

**USO DE CORTEZA DE PINO (*Pinus radiata*) COMO SOPORTE  
DE LIBERACIÓN CONTROLADA DEL HERBICIDA  
HEXAZINONA EN PLANTACIONES DE PINO<sup>1</sup>**

**Use of pine (*Pinus radiata*) bark as a controlled-release support  
of the herbicide hexazinone in pine stands**

**Graciela Palma C.<sup>2</sup>, Marisol Soto O.<sup>2</sup> e Itilier Salazar Q.<sup>2</sup>**

**ABSTRACT**

Both the toxic and formulation properties of some herbicides have produced environmental changes. Controlled-release herbicide formulations allow for a deliberate release of active ingredients, therefore avoiding excess of herbicide in the environment. This study reports the effect of a commercial and a controlled-release formulation based on bark as supporting material of hexazinone upon the weed control of Monterey pine (*Pinus radiata*) nurseries. Experimental plots had natural levels of weed infestation and three-month old *Pinus radiata* plants. Results are expressed as percentage of weed control and a Productivity Index for *Pinus radiata* plants. After 6 months, the bark-based formulation displayed a better weed control than commercial formulations, with weed control levels of 27% and 13%, respectively, whereas Productivity Index values indicated a negative effect on the growth of *Pinus radiata* plants when the conventional formulation was applied, with a reduction of productivity of 27%. The bark-based formulation achieved a better weed control than the commercial one, with no apparent damage on *Pinus radiata* plants.

**Key words:** controlled release, herbicide, weed, pine tree.

**INTRODUCCIÓN**

La utilización de pesticidas en la agricultura y silvicultura es parte indispensable en el manejo de cultivos y plantaciones forestales, con el fin de maximizar los rendimientos y obtener productos de calidad. La utilización de herbicidas

en el control de malezas es fundamental en el logro de estos objetivos. No obstante lo anterior, la fitotoxicidad inherente de estos productos, su utilización excesiva, junto a algunos problemas relacionados con su formulación han producido alteraciones en el medio ambiente (Barra *et al.*, 1995; Donzel y Dorn, 1992; Ro y Libra, 1995). En la búsqueda de alternativas igual o más efectivas que disminuyan el impacto de estos productos en el ambiente, se están investigando diversas opciones, como la formulación de productos nuevos que actúan en menores concentraciones (Tomlin, 1995) y el uso de técnicas de aplicación de los ingredientes activos distintas a las

---

<sup>1</sup>Recepción de originales: 13 de marzo de 1998.  
Financiado por Proyectos FONDECYT 1960973 y Diufro 9530.

<sup>2</sup>Universidad de La Frontera, Dpto. Ciencias Químicas,  
Casilla 54-D, Temuco, Chile.  
E-mail: gpalma@werken.ufro.cl

normalmente empleadas (Trimell y Shasha, 1988; Schreiber *et al.*, 1987, 1994).

Dentro de esta última categoría se incluyen las formulaciones de liberación controlada, cuya característica principal es la entrega del ingrediente activo en forma sistemática y localizada (Williams, 1984; Akelah, 1984), actuando con mayor precisión y reduciendo su impacto sobre otros organismos. Estas se preparan incorporando una sustancia biológicamente activa a un soporte polimérico, a través de métodos físicos o químicos. Los soportes pueden ser tanto sintéticos como de origen natural (Akelah *et al.*, 1987), siendo estos últimos los más utilizados, aprovechando las características y disponibilidad de desechos agrícolas y forestales.

Las características físico-químicas del soporte son determinantes, ya que este es el que protege al ingrediente activo de agentes externos y regula su liberación al medio. Su biodegradabilidad (Nisha *et al.*, 1987) junto a algunos requerimientos prácticos, como su alta disponibilidad y bajo costo son necesarios. Celulosa, lignina (Riggle y Penner, 1988) y almidón (Schreiber *et al.*, 1994) presentes en cáscaras de trigo, arroz, corteza de pino, aserrín, han sido utilizados en este tipo de formulación (Schreiber *et al.*, 1987; Palma *et al.*, 1995).

La explotación y procesamiento del pino insigne (*Pinus radiata*), la especie más importante de nuestro país, genera una gran cantidad de desechos, especialmente corteza, la que es parcialmente utilizada en la generación de energía, y que posee además las características necesarias para ser utilizada como soporte (Baeza *et al.*, 1986).

La eliminación de malezas en las plantaciones de pino mejora considerablemente su sobrevivencia y crecimiento, optimizando la acción de fertilizantes. El efecto de las malezas no se observa inmediatamente, pero produce en el tiempo menores tasas de crecimiento. El uso de herbicidas se contempla en el vivero, en la

preparación de los sitios de plantación y en aplicaciones postplantación (Rodríguez, 1985). El espectro de malezas que invaden las plantaciones forestales es muy amplio, incluyendo especies herbáceas y arbustivas (leñosas o semileñosas). Las más frecuentes son aliaga (*Ulex europaeus L.*), bautro (*Sarothamnus scoparius L.*), quila (*Chusquea quila*), zarzamora (*Rubus ulmifolius*), ballica (*Lolium sp.*), diente de león (*Taraxacum officinalis L.*) (Campos, 1982).

Hexazinona (Velpar) es un herbicida que ha sido probado en el control de malezas de hoja ancha y gramíneas en plantaciones de pino, obteniéndose resultados satisfactorios, siendo necesario la aplicación de dosis mayores para controlar algunas malezas (Martino, 1980; Matthei, 1982).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el uso de corteza de *Pinus radiata* como soporte de liberación controlada del herbicida hexazinona y su evaluación en el control de malezas en viveros de *Pinus radiata*, y la determinación de efectos secundarios sobre las plántulas de pino, en comparación con la formulación comercial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La corteza de *P. radiata* utilizada como soporte, fue molida y tamizada (0,25 - 0,50 mm). Las formulaciones de liberación controlada se prepararon por mezcla del herbicida hexazinona comercial (Velpar L, 25%), en tres dosis (3 L/ha, 7 L/ha, 14 L/ha) con la corteza, en presencia de gelatina al 2% como agente aglomerante. Las dosis indicadas corresponden a la formulación comercial, considerando la aplicación de una dosis inferior, igual y una superior a las aplicadas en el control de malezas en plantaciones de pino. Expresadas en función del ingrediente activo las dosis corresponden a 87,5 gr/ha, 175 gr/ha y 350 gr/ha. Posteriormente la mezcla húmeda fue pasada por un tamiz de 2 mm, obteniéndose una formulación granular.

Se estableció un ensayo en condiciones de campo con plantas de *P. radiata* que tenían tres meses de edad. Las plantas se encontraban establecidas sobre platabandas de 1,2 m de ancho con una alta densidad de plantación (50-80 plantas por m<sup>2</sup>) por lo que se realizó un raleo dejando 30 plantas por parcela, en 6 hileras. El suelo sobre el que se encontraban no había sido cultivado durante los últimos 10 años. Se usaron 24 parcelas de 1 m<sup>2</sup>, separadas una de otra por madera para evitar el traspaso de herbicida. Se trabajó con las malezas que emergieron por infestación natural en el sitio del ensayo, extrayendo en forma manual las malezas existentes, de todas las parcelas, un día antes de aplicar el herbicida. Se regaron las platabandas con el fin de que el suelo tuviera la humedad necesaria para que el herbicida pudiera actuar.

La formulación de corteza (25 g/m<sup>2</sup>) fue aplicada en forma manual al suelo teniendo cuidado de cubrir la superficie homogéneamente. La formulación convencional fue diluida en agua y aplicada con un pulverizador manual. Se evaluó el efecto de las formulaciones sobre el control de malezas a través del recuento de las malezas emergidas y materia seca de la planta completa. Estos resultados son expresados en porcentaje

con respecto al testigo. El efecto del herbicida sobre las plantas de *P. radiata* fue evaluado a través del Índice de Productividad, para lo cual se procedió a medir altura total (AT) y diámetro a la altura del cuello (DAC) de las plantas de pino. El Índice de Productividad se determinó a través de la fórmula  $DAC^2 \times AT$  (Castro y Urrutia, 1994).

Las mediciones se realizaron cada 30 días, una vez establecido el ensayo. Se utilizó un diseño de bloques totalmente al azar, con dos tratamientos y cuatro subtratamientos, con tres repeticiones. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza y se aplicó el test de rango múltiple de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en el control de las malezas para las dos formulaciones en las tres dosis en estudio. En el primer período de evaluación se observa un alto porcentaje de control de malezas en todas las dosis para ambas formulaciones, lográndose el mayor control a los 120 días. Sobre los seis meses de establecido el ensayo los resultados del análisis indican que hubo diferencia signifi-

**Cuadro 1. Porcentaje de control de malezas (%) en formulaciones de corteza y convencional del herbicida hexazinona, en tres dosis**

**Table 1. Weed control (%) in trials with bark-based and conventional formulations of three doses of hexazinone**

Formulación	Dosis i.a. (g/ha)	Tiempo (días)			
		60	120	180	240
Testigo	0,0	0,00 b	0,00 b	0,00 c	0,00 c
Corteza	87,5	78,16 a	92,83 a	74,52 ab	18,26 ab
Corteza	175,0	81,61 a	95,81 a	79,91 ab	30,65 ab
Corteza	350,0	79,31 a	98,51 a	90,62 a	31,83 a
Convenc.	87,5	86,21 a	89,58 a	70,02 b	8,38 b
Convenc.	175,0	88,51 a	95,40 a	75,11 ab	12,73 ab
Convenc.	350,0	90,20 a	98,11 a	85,37 ab	17,92 ab

Cifras con letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa, según Test de Rango Múltiple Tukey ( $P < 0,05$ ).

i.a.: ingrediente activo del herbicida convencional.

cativa entre la formulación convencional y la formulación de corteza en el control de malezas. Al término del ensayo la formulación de corteza presentó un porcentaje de control mayor que la convencional, en todas las dosis. La formulación de corteza en su dosis más baja muestra una efectividad comparable a la formulación convencional en su dosis más alta. Al seleccionar las dosis a utilizar se eligió una dosis mayor y una menor que las aplicadas normalmente. Estos resultados indican que sería posible usar dosis más bajas de herbicida utilizando la formulación de corteza, con resultados de control de malezas igualmente importantes y con un menor efecto sobre el ambiente.

Los resultados de la materia seca (Cuadro 2) determinada sobre toda la planta, no establecen diferencia entre formulaciones, excepto 240 días después de la aplicación.

En otros ensayos realizados utilizando desechos forestales y el mismo método de preparación de la formulación, tales como las formulaciones lignina-dicamba (Palma *et al.*, 1994), corteza-atrazina y corteza trifluralina (Palma *et al.*, 1997) los resultados han sido similares, estableciéndose las diferencias entre estas formulacio-

nes y las convencionales en el último período del ensayo. El herbicida interacciona con el soporte, dependiendo de la naturaleza de ambos, produciéndose su liberación gradual (Palma *et al.*, 1996; Wilkins, 1981).

El efecto de las formulaciones sobre las plantas de *P. radiata* fue evaluado a través del Índice de Productividad, midiendo altura total (AT) y diámetro altura cuello (DAC) de las plantas de pino (Cuadros 3, 4 y 5). Durante todo el ensayo no hubo diferencia entre las dosis. A los 60 días de control se manifiesta una diferencia en la altura de las plantas de 5 meses. Sobre los seis meses la formulación convencional tiene un efecto negativo sobre la altura no existiendo diferencias entre el testigo y la formulación de corteza. Por una parte esto sería indicativo que el herbicida que controla las malezas estaría actuando, ya que una de las características de estas formulaciones es la liberación gradual del herbicida desde el soporte. Por otra parte, en esta etapa de crecimiento de las plantas de pino pareciera no afectar la presencia de maleza en el desarrollo de las plantas, pero los efectos de éstas se manifiestan una vez establecida la plantación, debiendo necesariamente realizarse el control de las malezas.

**Cuadro 2. Porcentaje de materia seca (%) de malezas, en formulaciones de corteza y convencional del herbicida hexazinona, en tres dosis**

**Table 2. Weed dry matter (%) in trials with bark-based and conventional formulations of three doses of hexazinone**

Formulación	Dosis i.a. (g/ha)	Tiempo (días)			
		60	120	180	240
Testigo	0,0	100,00 b	100,00 b	100,00 b	100,00 b
Corteza	87,5	9,07 a	3,10 a	13,01 a	67,16 ab
Corteza	175,0	0,82 a	1,86 a	6,43 a	50,56 ab
Corteza	350,0	6,00 a	0,29 a	1,59 a	37,20 a
Convenc.	87,5	0,97 a	9,87 a	15,32 a	81,40 ab
Convenc.	175,0	2,26 a	4,42 a	11,84 a	76,48 ab
Convenc.	350,0	1,59 a	2,60 a	6,43 a	65,92 ab

Cifras con letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa, según Test de Rango Múltiple Tukey ( $P < 0,05$ ).

i.a.: ingrediente activo del herbicida convencional.

**Cuadro 3. Altura de las plantas de *Pinus radiata* (cm) obtenidas para formulaciones de corteza y convencional del herbicida hexazinona, independiente de la dosis empleada**

**Table 3. *Pinus radiata* plants height (cm) for bark-based and conventional formulations of hexazinone, regardless herbicide doses**

Formulación	Tiempo (días)				
	0	60	120	180	240
Testigo	8,35 a	12,62 ab	14,83 a	15,43 a	16,03 a
Corteza	8,67 a	13,09 a	14,80 a	15,41 a	15,89 a
Convenc.	8,10 a	11,9 b	12,80 b	13,37 b	13,94 b

Cifras con letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa, según Test de Rango Múltiple Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Cuadro 4. Diámetro a la altura del cuello (DAC) de las plantas de *Pinus radiata* (cm) obtenidas para las formulaciones de corteza y convencional del herbicida hexazinona, independiente de la dosis empleada**

**Table 4. Diameter of *Pinus radiata* (cm) plants for bark-based and conventional formulations of hexazinone, regardless herbicide doses**

Formulación	Tiempo (días)				
	0	60	120	180	240
Testigo	0,17 a	0,25 a	0,30 a	0,32 a	0,33 a
Corteza	0,17 a	0,26 a	0,30 a	0,32 a	0,33 a
Convenc.	0,17 a	0,24 a	0,28 a	0,29 a	0,30 a

Cifras con letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa, según Test de Rango Múltiple Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Cuadro 5. Índice de Productividad en plantas de *Pinus radiata* obtenido para las formulaciones empleadas**

**Table 5. Productivity Index of *Pinus radiata* plants for tested formulations**

Formulación	Tiempo (días)				
	0	60	120	180	240
Testigo	0,23 a	0,82 a	1,33 a	1,54 a	1,76 a
Corteza	0,27 a	0,87 a	1,38 a	1,60 a	1,79 a
Convenc.	0,24 a	0,64 b	1,01 b	1,12 b	1,30 b

Cifras con letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa, según Test de Rango Múltiple Tukey ( $P < 0,05$ ).

En la Figura 1 se observa que la productividad disminuye notoriamente, al utilizar la formulación convencional de herbicida, en esta etapa de crecimiento de la planta de pino. Estos resultados en términos de porcentaje indican una disminución notoria en la productividad, de un 27% a los 240 días. Según estos resultados el uso de estas formulaciones proporcionaría nuevas alternativas de uso de herbicidas que presentan toxicidad para algunas planta, pero que son eficaces en el control de las malezas.

Las malezas que aparecieron naturalmente y con mayor frecuencia en las parcelas fueron las siguientes: avenilla (*Avena fatua* L.), ballica (*Lolium multiflorum* L.), cardo blanco (*Silybum marianum* L.), chéptica (*Agrostis capilaris* L.),

chinilla (*Leontodon taraxicoides* L.), diente de león (*Taraxacum officinale*), pasto pinito (*Spergula arvensis* L.), vinagrillo (*Rumex acetosella* L.).

### CONCLUSIONES

Los resultados indican que la formulación de corteza es igualmente efectiva que el herbicida comercial, en gran parte del período de acción, aumentando su eficacia en el último período, con respecto a ésta última.

A través del Índice de Productividad queda establecido que no existe fitotoxicidad aparente sobre las plantas de pino al formular hexazinona en corteza.

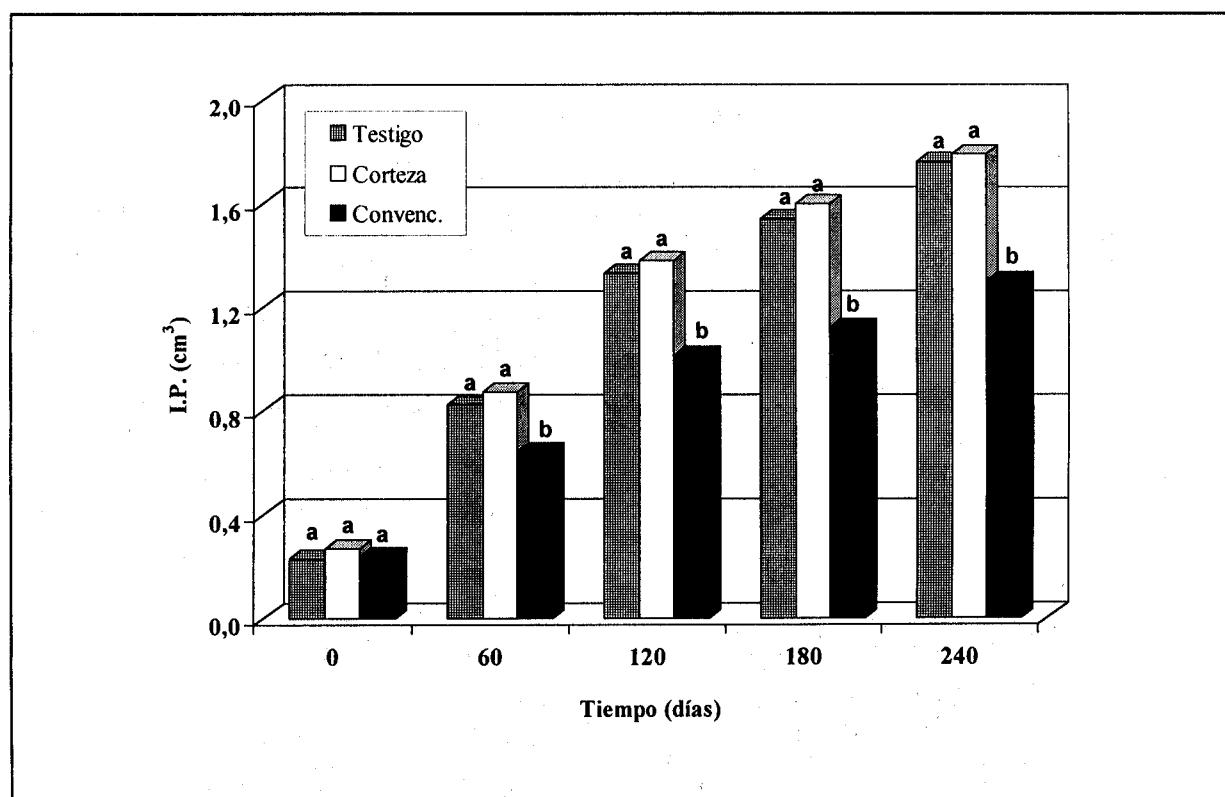


Figura 1. Índice de Productividad en plantas de *Pinus radiata* determinado para las formulaciones empleadas.  
Figure 1. Productivity Index of *Pinus radiata* plants determined for tested formulations.

## RESUMEN

La toxicidad de algunos herbicidas y las propiedades relacionadas con su formulación han producido algunas alteraciones ambientales. Las formulaciones de liberación controlada permiten la liberación gradual del ingrediente activo, evitando exceso de producto en el medio ambiente, entre otras características. En este trabajo se informan los resultados obtenidos al emplear hexazinona comercial y su formulación de liberación controlada, usando corteza como material de soporte, en el control de malezas en viveros de *Pinus radiata*. Se trabajó en parcelas con infestación natural de malezas y plantas de *Pinus radiata* de tres meses de edad. Los resultados se expresan a través del porcentaje de control de malezas e Índice de Productividad para las plantas de pino. A partir de los seis meses de esta-

blecido el ensayo, la formulación de corteza mostró un mayor control de malezas, obteniéndose al término del ensayo un 27% de control de malezas para las formulaciones de corteza, y un 13% para la convencional. El Índice de Productividad mostró un efecto negativo sobre el crecimiento de las plantas de pino al aplicar el herbicida convencional, en esa etapa de desarrollo de las plantas, disminuyendo la productividad en un 27%. La formulación de corteza mostró ser más efectiva que la comercial, presentando un mayor control de malezas sin producir daño aparente sobre las plantas de pino.

**Palabras claves:** liberación controlada, herbicida, maleza, pino insigne.

## LITERATURA CITADA

- AKELAH, A. 1984. Biological application of functionalized polymers a Review. J. Chem. Tech. Biotech. 34: 263-286.
- AKELAH, A.; HASSANEIM, M.; SELIM, A. AND REAHAB, A. 1987. Preparation and study of functionalized polymers containing pendent pesticides active group. J. Chem. Tech. Biotech. 37: 169-181.
- BARRA, R.; PÉREZ, M.; ILARENA, A.; TAPIA, F. Y RUBIN, J. 1995. Uso de pesticidas en Chile. Resultados preliminares. In: Seminario de manejo y uso de pesticidas en Chile: Problemas y recomendaciones. Universidad de Concepción, Centro EULA-Chile. p. 115-126.
- BAEZA, J.; FREER, J.; ROJAS, N.; PALMA, G. AND DURÁN, N. 1986. Characterization of polyphenols extracted from wood. Bol. Soc. Chil. Quím. 31: 115-121.
- CASTRO, C. Y URRUTIA, J. 1994. Evaluación de un fertilizante mezcla química de lenta entrega en el establecimiento de *Eucalyptus nitens*. In: Seminario Silvotecnica III. Universidad Austral. Valdivia, Chile. p. 121-131.
- CAMPOS, L. 1982. Influencia de tres malezas en el desarrollo de *Pinus radiata* D. Don en la VIII Región. Control químico y sus efectos. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 132 p.
- DONZEL, B. AND DORN, E. 1992. Appraisal of the fate of agrochemicals in plants and soil: a cost effective integrated approach. Pure and Appl. Chem. 64(12): 1965-1976.
- MARTINO, J. 1980. Aplicación de herbicidas en plantaciones forestales. Chile Forestal N° 68. Suplemento. 7 p.

- MATTHEI, B. 1982. Control químico de malezas en plantaciones de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad de Valdivia, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 158 p.
- NISHA, G.; SUYATHA, C. AND KALYANASUNDARAM, M. 1987. Controlled release formulations of mosquito larvicide with biodegradable ingredient. *Indian J. Med. Res.* 86: 728-732.
- PALMA, G.; LÓPEZ, H.; FLORES, L.; FREER, J. AND BAEZA, J. 1994. Weed control in *Eucalyptus globulus* plantations with granular controlled release herbicides. *In: Proc. of the 3rd Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignin and Other Wood Components.* Campinas, Brasil. p. 286-290.
- PALMA, G.; LÓPEZ, H.; ANTILEO, M.; FREER, J. AND BAEZA, J. 1995. Use of forestry wastes from *Pinus radiata* D. Don controlled release formulations of herbicides. *Bol. Soc. Chil. Quím.* 40: 129-134.
- PALMA, G.; LÓPEZ, H.; ALVEAR, M. Y ARCO, J. 1996. Aplicación de formulaciones granulares de herbicidas de acción controlada en viveros de plantaciones forestales. *Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín N° 11:* 53-56.
- PALMA, G.; SALAZAR, I.; LÓPEZ, H. Y OPAZO, G. 1997. Utilización de formulaciones alternativas de trifluralina y atrazina en el control de malezas. XLVIII Congreso Anual de la Sociedad Agronómica de Chile. Arica, Chile. p. 119 (Resumen).
- RIGGLE, B. AND PENNER, D. 1988. Controlled release of three herbicides with the kraft lignin PC940C. *Weed Science* 36: 131-136.
- RO, K. AND LIBRA, J. 1995. Pesticides and herbicides. *Water Environment Research* 67(4): 548-552.
- RODRÍGUEZ, F. 1985. Control químico de una pradera para el establecimiento de una plantación de *Pinus radiata* D. Don en la provincia de Valdivia, X Región. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 110 p.
- SCHREIBER, M.; WHITE, M. AND SHASHA, B. 1987. Efficacy of controlled release formulations of trifluralin in non till soybeans. *Weed Science* 35(3): 407-411.
- SCHREIBER, M.; HICKMAN, M. AND VAIL, G. 1994. Efficacy of starch encapsulated formulations of atrazine containing two or three herbicides in same granule. *Weed Technology* 8: 105-113.
- TOMLIN, C. 1995. *The Pesticide Manual.* Crop Protection Public. London, UK. p. 701.
- TRIMELL, D. AND SHASHA, B. 1988. Autoencapsulation: a new method for entrapping pesticides within starch. *J. of Controlled Release* 7: 25-31.
- WILKINS, R. 1981. Use of controlled release of herbicide in the establishment of conifer plantations. *In: Proc. Crop Protection Northern Britain.* Newcastle, UK. p. 261-267.
- WILLIAMS, A. 1984. The controlled release of bioactive agents. *Chemistry in Britain* 3: 221-224.