitrógeno, Fósforo, Potasio) o bien con la aplicación de fertilizantes simples como Superfosfato triple más Urea y Boronatrocalcita.

Suponiendo que estos productos se aplicaron en la VIII región durante el proceso de reforestación, para una densidad de 1500 Plantas por hectárea aproximadamente (puede variar según la zona de plantación) para el caso del complejo NPK la cantidad de nitrógeno aplicada es de **33,75 kg/ha** (100 gr/pl. y un 15% de nitrógeno en el complejo) y para la combinación de fertilizantes también fue de **33.75 kg/ha** (50 gr/pl., se considero solo la urea (45% nitrógeno) por el único compuesto nitrogenado).

La cantidad de nitrógeno por hectárea es la misma para ambos sistemas de fertilización por lo que la dosis de nitrógeno a nivel regional es de **823 ton/ha** (cantidad de nitrógeno por ha multiplicado por superficie reforestada) para el *Pino radiata* y **141 ton/ha** (cantidad de nitrógeno por ha multiplicado por superficie reforestada) para el *Eucalyptus*.



**FIGURA 7.** Cantidad de Nitrógeno aplicado en Kg, proveniente de cualquiera de los dos sistemas de fertilización, para *Pino radiata* y *Eucalyptus*, en el año 1995.

Según Rodríguez (1993), de la cantidad de Nitrógeno que es aplicada al suelo a través del fertilizante el 20% aproximadamente se pierde por lixiviación y desnitrificación. Debido a esto, para el caso del Pino radiata podría perderse **164 ton** proveniente de la aplicación de cualquiera de los sistemas de fertilización y para el Eucalyptus la cantidad de nitrógeno que se perdería sería **28 ton**. Esto significa que éstas son las cantidades que podrían contaminar las napas subterráneas.

Durante la reforestación de 1995 se podría proyectar la cantidad mínima de pesticidas que se estaría aplicando en un control de maleza para *Pino* y *Eucalyptus*.

Para el control **pre-plantación** (para *Pino* y *Eucalyptus*) **Gramazine (BASF AGRO)**, el cual tiene como ingrediente activo **Paraquat** (150 gr/lt) y **Simazina** (375 gr/lt), en dosis de **5 lts/ha** lo que implica **750 gr/ha** de Paraquat y **1.9 kg/ha**. De acuerdo a la superficie reforestada, se habrían aplicado de ingredientes activos **75.6 ton** (21.4 ton paraquat y 54.2 de simazina) en la zona (superficie de pino más eucalipto) y en lo que se refiere a control **post-plantación (DowElanco)**, se realizará para el caso del **Eucalyptus** con **Lontrel\*3<sup>a</sup>** con **Clopiralid** (40.9%) como ingrediente activo con dosis de **0.5 lts/ha** y con **0.2045 solución/ha** de ingrediente activo, para el **Pino radiata** se utilizara **simazina 500F** (500 gr/lt) con dosis de **6 lts/ha** y lo que implica **3 kg/ha** de simazina. Entonces la aplicación para la VIII en 1995, fue de **851.23 lt**. De solución para el Eucalyptus y **73 ton** de simazina para el Pino radiata.

Sería muy difícil saber el mecanismo de movilización que seguirá cada producto, puesto como se vio anteriormente son muchos los factores que intervienen y muchos los mecanismos que interactúan.

### **3.1.1 Establecimiento de vivero**

La producción de plantas se puede realizar en un vivero a raíz desnuda o raíz cubierta.

Para el caso del vivero a raíz desnuda la aplicación de pesticidas generalmente se realiza previo a la plantación y post-plantación. Según Donald (1986), citado por Barros (1989), para un buen control de maleza basta con agregar Goal 24 EC en dosis de 3 lt/ha obteniéndose una protección de 8 a 10 semanas, sin efectos negativos para la planta.

La fertilización a raíz desnuda generalmente se realiza con NPK, Superfosfato triple, Urea, etc. Para el caso del Pino y el Eucalyptus los productos usados son los mismos solo cambian las dosis. Cada empresa tiene sus propias recetas para una mejor producción.

El vivero a raíz cubierta no debería ser necesaria una fertilización, si se usa una mezcla adecuada de sustrato, debido a que en la preparación del sustrato es desinfectada con ácido sulfúrico, bromuro de metilo u otro producto similar. Sería similar para el Pino y el Eucalyptus.

### 3.1.2 Establecimiento de plantaciones

El control de la maleza previo a la plantación con un herbicida sin efecto residual, por ejemplo Glifosato para el Eucalyptus , puede resultar muy efectivo siempre cuando hayan habido lluvias tempranas (Prado,1989).

De los herbicidas mas usados destacan los Bipirilos(Paraquat), Triazínicos(Atrazina y Simazina) y el mas importante de los misceláneos (Glifosato). En la actividad forestal del sur del país también se demanda el uso de herbicidas como Simazina, Glifosato, Hexazinona, triclopir y Oxifluorfen. De los fungicidas el Captan es uno de los mas usados Molina (1995).

Para el caso del Eucalyptus se ha empleado con éxito el herbicida Glifosato en dosis de 1 a 2 litros del ingrediente activo (i.a.) por hectárea, para el control de pastos y malezas. También cabe señalar que la aplicación con Atrazina, en dosis de 12 l/ha(i.a.) seria una cantidad aceptable sin alterar la producción (Prado,1989).

Los fertilizantes mas usados en la actividad forestal para Pino y Eucalyptus se ven en la Tabla 1. Se puede ver que generalmente se aplican los elementos mayores primarios(Nitrógeno, Fósforo y Potasio), elementos mayores secundarios (Azufre, Calcio y Magnesio) y elementos menores como el Boro y a veces el cobre.

TABLA N°1 FERTILIZACIÓN FORESTAL

NOMBRE COMERCIAL	COMPOSICIÓN QUIMICA	DOSIS
COMPLEJO NPK (Mezcla Cargill)	N:15%; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :17%; K <sub>2</sub> O:9%; CaO:7%; S:3%, MgO:3% ;B:0.80%	100-150 gr/Plan.
BORONATROCALCITA	B:10%	50 gr/Plan.
UREA	N:45%,	25-50 gr/Plan.
SUPERFOSFATO TRIPLE	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :46%, CaO:20%	75-100 gr/Plan.
FOSFATO DIAMONICO	N:18%; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :46%	50 gr/Plan.
SALITRE POTASICO	N:15%; K <sub>2</sub> O:14%	50 gr/Plan.
SALITRE SODICO	N:16%	50 gr/Plan.

\* Densidad 1250-1500 Plantas por hectárea.

El fertilizante de mayor es el complejo NPK, el cual cambia de concentración dependiendo de la empresa que lo distribuya. La efectividad de estos productos depende de la cantidad que se aplique y de la época de aplicación, como se muestra a continuación en la Tabla 2.

TABLA 2 APLICACIÓN DE FERTILIZANTES SEGUN EPOCA ESTACIONAL

FERTLIZANTE	EPOCA
Calcareos	Todo el año.
Nitrogenados	En primavera de acuerdo al desarrollo del periodo de crecimiento.
Fosfatados	Todo el año
Potásicos y Magnésicos	Comienzo de primavera.

### 3.2 Contaminación del recurso hídrico

Uno de los factores más agravantes , es que gran parte del riego en Chile tiene una eficiencia extremadamente baja (25-30%), lo que significa en la práctica aumentar su capacidad para remover nutrientes, sales y pesticidas (Gonzalez,1993). Además esto indica, según Barra(1995) que una gran cantidad de pesticidas pueden ser

arrastrados hacia cursos de aguas superficiales o subterránea. También, la erosión de los suelos puede ser un factor coayudante en el transporte de pesticidas hacia cursos de agua superficial.

#### 3.2.1 Contaminación con pesticidas

Dentro de los productos químicos utilizados en la aplicación de pesticidas, están el herbicidas atrazina y simazina , los cuales debido a sus especiales características, solubilidad en agua, alta persistencia requiere de un seguimiento especial. La atrazina puede permanecer entre 1.5 a 2 años en suelos y agua y la simazina hasta 12 meses, (Roza,1997).

El efecto de la temperatura sobre la degradación de Atrazina, es de mayor importancia que la humedad del suelo, produciéndose una mayor tasa de degradación en ambientes a temperaturas altas que los incubados a temperaturas bajas (Salinas,1995). A través de esta información sería una buena forma de poder controlar la pérdida por degradación y hacer mas efectiva la aplicación.

Según un programa de monitoreo realizado en el río Bío-Bío, dentro de los parámetros controlados están, temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo total. Estos presentaron valores dentro de los rangos normales en todos los puntos que se midió. La magnitud de parámetros estudiados aumenta a medida que se avanza hacia aguas abajo, tanto en el curso principal, como en sus afluentes.

Existen casos de contaminación de aguas y de aire, tal como el caso ocurrido en Chillán, fue por una fumigación aérea realizada con el plaguicida Lambdacihalotrina (Karate) por la Forestal Millalemu. Mujeres de edades de entre 20 y 45 años se encontraban empacando cerezas, en un predio cercano, sufrieron síntomas de intoxicación aguda por plaguicida debiendo concurrir al servicio de salud del lugar (Rozas, 1997).

En cuanto a las intoxicaciones agudas, las regiones más afectadas son la V, VI, VII, VIII y RM, además de las intoxicaciones laborales, han aumentado considerablemente los casos de intoxicaciones agudas en habitantes cercanos a plantaciones, causadas principalmente por fumigaciones aéreas (Rozas, 1997).

Existe un gran debate en torno al uso de atrazina en U.S.A. debido a que aparece como uno de los herbicidas más frecuentemente encontrados en cursos de agua superficial y subterránea, (Barra, 1995).

### 3.2.2 Contaminación por aplicación de nutrientes

Un suelo arenoso sometido a altas tasa de fertilización soluble y a altas tasa de riego puede perderse hasta el 90% del nitrógeno. Los suelos francos o arcillosos sometidos a fertilización orgánica y rotaciones con leguminosas suelen presentar balances positivos de nitrógeno, (Montecinos,1997).

Las plantas absorben nitrógeno en forma de amonio y nitrato, siendo este ultimo lixiviado desde el suelo según Napier y Reyes(1980) citado por Graf (1990).

Los mismos autores refiriéndose al fósforo sostiene que existe en el suelo en forma de fosfato de calcio, fierro o aluminio, los cuales no son fácilmente fijables por lo cual se vuelven menos asimilables.

El potasio soluble que se añade al suelo se transforma en potasio intercambiable, el cual es retenido en suelos arcillosos, sin embargo las perdidas por lixiviación pueden ser intensas en suelos arenosos de textura gruesa según Goswami y Khera, (1983) citado por Graf (1990).

**3.2.2.1 Eutroficación.** El problema de la contaminación de aguas, no sólo esta referido a plaguicidas, sino también a la aplicación de fertilizantes químicos, que usados en exceso, son en el mediano y largo plazo un factor importante de deterioro ambiental, por causar eutroficación de la aguas y otros problemas como inducir a un aumento en el uso de plaguicidas, (Rozas,1997).

En Chile los estudios se han centrado en los lagos y embalses. Es necesario analizar el fenómeno a nivel de cuencas hidrográficas y darle especial importancia a la detección de las fuentes contaminantes y a la evaluación de los aportes de nutrientes, para su posterior control.

**3.2.2.2 Contaminación con nitratos.** Numerosos fertilizantes nitrogenados son utilizados en el sector como por ejemplo la urea el cual es potencialmente aprovechable un 100% por la planta. sin embargo, ya sea por algunos factores edáficos, topográficos y climáticos unidos a un manejo inapropiado provocan pérdidas de los fertilizantes utilizados . El nitrógeno no utilizado se convierte en un contaminante, puesto que los nitratos formados y no absorbidos por la planta lixiviarán y se acumularán en los acuíferos, Beaujanot y Gutierrez (1994).

Las fuentes de nitrato presente en aguas subterráneas son diversas, destacándose la contaminación difusa provocada por el riego con aguas servidas y el uso de fertilizantes.

En general los acuíferos presentan un contenido de nitratos significativo, superando en ocasiones los niveles máximos definidos por las normas (10 mg/lts).

El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) no es un contaminante del agua, sin embargo al ser altamente volátil se transforma en un contaminante atmosférico. Cuando ocurre una fertilización nitrogenada existe la posibilidad de contribuir con la contaminación hídrica, vía lixiviación de nitratos, y atmosférica vía producción de amoníaco, (Beaujanot, 1994).

La razón para preocuparse por los altos índices de  $\text{N-NO}_3$  (nitrógeno-nitrato) en las aguas, es que puede ser particularmente perjudiciales para los infantes menores a 6 meses de edad, pudiendo producir metahemoglobinemia, condición comúnmente conocida como síndrome de los niños azules.



#### IV CONCLUSIONES

- La contaminación del recurso hídrico es un tema poco estudiado en el ámbito forestal, la gran mayoría de los estudios del país corresponden al sector agrícola a pesar de que existen niveles de contaminación no despreciables dado el aumento del uso de estos productos químicos que se han observado en Chile en los últimos años.
- La cantidad de compuestos químicos que se aplican especialmente los nitrogenados, no varían considerablemente de acuerdo al producto utilizado, puesto esta se controlaría a través de las concentraciones aplicadas por planta.
- Los pesticidas triazinicos tales como la Atrazina (sector agrícola) y Simazina (sector forestal) son los de mayor preocupación en lo que se refiere a la contaminación del medioambiente debido a sus altas características de alta residualidad tanto en el suelo como en el agua, en conjunto con la alta cantidad que se aplica anualmente.
- En un estudio puntual (1995) realizado en la cuenca del río Bío-Bío no se presentan ningún tipo de problemas de contaminación del agua, todos los parámetros se encuentran dentro del rango normal, existiendo un gran cuidado en las emisiones de contaminantes.

- El proceso de eutroficación es poco estudiado en ríos de Chile, a pesar de que es un tipo de contaminación hídrica que va en aumento.
- La contaminación con nitratos es un problema actual grave, debido a que se han encontrados cantidades muy cerca del límite permitido (10 mg/lt), lo que podría afectar seriamente a la población. La principal fuente de nitratos sería las aguas servidas seguida por riegos y actividades afines.



## V RESUMEN

Los cursos naturales en especial los ríos, representan un importante recurso para los seres humanos, alrededor de ellos se encuentra establecida la mayor parte de la población, donde se realizan actividades productivas, como las forestales, agrícolas, ganaderas e hidroeléctricas. Como consecuencia de esto los ríos sufren profundas alteraciones en su composición química desde su origen hasta su desembocadura.

La VIII región presenta la mayor tasa de reforestación del país, la que es realizada con las especies exóticas Pino radiata y Eucalyptus. La gran mayoría de estos rodales se encuentra cercano a fuentes de agua, por lo que el aporte a la contaminación hídrica proveniente de los productos químicos usados en estas especies es probablemente muy alta.

Debido a lo último es necesario determinar cuales son los compuestos químicos de mayor frecuencia utilizados en el sector forestal, para así de acuerdo a sus características propias del compuesto poder predecir su participación en la contaminación ambiental.

Un programa de monitoreo realizado en el río Bío-Bío, determino que parámetros como temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo total, estuvieron dentro de los rangos de concentraciones normales en todos los puntos que se midió. También quedó demostrado que la concentración de

parámetros estudiados aumenta a medida que se avanza hacia aguas abajo, tanto en el curso principal, como en sus afluentes.

En relación a la presencia de pesticidas en el agua los herbicidas de mayor preocupación ambiental por sus especiales características, solubilidad en agua, alta persistencia se encontrarían atrazina y simazina. Según estudios realizados la atrazina puede permanecer entre 1,5 y 2 años y la simazina hasta 12 meses, en suelos y agua después de la aplicación, además de su alta toxicidad crónica.

Un fenómeno que se refiere a la fertilización excesiva de los sistemas acuáticos, es conocido como eutroficación el cual es conocido por sus consecuencias, (como crecimiento masivo de algas, contaminación de zonas recreacionales, etc.). Este es un tema poco estudiado en lo que se refiere a cuencas hidrógraficas, por lo que debería ser estudiado por profesionales del área hídrica.

La aplicación de fertilizantes especialmente los nitrogenados pueden causar un fuerte impacto en la contaminación de aguas, sobre todo en la salud humana. Esto es debido a la producción de nitratos, cuya principal fuente de nitrógeno corresponde a aguas servida.

## VI SUMMARY

Water courses, specially rivers, represent an important natural resource for humans around which they establish and have their main activities like forestry, agriculture, cattle raising and hydroelectrics. As a consequence of this, rivers suffer deep changes in their chemical structure from their origin to their end.

The highest rate of exotic species (radiata pine and Eucalyptus) reforestation in the country is located in the VIII region. Most of them are near water source what makes water pollution by chemicals used on this species very likely.

Because of this, it is necessary to determine which are the most frequent chemical compounds used in the forestry industry, so that their responsibility in water pollution can be determined.

A program for monitorizing the Bio-Bio river, determined that parameters like temperature, pH, conductivity, diluted oxygen, solids and total nitrogen and phosphorus, were within normal concentration. Levels it was also confirmed that the levels studied, all get higher as the river gets nearer to its end.

Related to the presence of herbicides in water, Atrazine and Simazine, are the most concerning, because of their special characteristics, such as water solubility and high persistence. Based on studies, Atrazine can stay between

1.5 and 2 years, and Simazine up to 12 months in soils after application, apart from their high chronic toxicity.

Referring to excessive fertilization of aquatic systems, known as eutrophication it has not been fully studied, specially referring to hydrographic basin, what should be studied by hydrologist.

The fertilizer application, specially with nitrogen, can to cause a high impact and water pollution, mainly in human health. This is proper to the production of nitrates that the principal source of nitrates is polluted water used for crops.



## VII BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, V. 1988. Control químico de rebrotes de *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *Globulus* en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en constitución VII región. Tesis de grado, Universidad de Chile, Fac. de Ciencias agrarias y forestales, Escuela de ciencias Forestales, Santiago, Chile.
- Araos, J.F. 1977. Manual de uso de fertilizantes, Santiago, Chile, pp74-76.
- Avilés, B. 1984. Utilización de triazinas y herbicidas de contacto en viveros de *Pinus Insigne* (*Pinus radiata*). Tesis de grado, Universidad de Chile, Fac. de Forestales, Escuela de Ciencias forestales, Santiago, Chile.
- Barra, R., Rubin, J. y Perez, M. 1995. Un análisis comparativo del manejo y uso de los pesticidas en los E.E.U.U. y Chile. EULA, concepción, Chile.
- Barros, S. 1989. Semillas y producción de plantas. *Eucalyptus* Principios de silvicultura y manejo. Instituto forestal, Santiago, Chile.
- Beaujanot, A; Gutiérrez, R. 1994. La contaminación de aguas Subterráneas con nitratos: Análisis de sus causas, efectos y costo de mitigación. Pontificia Universidad Católica de Chile. Fac. de Agronomía, Santiago, Chile, pp.16.

- Contaminación de Aguas (1). Efectos de una excesiva fertilización. Revista del Campo del diario EL Mercurio, edición N°1.047.
- Davenhill,N.A.,Ray;J.W., and Vanner,A.L.1994.Forest weed control manual. Guide to herbicide use in forets.New Zealand.
- Centro EULA.1995. Programa de monitoreo de la calidad del sistema río Bío Bío, Concepción, Chile.
- FAO.1981. Contaminación de Aguas Subterráneas. Informes sobre temas hídricos, pp.43-48.
- Francke,S.1988.Fertilización Forestal. Documento técnico N°31, Corporación Nacional Forestal.
- Graf, M.1990.Efecto del manejo Cultural del suelo y sus alteraciones en las propiedades físicas y químicas de un vivero forestal. Tesis de grado, Fac. de Ciencias Agronómicas, veterinarias y forestales, Depto. de Ciencias forestales, Chillán.
- King,H.1989. Eutroficación de lagos y embalses. IX Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica. Universidad católica de Chile,pp.347.
- Molina,G.1995.Efecto a la salud del uso inadecuado de pesticidas. El Caso del sector forestal. Manejo y uso de los pesticidas en Chile: Problemas y recomendaciones , EULA, Concepción, Chile.

- Montecinos,C.1997. Manejo de la fertilidad del suelo. Producción de alimentos orgánicos. Seminario internacional, INIA, Chile.
- Perez,A.1996.Comparación de diferentes métodos de control de maleza en plantaciones de Eucaliptus globulus ssp.globulus,Fac. Cs. Forestales. Concepción, Chile.
- Prado,J.A.1989.Establecimiento de plantaciones Eucalyptus. Principios de silvicultura, Instituto forestal, Santiago, Chile.
- Pye,V.1983. Groundwater contamination in the United State, United State.
- Rodriguez,J.1993. La fertilización de los cultivo. Pontificia Universidad Católica de Chile. Fac. de Agronomía, Santiago, Chile,pp.31-33.
- Rozas,M.E.1997.Costos Sanitarios y ambientales del uso de plaguicidas en el sector agrícola. Producción de alimentos orgánicos. Seminario internacional, INIA Chile.
- Salinas ,M.A.1995. Efecto de la temperatura , y humedad del suelo en la persistencia del herbicida atrazina. Universidad Austral de Chile, Fac. de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile, pp.4-9.



TABLA 1 A .Características de pesticidas usados en la VIII región (Dr Ricardo Barra,1995) y (Davenport N.A.,1994) .

Nombre común	Grupo químico	Modo de acción	Toxicidad		Control y precaución ambiental
			via oral (mg/Kg)	via piel (mg/kg)	
Atrazina	Triazina	Herbicida residual, absorbido por las raíces y follaje, inhibe la fotosíntesis causa amarillamiento y muerte.	LD50 (Rata) 2000	LD50 (Rata) 7500	Tiene una vida residual de varios meses. Durante la plantación de los árboles la contaminación de raíces se puede evitar con un tratamiento reciente del suelo.
Glifosato	N-(phosphonometil) glicina	Absorbido a través de las hojas y translocado a todas las partes de la planta, inhibiendo la síntesis de proteína.	LD50 (Rata) 5400	LD50 (Conejo) >5000	No mezclar en contenedor galvanizados o de acero (excepto de acero inoxidable). La aplicación con spray puede causar severos daños en las plantas.
Hexazinona	Heterocíclico triazina	Herbicida sistémico y residual. Absorbido a través de las hojas, inhibe la fotosíntesis.	LD50 (Rata) 1690	LD50 (Conejo) 5278	No aplicar encima de desagües. No usar fuego cuando se este aplicando

Metsulfuron	Sulphonyl urea	Herbicida systemico con acción residual. Absorvido por el follaje y las raices. Previene la división celular en brotes y raices.	LD50 (Ratas) >5000	LD50 (Ratas) 2000	Tiene una vida residual de 6-8 semanas. No aplicar encima de drenajes.
Paraquat	Bipyridyl	Herbicida de contacto, se absorve rapidamente por el follaje. Destruye el tejido de las plantas verdes.	LD50 (Ratas) 112-200	LD50 (Ratas) 236-500	Es un peligroso veneno, usar mascarilla al aplicarlo. Paraquat puede matar si es ingerido.
Simazina	Triazina	Herbicida residual de pre-emergencia. Absorvido a través de las raices.	LD50 (Rata) >10000	LD50 (Conejo) >3000	Precauciones como es un Herbicida residual, puede permanecer en el suelo hasta 12 meses.

**TABLA 2 A.** Criterio de toxicidad utilizado por SAG.

CLASE	DL50 (aguda) para ratas mg/kg			
	ORAL		DERMAL	
	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido
I (Ext. Tóxico)	<5	<5	10<	<40
II (Alt. Tóxico)	>5<50	>2<200	>10<100	>40<400
III (Mod. Tóxico)	>50<500	>200<200	>100<1000	>400<4000
IV (Lig. Tóxico)	>500	>2000	>1000	>4000

**TABLA 3 A.** Criterio de toxicidad utilizados por EPA (agencia de protección ambiental de U.S.A.).

Indicadores de peligro	Peligro I	Cuidado II	Precaución III	precaución IV
LD50 oral	Hasta 50 mg/kg inclusive	Desde 50 hasta 500 mg/kg	Desde 500 hasta 5000 mg/kg	>5000 mg/kg
LD50 Inhalación	Hasta 0.2 mg/lt inclusive	Desde 0.2 hasta 2 mg/lt	Desde 0.2 hasta 20 mg/lt	> 20 mg/lt
LD50 Dermal	Hasta 200 mg/kg	Desde 200 hasta 2000 mg/kg	Desde 2000 hasta 20000 mg/kg	>20000 mg/kg
Efecto en ojo	Opacidad córnea corrosiva no reversible dentro de 7 días	Opacidad córnea corrosiva reversible dentro de 7 días	Sin opacidad córnea, irritación reversible en 7 días	Ausencia de irritación
Efecto en la piel	corrosivo	Irritación severa en 72 hrs.	Irritación moderada en 72 hrs.	Irritación ligera en 72 hrs.

**TABLA 4 A.** Clasificación toxicológica establecida por EPA(U.S.A.) y SAG(Chile) para formulaciones que contiene principios activos ampliamente usados en nuestro país.

PESTICIDA	EPA	SAG	Observaciones
Carbofuran	I, II	II, III	Restringido en U.S.A.
Parathion	I	I	Restringido en U.S.A.
Fonofos	I, II	II, III	Restringido en U.S.A.
Metamidofos	I	II	Restringido en U.S.A.
Captan	I (daña a ojos)	IV	
Glifosato	I (daña a ojos)	IV	
Paraquat	I	II	Restringido en U.S.A.
Simazina	IV	IV	
Atrazina	III	IV	Restringido en U.S.A.
2.4 D	I, III	III, IV	

**TABLA 5 A.** Pesticidas utilizados en Pino radiata y Eucalyptus (Fuente ANASAC).

<b>VIVERO: PINO Y EUCALYPTUS</b>				
Epoca de aplicación	Plaga o enfermedad	Productos	Dosis por 100 Lt agua	Observaciones
Previo plantación	Prevención de caídas de plantulas en almacigos	HYMEXAZOL 70 WP (HYMEXAZOL)	1.0-2.0 kg/ha	Se debe aplicar al suelo despues de sembrada y tapada la semilla
	Fumigación y esterilización del suelo: Nematodos, insectos, etc	Metabromo 980 GA (Bromuro de metilo)	50-70 gr/m <sup>2</sup> A la superficie	-hacer surco de 20 cm de profundidad -Aplicar y cubrir la superficie.
	Nematodos e insectos.	Carbodan 10 G (Carbofuran)	30-40 kg/ha	Aplicar el granulado e incorporar.
	Gusanos cortadores	Dyfonate 4E (Fonofos)	3.0-5.0 lt/ha Pino y 2.0-4.0 lt/ha Eucalyptus	Asperjar, disuelto en suficiente agua.

Epoca de aplicación	Plaga o enfermedad	Productos	Dosis por 100 lt agua	Observaciones
Desarrollo vegetativo	Insectos del follaje.	MTD 600 SL (Metamidofos)	0.7-1.0 lt/ha	Aplicar al observar los primeros individuos.
	Polilla del brote (Pino)	Karate (BASF AGRO) (Lambdacihalotrina)	150-200 cc/ha	Aplicar cuando se detecte 60-80% de emergencia de adultos.
Control de maleza	Malezas anuales gramíneas hoja ancha	Rango 480 SL (Glifosato)	2.0-8.0 lt/ha	Usar como tratamiento antes de plantación
	Maleza hoja ancha y gramíneas anuales.	Goal 2EC (Oxiflourfen)	2.0 lt/ha Pino y 1.25 lt/ha Eucalyptus	Aplicar después de la siembra en pre-emergencia.

## PLANTACION FORESTAL: PINO Y EUCALYPTUS

Epoca de aplicación	Plaga o enfermedad	Productos	Dosis por 100 Lt agua	Observaciones
Previo plantación	Nematodo e insectos del suelo	Carbodan 10G Carbofurano	5-10 gr/ha	Al momento de plantar mezclar con la tierra de relleno.
Pre-plantación	control de malezas gramineas	Rango 480SL (Glifosato)	6.0-8.0 lt/ha	Usar dosis máxima en especies arbustivas.
Post-plantación	Control de malezas anuales perennes.	Simazina 500F	4.0-6.0 lt/ha	Aplicar en Abril a Agosto con suelo limpio.

**TABLA 6 A.** Control de maleza arbustiva (Fuente DowElanco), para Pino y Eucalipto.

### CONTROL PRE-PLANTACION PARA PINO Y EUCALYPTO

PRODUCTO	MALEZA	DOSIS
Garlon 4	Retamillo	1.5-2.0 lts./há. Aéreo 0.5-1.0 % v/v Terrestre
Galant plus (Haloxypop - metil)	Quila	4-6 lts./há. Aéreo 2-4 % v/v terrestre
Glifosato 480 + surfactante	Ulex	5-7 lts./há.
Garlon 4 (Triclopir)	Ulex	2-4 lts./há.

<b>CONTROL POST-PLANTACION PARA PINO</b>
--

PRODUCTO	MALEZA	DOSIS
Garlón*4	Bautro	0.5-0.6 lts./há
Garlón*4 (Triclopir)	Retamillo	0.5-0.7 lts./há. Aéreo 0.5-0.75 % v/v Terrestre
Tordon* 24K (Plicorem)	Ulex Semilla	1.25 lts./há.
Garlon* 4 (Triclopir)	Ulex Rebrote	0.4-.0.5 lts./há.
Lontrel* 3A ( Clopiralid)	Ulex Rebrote	2-4 lts./há.

<b>CONTROL POST-PLANTACION PARA EUCALYPTO</b>
---

PRODUCTO	MALEZA	DOSIS
Lontrel (Clopiralid)	Ulex	1.5-2 lts./há.
Lontrel*3A (Clopiralid)	Retamillo	1.5-2.0 lts./há. Aéreo 0.75-1.0 % v/v Terrestre

