

Efecto de la aplicación del herbicida Metsulfuron Metil en mezcla con Glifosato, en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill.

Bravo, T.⁽¹⁾, Muñoz, F.⁽²⁾ y Sánchez-Olate, M.⁽²⁾

⁽¹⁾ Forestal Mininco S.A., Avda. Alemania 751, Los Angeles, Chile.

⁽²⁾ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Casilla 160-C, Concepción, Chile.

fmunoz@udec.cl

INTRODUCCION

El cultivo de *Eucalyptus* no está ajeno a las pérdidas ocasionadas por las malezas, siendo significativo el efecto medido en el crecimiento y la supervivencia de plantas. La rentabilidad que se puede obtener de una plantación está en relación, entre otros factores, con la aplicación de un adecuado programa de control de malezas, lo que permite disminuir los costos incurridos en el establecimiento y el plazo de retorno de la inversión.

Todas las especies de *Eucalyptus* recomendadas para su plantación en Chile son altamente susceptible a la competencia por luz, agua y nutrientes que imponen las malezas, particularmente de tipo herbáceo (Prado 1991). Las malezas no sólo disminuyen la disponibilidad de agua en el suelo por incremento en la evapotranspiración, sino que, también interceptan parte de la precipitación, reteniéndola en la superficie del suelo. Hay suficiente evidencia que indica que el momento de control de las malezas es uno de los factores de mayor importancia (Kogan 1993, Kogan *et al.* 1992 y Prado 1991). Mientras más largo sea el período de interferencia de las malezas después de la plantación, más significativo será el efecto negativo (Kogan *et al.* 1992). Para lograr un efectivo control de malezas se debe considerar, entre otros factores, una adecuada dosificación, volumen de aplicación apropiado, determinar el estado de desarrollo más vulnerable de la maleza y la calidad del agua a utilizar para la aplicación (Chorbadjian y Kogan 2001). Además, se debe tener en cuenta el tipo de control de malezas, sea éste control físico (manual o mecánico) o químico (con 1 herbicida o una combinación de ellos), así como las características operacionales de su aplicación (Holmberg 1992).

La aplicación de herbicidas antes de la plantación es una alternativa eficaz en el control de las malezas en plantaciones de *Eucalyptus*. La dosis de productos dependerán del tipo y densidad de vegetación que se requiera eliminar (Prado 1991). El control post plantación debe efectuarse después de una adecuada evaluación del tipo y grado de infestación de malezas, y nivel de competencia con el cultivo, además, considerar el mayor costo debido al cuidado que se debe tener con las plantas cultivadas (Holmberg 1992).

Un herbicida es considerado eficiente si persiste suficiente tiempo en el sitio de acción como para que pueda causar un buen control de malezas y posteriormente ser degradado, de manera que sus residuos no afecten cultivos posteriores, ni causen contaminación ambiental (Thurn-Valsassina 2001). Dentro de los herbicidas más utilizados por la actividad silvícola para el control de malezas en plantaciones forestales se encuentra la mezcla Metsulfuron-Metil y Glifosato (Metsulfuron-Glifosato). Aunque Glifosato es un herbicida que controla tanto malezas anuales como perennes, herbáceas y leñosas; no posee efecto residual o actividad en el suelo sobre semillas en germinación y existen algunas especies de malezas que son resistentes a la acción de Glifosato, por lo que mezclas con otros herbicidas, como Metsulfuron, aumentan la actividad y el espectro de acción de este producto (Kogan 1992). Cabe hacer notar, que hasta algunos años se utilizó ampliamente el herbicida Simazina en mezcla con Glifosato, pero, debido al cuestionamiento ambiental de Simazina, se reemplazó por Metsulfuron-Metil.

El herbicida Metsulfuron-Metil pertenece al grupo de las sulfonilureas, caracterizado por su gran actividad biológica (eficaces a dosis relativamente bajas) y su amplio espectro de acción (Fuentes 1992). Además, es un herbicida de gran versatilidad y relativamente de bajo costo. Si bien es un herbicida persistente en el suelo, esta característica se relaciona con la dosis de uso, así como con las condiciones ambientales, tales como el tipo de suelo y las lluvias ocurridas después de la aplicación. En siembra directa se emplea en barbechos químicos previo a la siembra de trigo, maíz, sorgo o soja (respetando los correspondientes períodos de carencia previos a la siembra de cultivos sensibles). También se le utiliza en tratamientos de post emergencia temprana en cultivo de trigo, solo o en mezclas con herbicidas hormonales.

Aunque Metsulfuron puede ser usado en pre emergencia o post emergencia, es la aplicación post emergencia de uso general (Beyer *et al.* 1988). Es altamente activo en el suelo con dosis muy bajas (5 a 70 g de ia/ha) y a pesar de las dosis bajas, el efecto residual que tiene puede

causar problemas en rotaciones con cultivos de dicotiledóneas sensibles (Walker *et al.* 1989). Es absorbido tanto por el follaje como por el sistema radicular y luego es traslocado a toda la planta vía apoplasto y simplasto (Fuentes 1992). Una vez dentro de la planta es traslocado a los puntos de crecimiento donde inhibe la división celular. Las plantas detienen su crecimiento y toman un color colorado-púrpura, muestran clorosis, necrosis, decoloración de las venas y muerte de los ápices. Los síntomas visuales aparecen dos semanas luego de la aplicación y las plantas mueren dos a tres semanas más tarde (Kogan *et al.* 1992).

El herbicida Glifosato (sal isopropilamina del ácido N-(fosfometil) glicina) es un herbicida sistémico de amplio espectro, con una alta actividad, sobre casi todas las malezas anuales y perennes, tanto mono como dicotiledóneas (Chorbadjian y Kogan 2001). Es un herbicida de post emergencia que posee propiedades asociadas de alta actividad herbicida, capacidad de traslocarse y distribuirse a los propágulos de las malezas tratadas. Es un herbicida no selectivo, por lo tanto afecta a la gran mayoría de las especies. Glifosato se ha transformado en un producto extremadamente importante desde su introducción en USA en 1971 (Kogan *et al.* 1992).

El glifosato se desplaza rápidamente de las hojas de las plantas tratadas a otras partes, incluidos los botones de las puntas de los tallos y de las raíces, y los órganos subterráneos de almacenamiento, como rizomas y tubérculos. Es muy efectivo en el control de malezas perennes y es más eficaz que muchos otros herbicidas no selectivos. Si se aplica al suelo, el Glifosato presenta poca actividad ya que su fuerte unión a la materia orgánica del suelo hace que la sustancia no se encuentre biológicamente disponible para las plantas (Solomon *et al.* 2005). Glifosato presenta estructura química molecular simple, de relativamente alta solubilidad y pequeño peso molecular comparado con la mayoría de los herbicidas (Kogan *et al.* 1992).

La química del Glifosato es importante para determinar su destino en el ambiente. El Glifosato es un ácido débil compuesto por mitad de glicina y mitad de fosfometil. Química y físicamente se asemeja mucho a sustancias que se encuentran en la naturaleza y no reacciona químicamente; no es móvil en el aire ni en los suelos; no tiene una gran persistencia biológica, y tampoco es bioacumulable ni se biomagnifica a lo largo de la cadena alimenticia. Se ioniza fácilmente como anión, se adsorbe fuertemente a la materia orgánica en los suelos con pH normal. Por consiguiente, posee poca movilidad en los suelos y es rápidamente

removido del agua por la adsorción a los sedimentos y a las partículas de materia suspendidas (Solomon *et al.* 2005). El Glifosato se degrada por procesos fotoquímicos, químicos y biológicos, por el efecto de la luz ultravioleta pero por hidrólisis química, aunque, en la práctica, la de mayor magnitud es la descomposición enzimática por efecto de los microorganismos del suelo, la cual origina la formación de metabolitos biológicamente inactivos, tales como el ácido amino metil fosfórico (Kogan 1992).

En general, los herbicidas que se evalúen para solucionar el problema de malezas en plantaciones de *Eucalyptus* deben cumplir ciertas condiciones para un control efectivo. Es deseable un efecto residual lo suficientemente largo como para permitir que las plantas de eucaliptos puedan pasar el período estival libre de competencia de las malezas por agua, que en este período es crítico. Por otra parte, los herbicidas deben tener características que cumplan los requerimientos de producción sustentable que establecen las normas de certificación que incluyen aspectos de seguridad, ambientales y sociales.

En este contexto, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar el efecto de la aplicación del herbicida Metsulfuron-Metil en mezcla con Glifosato, aplicado como control pre plantación para *Eucalyptus globulus* Labill, con diferentes tiempos de carencia de plantación (días de espera para plantar) establecido en un suelo de arcilloso de la comuna de Mulchén. Se intenta conocer si esta mezcla de herbicidas influye en el crecimiento y prendimiento de la plantación.

METODOLOGIA

Descripción del área de estudio. El estudio se realizó en el Predio Cuatro Hermanas de propiedad de la empresa Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A., ubicado en la VIII región, provincia de Bío Bío comuna de Mulchén, 9 Km al sur oeste de Mulchén. Este ensayo se estableció en un cuyo uso anterior fue cultivo de trigo. El área de estudio presenta pendiente de 5%.

Características Climáticas. El clima de la zona corresponde a templado cálido con estación seca y lluviosa semejante (Fuenzalida 1971). La precipitación media anual es de 1.318 mm con una distribución estacional bien marcada. La temperatura máxima media anual es de 21°C

y la mínima media anual de 6°C. Los datos climáticos fueron registrados en la estación meteorológica Aguada de Chumulco, propiedad de Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A., distante 1 km del lugar del ensayo.

Características edáficas. Los suelos de la zona corresponden a la serie Collipulli (Carrasco *et al.* 1993), que pertenecen al grupo de los suelos rojo arcillosos (Alfisoles). Son suelos desarrollados a partir de material piroclástico antiguo que descansa sobre conglomerados volcánicos muy meteorizados y que no guardan relación genética con el perfil. Su textura es franco arcillosa a arcillosa y la estructura es granular a subpoliédrica. De color pardo rojizo a rojizo, son suelos moderadamente profundos a profundos, muy plásticos, poseen una gran cantidad de agua aprovechable, la que aumenta en profundidad. El drenaje interno se presenta lento, con rangos que van desde muy lentos a moderados (Bonelli y Schlater 1995). El predio en el cual se estableció el ensayo posee una textura de suelo arcillosa con contenido de materia orgánica que varía entre el 6,7 al 3,2% dependiendo de la profundidad de la estrata y el pH es moderadamente ácido.

Vegetación en el sitio del ensayo. Se realizó inventario de malezas previo a la instalación del ensayo, determinando la presencia de las siguientes especies, las que en su conjunto presentaban cobertura del 100% (Tabla 1).

Tabla 1. Inventario de las malezas en el sitio del ensayo.

Nombre común	Nombre científico
<u>Malezas de hoja ancha</u>	
Rábano	<i>Raphanus raphanistrum L</i>
Hierba del Chancho	<i>Hypochaeris radicata L.</i>
Chinilla	<i>Leontodon saxatilis Lam</i>
Bolsita del Pastor	<i>Capsella bursa-pastoris (L.) Medik</i>
Cerastio	<i>Cerastium sp</i>
Calabacillo	<i>Silene gallica L</i>
Pasto Pinito	<i>Spergula arvensis L</i>
Quilloi-Quillo	<i>Stellaria media (L.) Vill.</i>
Alfilerillo	<i>Erodium cicutarium (L) L'Hér.ex Aiton</i>
Vinagrillo	<i>Oxalis micrantha Bertero ex Colla</i>
Vinagrillo	<i>Rumex acetosella L.</i>
<u>Gramíneas</u>	
Ballica	<i>Lolium sp</i>
Cola de zorro	<i>Cynosorus echinatus L.</i>

Preparación de sitio. La preparación se efectuó en abril del 2005, con tractor agrícola y rastra incorporada, efectuándose subsolado a una profundidad de 40 cm.

Control de malezas preplantación. El control se realizó el 8 de Septiembre del 2005, para todos los tratamientos. La aplicación de los herbicidas se realizaron de acuerdo a los estándares de Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A., con equipos de espalda y un mojamiento de 150 l/ha. Los herbicidas utilizados fueron (productos comerciales): Ajax 50 WP, para el ingrediente activo Metsulfuron-Metil (en adelante Metsulfuron), de concentración 500 g/kg (polvo mojable), y para el ingrediente activo Glifosato, el producto comercial fue Rango WG, de concentración 74,7% p/p WG (granulado dispersable). A todos los tratamientos se les incorporó surfactante de nombre comercial Zoom 50 en una dosis de 0,25%.

Descripción de la Plantación. La plantación se efectuó en forma manual empleando la técnica de plantación “Sipco” (Sistema Integrado de Plantación Colcura), que consiste en plantar en primavera con planta de contenedor, aplicación de agua, gel y fertilizante. El espaciamiento de plantación fue 2 x 3,5 m. La plantación se realizó entre el 26 de Septiembre para el tratamiento 15 días y el 10 de octubre para el tratamiento 30 días; con plantas de *E. globulus* provenientes del vivero de Forestal y Agrícola Monte Aguila S.A. Las plantas empleadas fueron producidas en contenedor (raíz cubierta), con un sistema radicular bien formado, con abundante raíces secundarias, equilibradas nutricionalmente, de internudos cortos, micorrizadas, con mínimo de 6 pares de hojas, en buen estado fitosanitario, de color verde moderado, de 17 a 25 cm de altura y 0,16 a 0,20 cm de diámetro.

Fertilización. Se aplicó 150 g/planta de mezcla de fertilizantes, a objeto de mantener una adecuada concentración de nutrientes mientras se desarrolla el sistema radicular, y para complementar el suministro natural de nutrientes donde sea necesario por las características del sitio.

Diseño experimental. Se empleó un diseño factorial de dos factores. Un factor es el herbicida Metsulfuron en tres niveles (dosis de 50, 75 y 100 g/ha) y el otro, tiempo de carencia de plantación en dos niveles (15 y 30 días de aplicación antes de la plantación) (Tabla 2). La aplicación de Metsulfuron se realizó en mezcla con Glifosato (en adelante la mezcla se menciona como Metsulfuron+Glifosato). Las variables respuesta fueron diámetro a la altura

del cuello, altura y sobrevivencia de las plantas. La unidad experimental consistió en parcelas de forma rectangular de 180 m² de tamaño, que incluye 30 plantas, de las cuales se miden solo las 12 centrales, el resto corresponde a líneas de borde.

Tabla 2. Identificación y descripción de los tratamientos estudiados.

Tratamientos	Dosis Metsulfuron (g/ha) + 2 kg de Glifosato	Tiempo de carencia de plantación (días de espera post aplicación)
T1	50	15
T2	50	30
T3	75	15
T4	75	30
T5	100	15
T6	100	30

Variables medidas. Se midieron el diámetro a la altura del cuello (DAC) (mm), altura total (H) (cm) y sobrevivencia de cada una de la plantas en estudio, al momento del establecimiento, 90 y 240 días (8 meses) después. Adicionalmente, se determinó el índice de biomasa total (IBT), según la expresión $IBT = DAC^2 * H$

RESULTADOS Y DISCUSION

Interacción de los factores en estudio para las variables respuesta luego de 8 meses de establecida la plantación

Diámetro y altura. El efecto de los factores estudiados (Tiempo de carencia de plantación y Metsulfuron+Glifosato) exhiben efectos principales significativos, interactúan entre ellos y afecta de manera significativa ($P<0,05$) el resultado de la variable diámetro de cuello y altura de las plantas.

Indice de Biomasa Total. El factor Metsulfuron+Glifosato presenta efecto principal significativo, no así el factor Tiempo de carencia de plantación, como tampoco es significativa la interacción entre ambos factores ($P<0,05$).

Evaluación de los tratamientos. Para todas las variables estudiadas, el tratamiento T3 alcanza el mayor valor de Dac, H y IBT. En este tratamiento se aplicó 75 g de Metsulfuron+Glifosato 15 días antes de la plantación (Tabla 3)

Tabla 3. Comparación de medias de los tratamientos para las variables respuesta en estudio (*)

Tratamiento	Dac (cm)	Altura (cm)	Indice Biomasa (cm ³)
T1	1,8403 ab	97,47 abc	498,48 ab
T2	1,6828 abc	87,52 bcd	439,18 abc
T3	1,9389 a	106,14 a	622,96 a
T4	1,9001 ab	100,47 ab	610,12 a
T5	1,8592 ab	105,11 a	534,77 ab
T6	1,4295 cd	78,03 d	372,72 bc

(*)En cada columna, letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $P<0,05$).

El resultado de la prueba de comparación de medias (Tukey, $P < 0,05$) indica que los tratamientos T3 y T4 presentan valores significativamente diferentes al tratamiento T6 de menor desarrollo. El tratamiento T6 corresponde a una aplicación de 100 gr/ha de Metsulfuron+Glifosato 30 días antes de la plantación.

No hay diferencias significativas ($P < 0,05$) en el crecimiento de las plantas de *E. globulus* al aplicar distintas dosis de Metsulfuron+Glifosato (50, 75 o 100 gr/ha) cuando el tiempo de carencia de plantación es de 15 días. No ocurre lo mismo cuando el tiempo de carencia es de 30 días antes de plantar. El tratamiento de 100 gr/ha de Metsulfuron+Glifosato presenta diferencias significativas respecto de la dosis 50 y 75 gr/ha. Esto indica que el efecto del herbicida sobre el crecimiento y desarrollo del eucalipto depende principalmente del tiempo de carencia de plantación y luego de la dosis de aplicación.

Sobrevivencia de las plantas de *E. globulus* luego de 8 meses de establecida la plantación

El promedio de sobrevivencia de la plantación fue del 99% y no hay diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Se destacan la tasa de sobrevivencia de los tratamientos con tiempo de carencia de plantación de 15 días, los cuales presentan una tasa del 100% de sobrevivencia (Figura 1). Los tratamientos T2, T4 y T6 que incluyen 50, 75 y 100 gr/ha de Metsulfuron+Glifosato, aplicados 30 días antes de la plantación, producen daño en la planta lo que se traduce en un aumento de la mortalidad, aunque sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

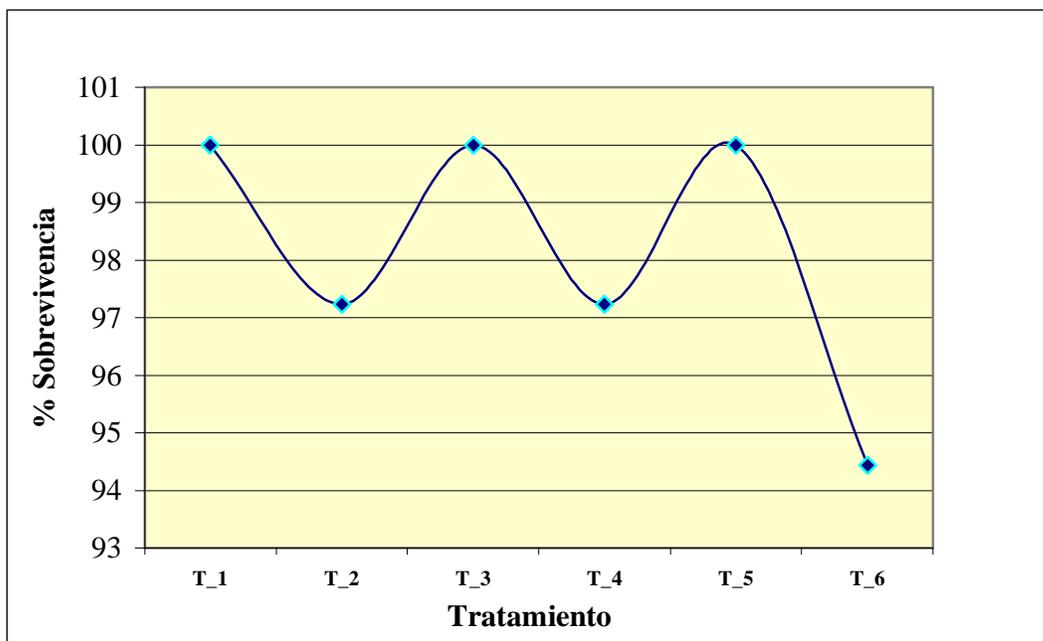


Figura 1. Gráfico de supervivencia de plantas de *Eucalyptus globulus* luego de 8 meses de establecida.

El mayor daño de las plantas en los tratamientos con aplicaciones de herbicidas 30 días antes de plantar, se explica porque Metsulfuron presenta alta movilidad, llegando hasta la zona de las raíces de las plantas. En cambio, cuando se aplica 15 días antes de la plantación, al momento de plantar está aún cercano a la superficie del suelo y no está en concentraciones letales, de tal manera que no afecta a la planta de eucalipto cuando es transplantada. A respecto Smith (1991) señala que Metsulfuron es potencialmente de alta movilidad, especialmente en suelos de buen drenaje donde es lixiviado al subsuelo. Asimismo, Thurn-Valssasina (2001) observó entre los 0 y 30 días después de la aplicación Metsulfuron una disminución significativa en la tasa de degradación del herbicida, en un suelo con un pH similar al del área de ensayo.

En cuanto al herbicida Glifosato, Kogan (1992) indica que este producto no posee actividad en el suelo, ni se lixivia como consecuencia de la fuerte adsorción por parte de las partículas coloidales; además es degradado por la microflora presente en el suelo. Por lo tanto, el resultado de los tratamientos efectuados 30 días antes de la plantación con la mezcla de Metsulfuron+Glifosato no se atribuye al efecto del herbicida Glifosato, si no al efecto del Metsulfuron.

CONCLUSIONES

La mezcla de herbicidas Metsulfuron+Glifosato constituye una adecuada alternativa de control de malezas si es aplicada 15 días antes de la plantación, no afectando el crecimiento como tampoco la sobrevivencia de las plantas.

BIBLIOGRAFIA

Beyer, E., Duffy, M., Hay, J. Schlueter, D. 1988. Sulfonylurea Herbicides. I: Herbicides Chemistry, Degradation and Mode of Action. Vol.3. Nueva York, EEUU. pp.117-190

Bonelli, C., J. Schlatter. 1995. Caracterización de suelos rojo arcillosos de la zona Centro-Sur de Chile. Bosque, vol. 16:21-37.

Carrasco, P., J. Millan, E. Peña. 1993. Suelos de la cuenca del río Biobío. Características y problemas de uso. Serie Análisis territorial. Ediciones Universidad de Concepción. 107 p.

Chorbadjian, R., M. Kogan. 2001. Pérdida de actividad del glifosato debido a la presencia de suelo en el agua de aspersión. Revista Ciencia e Investigación Agraria 28(2):83-87.

Fuentes, R. 1992. Características de los principales grupos de herbicidas. Curso de uso y manejo de plaguicidas. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Universidad Austral de Chile, Valdivia. pp. 97-121.

Fuenzalida, H. 1971. Clima: Geografía Económica de Chile. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. pp. 99-192.

Holmberg, J. 1992. Silvicultura de *Eucalyptus*. En: Actas II Taller Silvícola sobre *Eucalyptus* y bosque Nativo. Grupo Silvícola. Noviembre 1992. Concepción, Chile. pp: 85-95.

Kogan, M. 1992. Malezas Ecofisiología y estrategias de control. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 402 p.

Kogan, M., Fuentes R., Espinoza N., 1992. Biología de las malezas, herbicidas y estrategias en el sector Forestal, Concepción. 194p.

Kogan, M. 1993. Manejo de malezas en plantaciones en frutales. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 277 p.

Prado, D. 1991. Establecimiento de plantaciones. En: Eucalyptus, principios de silvicultura y manejo. CORFO-INFOR. Santiago, Chile. pp:42-78.

Solomon K., Anodon A., Cerdeira A., Marshall j., Sanín L. 2007. Estudio de los efectos del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida Glifosato (PECIG) y de los cultivos ilícitos en la salud humana y en el medio ambiente.

Department of Public Health Sciences, Faculty of Medicine, University of Toronto, Canada.
Disponible en www.cicad.oas.org/es/glisfosatoInformeFinal.pdf

Smith, C. 1991. Sulfonylurea Herbicides. PJB Publications Ltd. Surrey, Inglaterra. 179p.

Thurn-Valsassina, F. 2001. Persistencia del Metsulfuron-metil y Triasulfuron en tres suelos de la décima región. Tesis de grado, Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Walker, A., Welch, S. 1989. The relative movement and persistence in soil of three pesticide leaching models with experimental data for alachlor, atrazine and metribuzin. *Weed Research* 36: 37-47.



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
4° CONGRESO CHILENO DE CIENCIAS FORESTALES

Aceptación para publicación en plataforma virtual

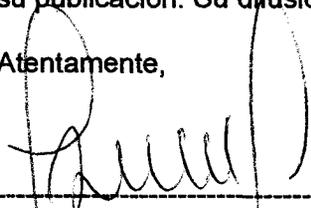
Señores
Comisión Organizadora
4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales
Universidad de Talca, Chile.

Estimados Señores

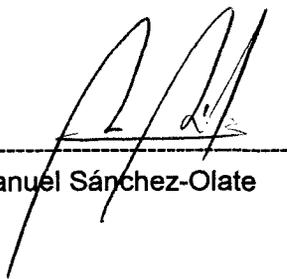
Quien suscribe, autores de la ponencia: "Efecto de la aplicación del herbicida metsulfuron metil en mezcla con glifosato, en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill." autorizan a los organizadores del 4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales, a la publicación del texto completo en la plataforma virtual *Dspace* de la Biblioteca de la Universidad de Talca, permitiendo con ello a su acceso a través de la Internet.

El texto, que se envió en formato Word, será transformado a formato pdf para su publicación. Su difusión estará disponible hasta el mes de Octubre del 2010.

Atentamente,



Teresa Bravo



Manuel Sánchez-Olate



Fernando Muñoz

Talca, junio de 2009.