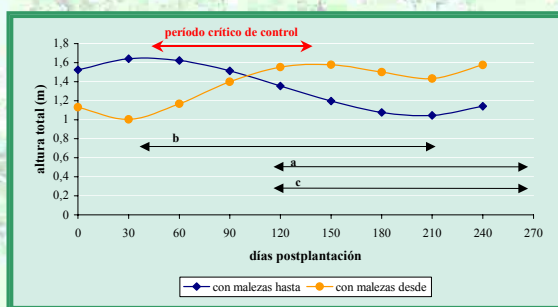


# Bases para el desarrollo de un sistema integrado de control de malezas en el establecimiento de plantaciones de *Populus* spp. del centro-norte de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.



Ing. Ftal. Fabio G. Achinelli





**Bases para el desarrollo de un sistema integrado de control de malezas en el establecimiento de plantaciones de *Populus* spp. del centro-norte de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**Universidad Nacional de La Plata**  
**Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**  
**Carrera de Postgrado en Protección Vegetal, Edición 1997-1998.**  
**Convenio UNLP - INTA - SENASA**

**Bases para el desarrollo de un sistema integrado de control de malezas en el establecimiento de plantaciones de *Populus* spp. del centro-norte de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

Trabajo de tesis para optar por el grado de Magister Scientiae en Protección Vegetal, con orientación en Manejo Integrado de Plagas.

**Tesista:** Ing. Ftal. Fabio Germán Achinelli.

**Director:** Ing. Agr. Pericles A. Merlo

**Codirectores:** Ing. Agr. Agustín Mitidieri (†) e Ing. Agr. Raúl M. Marlats.

La Plata

Agosto de 2007



Facultad de Ciencias  
Agrarias y Forestales,  
UNLP



Comisión de  
Investigaciones Científicas  
Gobierno de la Provincia  
de Buenos Aires



La presente tesis fue financiada mediante una beca del Fondo para el Mejoramiento de la Calidad Universitaria (FOMECA), e incluye datos obtenidos por el autor en el desempeño del cargo de Profesional de Apoyo de la Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires (CIC), así como también resultados logrados en el marco del Convenio de Trabajo entre la Cátedra de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP y la Empresa Papel Prensa SAICFyM.

## Resumen.

Las Salicáceas (*Populus* spp., *Salix* spp.) son el tercer cultivo forestal en importancia de la Argentina, contando con una superficie cultivada de 110.000 ha que se distribuye mayormente en las regiones del Delta del Paraná y continental de la Provincia de Buenos Aires. En las forestaciones de la región continental los productores controlan las malezas mediante un sistema mecánico tradicional, que insume casi el 40% de los costos de reforestación y resulta poco eficiente en cuanto a aspectos operativos y de eficacia de control.

El objetivo general de esta tesis fue producir información científico-tecnológica básica para la implementación de un sistema integrado de control de malezas, que permita reemplazar al sistema mecánico en las plantaciones de álamo (*Populus* spp.) del centro-norte de la Provincia de Buenos Aires.

Los trabajos se agruparon en tres líneas de investigación complementarias, en donde se abordaron grupos específicos de problemas. En la primera línea de trabajo se determinó la composición específica de la comunidad de malezas y la magnitud de su interferencia, se establecieron los niveles de control y fitotoxicidad que producen diferentes herbicidas, y se evaluaron en forma comparada los efectos sobre la supervivencia y el crecimiento del cultivo de distintos tratamientos integrados de control respecto del sistema actual. La segunda línea estudió la variación temporal de la interferencia en busca de la definición del período crítico para el control de malezas, y en la tercera línea de trabajo se evaluó el resultado económico potencial de la implementación de los cambios estudiados en el sistema de control, considerando diferentes escenarios económico-financieros, grados de incorporación de tecnología y de reemplazo de mano de obra. Las distintas líneas comprendieron experiencias en campo llevadas a cabo entre los años 1998 y 2004 en el Establecimiento Forestal “María Dolores”, Partido de Alberti, Provincia de Buenos Aires (34° 50' Lat. Sur; 60° 30' Long. Oeste; 55 msnm). Los trabajos se efectuaron siguiendo una estrategia progresiva de experimentación: en una primera etapa se realizaron ensayos exploratorios y posteriormente los resultados iniciales obtenidos fueron evaluados en ensayos a escala de producción y parcelas demostrativas de 5 hectáreas de superficie.

Las comunidades de malezas del Establecimiento “María Dolores” estuvieron compuestas básicamente por malezas agrícolas de la región pampeana, siendo las especies más importantes *Ammi majus* (falsa biznaga), *Bromus catharticus* (cebadilla criolla), *Carduus acanthoides* (falso cardo negro), *Cirsium vulgare* (cardo negro), *Cynodon dactylon* (gramón), *Lolium multiflorum* (raigrás) y *Sorghum halepense* (sorgo de Alepo). En los ensayos y parcelas demostrativas las malezas sin control alcanzaron valores de cobertura del 50 al 95% a mediados de la primavera y en la primera estación de crecimiento. Esta situación determinó la ocurrencia de interacciones malezas - cultivo que en todos los casos tuvieron efectos netos negativos sobre el desarrollo de los álamos.

Las malezas provocaron pérdidas en altura total del 52 al 55,2 % al segundo año de crecimiento, y en algunos ensayos afectaron la supervivencia de estacas produciendo una mortandad del 40,4 %; las pérdidas porcentuales fueron mayores en variables como el volumen de leño con corteza, con reducciones del 91 al 95 % al segundo año. Se comprobó además que los efectos de las malezas trascendieron la etapa de establecimiento y fueron significativos aún cumplido el sexto año de crecimiento; a esa edad las pérdidas registradas en altura total fueron del 20%, significando para el productor el retraso de un año en el desarrollo del rodal con malezas respecto de otro que fue desmalezado con el tratamiento mecánico. Las pérdidas por interferencia de malezas encontradas en “María Dolores” resultaron comparables o incluso superiores a las registradas por enmalezamientos en otras plantaciones de álamo del mundo.

En los ensayos exploratorios las dosis evaluadas de los herbicidas simazina, oxifluorfen, diuron, linuron, terbutilazina, alaclor, imazaquin, quizalofop-P-etil, glifosato y glufosinato de amonio resultaron seguras hacia los álamos. En estos ensayos los sistemas de control químicos-mecánicos no representaron mejoras en términos de eficacia de control, pero el desarrollo de los álamos en algunos sistemas con herbicidas y fertilizantes superó al obtenido con el sistema mecánico, mostrando en este sentido ventajas en favor del control integrado. El crecimiento del cultivo en las parcelas con control integrado fue superior al de las parcelas con control tradicional hasta el cuarto año post-plantación, pero hacia el sexto año estas diferencias desaparecieron.

Los mejores tratamientos de la etapa exploratoria fueron posteriormente evaluados en ensayos a escala de usuario y parcelas demostrativas, a partir de lo cual se definió un sistema químico-mecánico alternativo con factibilidad de ser transferido a los productores, y que tuvo mayor eficacia de control que el sistema mecánico, con ganancias de crecimiento en altura en los álamos de un 18 % al segundo año. Este sistema combina pasadas de disco entre filas con aplicaciones en bandas de 0,72 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de glifosato en mezcla de tanque con 0,3 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de imazaquin, y luego aplicaciones en postemergencia de 68 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-P-etil; los tratamientos químicos mencionados fueron seguros en los distintos clones de álamo, características de sitio y condiciones climáticas de la región. Se comprobó que los herbicidas pueden aplicarse en forma mecanizada, mediante la pulverización de dos bandas o dos medias-bandas por pasada con una pulverizadora de arrastre, y la utilización de boquillas antideriva de tipo abanico plano uniforme o abanico plano respectivamente. En situaciones en donde el objetivo es maximizar el crecimiento inicial de la plantación, los resultados demostraron que es posible obtener aumentos significativos en el crecimiento de los álamos si junto con el sistema químico-mecánico se realiza una fertilización localizada de arranque; también se pueden lograr aumentos adicionales de hasta un 57 % en volumen de leño de los árboles al segundo año si se ejecuta el sistema químico sobre la totalidad de la superficie, reemplazando las pasadas de disco entre las filas. Sin embargo, los beneficios de estas opciones más allá de la etapa de establecimiento son inciertos, por lo que estas inversiones adicionales en herbicidas y fertilizantes serían recomendables principalmente para los clones y sitios de mayor potencial productivo.

Los estudios de la variación temporal de la interferencia de malezas revelaron la existencia de un período crítico para el control, que comienza a fines de septiembre en coincidencia con la plenitud de brotación del cultivo y finaliza a comienzos del verano, aproximadamente cumplidos los 130 días postplantación. Desde el punto de vista aplicado este comportamiento resalta la importancia de realizar controles de malezas altamente efectivos durante la primavera y principios del verano, momento en donde el productor debe asegurarse la disposición de personal, maquinaria y agroquímicos suficientes como para realizar los desmalezados en forma adecuada.

En estas plantaciones la incorporación de herbicidas y fertilizantes permite conformar nuevos sistemas para la reforestación de álamos, los cuales tienen menores requerimientos de laboreo del sitio y de mano de obra, y costos totales de establecimiento en la mayoría de los casos inferiores al sistema mecánico actualmente en uso. Las reducciones de costos de mayor magnitud se logran con la incorporación de herbicidas, en primer lugar porque permiten evitar las labores de destocoado, y en segundo lugar porque reemplazan los desmalezados manuales y disminuyen así los requerimientos de mano de obra. Desde el punto de vista de la reducción de costos directos se debería dar prioridad a la incorporación de los herbicidas por sobre los fertilizantes, ya que con los primeros pueden lograrse crecimientos similares o superiores al sistema mecánico pero con importantes reducciones de costos, en tanto que en los segundos las mejoras de crecimiento acarrear incrementos en los costos.

La información generada en la presente tesis constituye un aporte inicial al control integrado de malezas en estas plantaciones, que puede ser de utilidad en el corto plazo para que los productores o técnicos forestales mejoren o reemplacen el sistema mecánico tradicional. Sin embargo en el mediano o largo plazos se deberían encarar estudios sobre control anticipado de malezas y estudios básicos sobre competencia, ya que se trata de enfoques necesarios si se desea aproximar a una estrategia de manejo integrado y sustentable.

**Palabras clave:** malezas, control integrado, *Populus* spp., pampa húmeda, herbicidas, período crítico.

## Summary.

The Salicaceae (*Populus* spp., *Salix* spp.) are the third more important forest culture of Argentina, with a planted area of 110,000 hectares distributed mainly on the Paraná River Delta and the continental region of Buenos Aires Province. Growers of the continental region control weeds by using a traditional mechanic system, which demands almost 40 % of the reforestation costs and also has low operative and control efficiencies.

The broad purpose of this thesis was to generate scientific-technological, basic information for the implementation of an integrated weed control system, which could be capable of replacing the current mechanical system used in the poplar plantations (*Populus* spp.) of the north-central part of the Buenos Aires Province.

Working activities were organized in three complimentary research lines in which specific groups of problems were approached. Specific composition of weed communities and the extent of the interference were determined in the first working line, as well as, control levels and phytotoxicity of different herbicides. In addition, treatment effects of integrated systems on crop survival and growth were evaluated in a comparative way referred to the traditional system. Temporal variations in weed interference were analyzed in the second research line for the definition of a critical period of control. The third line studied the potential economic outcomes that could appear as a result of changing the present mechanical system for an integrated system, taking into consideration different economic-financial scenarios, levels of technological adoption, and hand work replacement. The different lines involved field experiences accomplished during the years 1998 to 2004 in “María Dolores” forest settlement, Alberti County, Buenos Aires Province (34° 50' S.; 60° 30' W.; 55 m over sea level). The fieldwork was carried out following a progressive strategy of experimentation. The first step comprised exploratory trials that produced initial results, which in turn were evaluated in grower-scale trials and demo-plots of 5 hectares during the second step.

Weed communities of “María Dolores” settlement were basically composed by agricultural weeds that are typical of the pampean region. The most important species found were: *Ammi majus* (Bishop’s weed), *Bromus catharticus* (rescuegrass), *Carduus acanthoides* (plumeless thistle), *Cirsium vulgare* (bull thistle), *Cynodon dactylon* (bermudagrass), *Lolium multiflorum* (annual ryegrass) and *Sorghum halepense* (johnsongrass). In trials and demo-plots weeds without control reached coverages of 50 to 95 % by mid spring of the first growing season. This situation determined the occurrence of weed - crop interactions that, in all cases, led to net negative effects on poplar development.

Weeds caused total height losses of 52 to 55.2 % by the second year of growth and also affected stool survival in some trials, producing 40.4 % of mortality. Higher percentage losses were found in variables like wood volume with bark, reaching losses of 91 to 95 % by the second year of growth. It was also proved that weed effects extended establishment phase and were significant even at the sixth year of growth. At this age, total height losses were of 20 %, meaning for the grower a one-year delay in stand development compared to a stand that received mechanical weeding. Losses due to weed interference found in “María Dolores” were equivalent or even higher to those found in other poplar plantations in the world.

The dose of the herbicides simazine, oxyfluorfen, diuron, linuron, terbutylazine, alachlor, imazaquin, quizalofop-P-ethyl, glyphosate and gluphosinate ammonium evaluated in the screening trials were safe for poplars. In this trials chemical - mechanical systems did not show weed control efficacy improvements with respect to mechanical system, but in some chemical - mechanical systems with herbicides and fertilizers poplar development overcome that of mechanical system, showing advantages in favor of integrated control. Crop growth in integrated control plots was superior to that of the mechanical plots till fourth year after plantation, but toward sixth year this differences disappeared.

The best treatments of the exploratory phase were in turn evaluated in user-scale trials and demo-plots, which allowed the definition of a chemical-mechanical system feasible to be transferred to growers; this system reached higher weed control efficacy than mechanical system, and produced height increases of 18% by the second growing season. The mechanical-chemical system proposed combines soil labor with discs between plantation rows, band applications of 0.72 kg a.i. · ha<sup>-1</sup> of glyphosate in a tank mix with 0.3 kg a.i. · ha<sup>-1</sup> of imazaquin, and post-emergent applications of 68 g

a.i. · ha<sup>-1</sup> of quizalofop-P-ethyl; chemical applications were safe for different poplar clones, site characteristics and climatic conditions of the region. It was also proved that chemical treatments can be applied mechanically, by means of two band applications or two half-band applications per pass with a tow bar sprayer equipped with low-drift, even flat fan nozzles or flat fan nozzles respectively.

In cases where the aim is to maximize initial plantation growth, it was demonstrated that significant growth increases in poplars can be obtained if a localized starter fertilization is done together with the chemical - mechanical weed control. Additional gains in wood volume with bark of 57 % by the second growing season can also be reached if chemical control is applied to the entire area, then replacing disc passes between rows by herbicide applications. However, benefits of this options are uncertain beyond the establishment phase, so this additional investments in herbicides and fertilizers would be recommendable mainly for those clones and sites of highest potential productivity.

The studies of temporal variation of weed interference revealed the existence of a critical period of control, which begins at the end of september coupled with bud burst peak of poplars and ends by the beginning of the summer lasting approximately 130 days after plantation. From the practical point of view this behavior emphasizes the importance of a highly effective weed control treatment during the spring and first part of the summer, a moment where the grower must secure the availability of enough personal, machinery and chemicals to be able to execute appropriate weedings.

In the plantations studied the inclusion of herbicides and fertilizers allows the conformation of new reforestation systems for poplars, which have less mechanical site preparation and hand labor, and in most cases also totalize less establishment costs than current mechanical system. The highest costs reductions can be obtained by adopting herbicides, firstly because they make possible to avoid stump removal labor, and secondly because they replace hand weedings and then lower hand labor requirements. From a cost-reduction point of view priorities should be directed to the inclusion of herbicides rather than fertilizers, because first ones allow similar or higher crop growth with respect to mechanical system but also led to significant cost reductions, instead of second ones that improve growth of poplars but cause costs to increase.

The information generated by this thesis represents an initial contribution for the achievement of an integrated weed control system in this plantations, that could be useful in the short-term for the growers or forest technicians to improve or replace the current mechanical system. However, in the mid or long-term new studies on preventive control practices and basic aspects of competition must be initiated, because they are necessary approaches for the development of a sustainable and integrated weed management program.

**Key words:** weeds, integrated control, *Populus* spp., humid pampas, herbicides, critical period.

## **Prefacio.**

En los momentos previos y posteriores a diciembre de 2001 nuestro País vivió una profunda crisis institucional, cuyas consecuencias negativas trajeron sufrimiento a millones de argentinos. Estos hechos simbolizaron el final de un período político y económico caracterizado, entre otras cosas, por un proceso en donde el endeudamiento externo de la Argentina alcanzó niveles únicos en el mundo. Estas circunstancias tuvieron un significado particular para mí, ya que me encontraba en esos momentos realizando esta tesis y recibiendo una beca cuyos fondos provenían parcialmente de un préstamo del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) con sede en Washington, EEUU. El hecho de haber recibido para mi formación profesional estos fondos, y luego el haber continuado mi labor como Docente de la Universidad Nacional de La Plata y Profesional de Apoyo de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), acentuaron mi sentimiento de gratitud hacia los miles de ciudadanos anónimos del País, y en particular de la Provincia de Buenos Aires, que han contribuido con este trabajo. Es por ello que todo lo bueno que esta tesis pudiera tener está dedicado en forma sincera y comprometida a ellos.

Al poco de comenzar mi plan de trabajo me percaté de que uno de los capítulos que resultarían más difíciles de escribir sería el de los agradecimientos, ya que me cuesta imaginarme una situación en la cual tantas personas hayan ayudado de manera desinteresada a un tesista como lo hicieron conmigo, y por ende siempre me agobió la idea de dejar sin nombrar a alguno de ellos. Ahora, que no tengo más alternativa que finalizar el trabajo, es que debo encarar este capítulo no sin antes pedir disculpas por alguna omisión involuntaria.

Es mi deseo agradecerles profundamente a mi Director, Pericles Merlo y a mis codirectores Raúl Marlats y especialmente a Agustín Mitidieri, quien ya no se encuentra entre nosotros; ellos me han acompañado todo este tiempo con sus valiosas opiniones y correcciones. Quiero expresar asimismo un profundo agradecimiento a las personas que desde el comienzo hicieron posible y promovieron esta investigación: al Ing. Héctor Alippi desde sus cargos de coordinador de la Carrera de Postgrado y codirector en la CIC, y a la Ing. Teresa Cerrillo y los Ings. Manuel Climent, Angel Lanzani y Ricardo Bratovich de Papel Prensa SAICFyM, que desde el CIEF primero, y luego desde el convenio con nuestra Cátedra me brindaron su pleno apoyo y confianza.

Para finalizar un sincero agradecimiento a mis compañeros en el campo y en el gabinete, amigos con quienes compartí palmo a palmo muchas de las tareas, ideas y resultados que hoy constituyen el cuerpo de esta tesis: a Enrique Prada y su gente en María Dolores, a Alejandro Aparicio y Matías Francisco que andan trabajando lejos de La Plata y a Horacio Acciaresi, mi colega disherbólogo de la zona sur.

La Plata, 15 de Noviembre de 2006.

*"La Pampa es como nuestra República, tala rasa.... Es la tela en la que ha de bordarse una nación. Es necesario escribir sobre ella ¡Árboles! ¡Planten árboles!"*

Domingo Faustino Sarmiento.

## Índice.

**Capítulo 1.** Introducción General, Hipótesis y Objetivos.....pp. 1-6.

**Capítulo 2.** Malezas en las plantaciones de álamo: composición específica de las comunidades, incidencia sobre el crecimiento del cultivo y efectividad de sistemas alternativos de control .....pp. 7-136.

2. A. Introducción.....pp. 7-12.

2. B. Materiales y Métodos.....pp. 12-32.

    Ensayos de la fase exploratoria inicial.....pp. 19-27.

    Ensayos a escala de usuario del año 2000.....pp. 27-30.

    Parcelas demostrativas y ensayo exploratorio de 2002.....pp. 30-32.

2. C. Resultados.....pp. 33-94.

    Ensayos de la fase exploratoria inicial.....pp. 33-65.

    Ensayos a escala de usuario del año 2000.....pp. 65-73.

    Parcelas demostrativas y ensayo exploratorio de 2002.....pp. 73-94.

2. D. Discusión.....pp. 94-132.

    Composición específica de las comunidades y su variación en el tiempo.....pp. 94-97.

    Interacciones de los álamos con las malezas: magnitud y signo de los efectos netos.....pp. 97-103.

    Naturaleza de las interacciones e interpretación de las respuestas del cultivo.....pp. 104-112.

    Los nuevos sistemas químico - mecánicos y su efectividad de control.....pp. 112-132.

2. E. Conclusiones.....pp. 132-136.

**Capítulo 3.** Estudios sobre la variación temporal de la competencia y determinación del período crítico para el control de malezas.....pp. 137-148.

3. A. Introducción.....pp. 137-138.

3. B. Materiales y Métodos.....pp. 138-140.

3. C. Resultados y Discusión.....pp. 140-147.

3. D. Conclusiones.....	pp. 147-148.
<b>Capítulo 4.</b> Análisis económico comparado de los sistemas de control de malezas.....	pp. 149-159.
4. A. Introducción.....	pp. 149-151.
4. B. Materiales y Métodos.....	pp. 151-153.
4. C. Resultados y Discusión.....	pp. 153-158.
4. D. Conclusiones.....	pp. 158-159.
<b>Capítulo 5.</b> Consideraciones finales.....	pp. 160-164.
6. Apéndice.....	pp. 165-169.
7. Bibliografía citada.....	pp. 170-182.

## Capítulo 1. Introducción General.

Las Salicáceas (*Populus* spp., *Salix* spp.) constituyen el tercer cultivo forestal en importancia de Argentina luego de los eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) y pinos (*Pinus* spp.), con el 12 % de la superficie total de bosques implantados. La superficie cultivada con álamos y sauces es de 110.000 ha, de las cuales aproximadamente el 60 % se encuentra en las regiones del Delta del Paraná y continental de la Provincia de Buenos Aires (Comisión Nacional del Álamo, 2004). En Buenos Aires la evolución de la actividad ha estado estrechamente relacionada con las industrias transformadoras de la madera, las cuales tienen un consumo anual estimado de 115.000 t de álamo y 190.000 t de sauce (Etchebehere, 1999). La región del Delta, debido a su cercanía a los centros de consumo y a su aptitud productiva, es la principal abastecedora de esta demanda y cuenta en la actualidad con la mayor superficie forestada. Sin embargo, los suministros de madera del Delta son frecuentemente demorados o incluso interrumpidos por la ocurrencia de inundaciones, razón por la cual diversas industrias han buscado asegurar la continuidad del abastecimiento a través del desarrollo de forestaciones de álamos (*Populus* spp.) en la región continental de la Provincia.

Las plantaciones en áreas continentales se desarrollaron mayormente en el sur de la pampa ondulada y el norte de la pampa deprimida, empleando en sus comienzos la tecnología utilizada en el Delta. Transcurridas las primeras campañas algunos de los materiales genéticos y técnicas de cultivo mostraron resultados poco satisfactorios, por lo que se inició un proceso de adaptación y desarrollo de tecnología específicos para las condiciones productivas de esta región. Como resultado de dicha labor se obtuvieron progresos de relevancia en cuanto a las técnicas de plantación (Gomis, 1981), las tareas de preparación del sitio (Prada, 1993), la mecanización del aprovechamiento (Vivas, 1997) y principalmente en la selección de los clones de mayor aptitud y sanidad (Mármol, 1970; Merlo y Fernández, 1983; Ottone, 1984; Alonzo, 1987; Arreghini *et al.*, 1997; Senisterra *et al.*, 2000).

Si bien estos progresos han permitido aumentar en forma sostenida la productividad de las plantaciones, el grado de desarrollo tecnológico ha sido dispar según el área temática que se considere. Una de las áreas más relegadas en este sentido es el control de malezas, en donde se han logrado escasos avances respecto de las técnicas usadas inicialmente. El control de malezas es sin embargo de una importancia clave en el establecimiento de las plantaciones, además de requerir para su ejecución de considerables esfuerzos logísticos y de demandar alrededor del 39 % de los costos totales de reforestación (SAGPyA, 2005).

Los productores de álamo de la región controlan las malezas con tratamientos mecánicos. Las prácticas se inician durante la preparación del sitio, y continúan luego de la implantación de las estacas hasta transcurrido el segundo año de crecimiento. El método tradicional, consistente en pasadas cruzadas con rastra de disco y desmalezado manual con azada alrededor de cada planta (Cozzo, 1995), ha permanecido virtualmente sin cambios desde los comienzos de la actividad pese a tener diversos inconvenientes. Las labores manuales son lentas, ergonómicamente exigentes y costosas en tanto requieren de una alta asignación de jornales por hectárea para su ejecución (Delle Coste y Di Lazzaro, 1969; Echeverría y Martinuzzi, 1991; Cozzo, 1995; Lanzani, com. pers.<sup>1</sup>). Debido al desconocimiento del período en el cual los álamos son más sensibles a las malezas, y a que los establecimientos cuentan con dotaciones mínimas de operarios por razones presupuestarias, las oportunidades de desmalezado son definidas por las propias limitantes operativas del tratamiento antes que por las necesidades del cultivo; esto hace que muchas veces los controles no se realicen en los momentos adecuados o tengan una frecuencia e intensidad inferior a la necesaria. El sistema mecánico resulta asimismo poco efectivo en la supresión de especies con capacidad de rebrote a partir de rizomas y / o estolones como el gramón (*Cynodon dactylon*) y el sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) entre otras, las que recolonizan el sitio con rapidez luego de realizado el tratamiento (Prada, com. pers.<sup>2</sup>). Por último es posible que las pasadas con rastra de disco y principalmente las carpidas con azada cercanas a las plantas de álamo produzcan daños a las raíces superficiales, disminuyendo de este modo su supervivencia y crecimiento (Delle Coste y Di Lazzaro, 1969; Miller, 1999). La sumatoria de los inconvenientes mencionados determina que las plantaciones atraviesen frecuentemente períodos con elevada cobertura de malezas durante la estación vegetativa, lo que puede estar ocasionando pérdidas de crecimiento incompatibles con el esfuerzo invertido en el control. La magnitud de estas pérdidas es desconocida por los productores, quienes asumen su ocurrencia por carecer de alternativas que les permitan reemplazar el método actual. Algunos de los problemas mencionados como la lentitud y el elevado costo de los desmalezados manuales han sido abordados por Delle Coste y Di Lazzaro (1969), Echeverría y Martinuzzi, (1991) y Borzone y Saint-Andre (1993), quienes evaluaron distintos tratamientos químicos en busca de alternativas más eficientes.

<sup>1</sup> Angel Lanzani, Gerencia Forestal Papel Prensa SAICFyM.

<sup>2</sup> Carlos E. Prada, Jefe de Establecimiento María Dolores, Papel Prensa SAICFyM.

Los resultados iniciales obtenidos por estos autores fueron promisorios, aunque tuvieron escasa difusión entre los productores y quedaron desactualizados por la aparición en el mercado de nuevos herbicidas. En lo que hace a los problemas restantes se carece de trabajos previos que aporten soluciones, o que constituyan puntos de partida para nuevas investigaciones.

La escasez de antecedentes sobre el tema contrasta con el estado de conocimientos alcanzado en la Argentina para especies de pinos y eucaliptos (Cozzo, 1995; Dalla Tea y Larocca, 1998) y con la abundante bibliografía disponible a nivel mundial para los álamos. Dichos trabajos son sin embargo de una aplicabilidad limitada para los álamos de la región pampeana, ya que las características de los sitios, de las comunidades de malezas y de los clones cultivados localmente son diferentes. Resulta necesario por lo tanto adaptar las tecnologías ya disponibles y explorar otras soluciones que respondan en forma específica a la situación productiva regional.

#### *Posibilidades de optimización del control de malezas mediante la integración de prácticas y la determinación de periodos críticos*

El desarrollo de un sistema de control más eficiente para la etapa de establecimiento del cultivo aparece como una necesidad inmediata para los productores, dado el impacto positivo directo que puede tener sobre la operatividad y rentabilidad de sus empresas. Este incremento de la eficiencia, así como una mayor flexibilidad en los tratamientos, podrían lograrse a través de la integración de diversas prácticas de control, evitando de este modo la dependencia excesiva respecto de un método en particular (Auld, *et al.*, 1987; Liebman y Janke, 1990; Radosevich *et al.*, 1997), en este caso del tipo mecánico.

El empleo de herbicidas en álamo ha permitido reducir los costos de plantación a través del reemplazo de los desmalezados manuales (Temirgaliev, 1971; Cellerino, 1976; Magnani, 1976; Ford y Rousseau, 1993) o la disminución de las labores mecánicas (Aird, 1962; Frochot *et al.*, 1979; Bowersox *et al.*, 1992). Una combinación que ha probado ser viable es la aplicación de herbicidas en bandas complementada con labores mecánicas sobre la superficie no pulverizada (Von Althen, 1981; Dickmann y Stuart, 1983; Ledin y Willebrand, 1995); esta alternativa permite mejorar la relación costo - beneficio del tratamiento (Richardson, 1993; Mc Nabb, 1997) y reducir las dosis de agroquímicos aplicadas por hectárea respecto del control químico total (Swanton y Weise, 1991).

La integración de técnicas de fertilización a los sistemas de control ha permitido intervenir en forma eficaz sobre las interacciones nutricionales que ocurren entre las malezas y los álamos. En este contexto la fertilización puede significar una acción de promoción selectiva de la competitividad del cultivo, que apunta a que éste tome rápidamente ventajas en la captación de los recursos del sitio respecto de las malezas (Swanton y Weise, 1991). La aplicación de fertilizantes en el momento de la plantación acelera en forma significativa el crecimiento inicial de los álamos cuando se complementa con el uso de herbicidas o la realización de carpidas (Aird, 1962; Bastien y Beaudoin, 1974; Garbaye y Leroy, 1974; Ravell y Deadman, 1976), permitiendo superar con mayor rapidez la etapa crítica del establecimiento.

Conjuntamente con los tratamientos integrados, el conocimiento del denominado período crítico de control es considerado un componente esencial en un sistema de manejo de malezas (Swanton y Weise, 1991). El período crítico de control de malezas se define como aquel durante el cual las malezas deben ser controladas para prevenir pérdidas de cosecha (Sattin *et al.*, 1997). La determinación del período crítico permite al productor saber en qué momento debe concentrar los esfuerzos de control para evitar las mayores pérdidas de crecimiento (Aldrich y Kremer, 1997; Radosevich *et al.*, 1997), siendo esto particularmente útil para determinar la oportunidad de ejecución de los controles de postemergencia. En el caso particular de las plantaciones de álamo posibilitaría que los trabajos se organicen en base a las necesidades temporales específicas de desmalezado de los árboles, mejorando su efectividad. Este tipo de estudios puede aportar además valiosa información respecto de la competitividad relativa del cultivo y la comunidad de malezas en el sistema (Aldrich y Kremer, 1997), y contribuir a la integración de técnicas de control alternativas (Swanton y Weise, 1991).

### *Hipótesis de trabajo*

A partir del análisis precedente, en esta tesis se plantea como hipótesis general que el sistema mecánico actual de control de malezas puede ser reemplazado por un sistema integrado más eficiente. Dentro de este marco se proponen para su verificación las siguientes hipótesis específicas:

1- las comunidades de malezas tienen una elevada capacidad de reinfestación e interferencia en las plantaciones de álamo.

2- si las malezas no son controladas en la etapa de reforestación provocan pérdidas significativas al cultivo.

3- las labores de desmalezado manual pueden ser reemplazadas por la aplicación de herbicidas en bandas, que controlen en forma selectiva a las malezas sin producir toxicidad en las estacas de álamo.

4- la fertilización localizada, combinada con la aplicación de herbicidas y pasadas de rastra de disco, permite mejorar el estado nutricional de los álamos y acelerar la ocupación del sitio por el cultivo.

5- mediante el reemplazo de las tareas manuales y la integración de otras prácticas a las labores mecanizadas se puede lograr un control de malezas más efectivo que el realizado en la actualidad.

6- existe un período crítico de control de malezas para las plantaciones de álamo. Si los trabajos de desmalezado son ejecutados en función de este período crítico se evitan o minimizan las pérdidas de crecimiento por interferencia.

7- el sistema integrado de control es económicamente más eficiente que el sistema mecánico actual, ya que produce mayores beneficios a través de la reducción de los costos y el incremento de los ingresos.

#### *Objetivo general y estructura de la presente tesis*

El objetivo general de esta tesis es producir información científico-tecnológica básica para la implementación de un sistema integrado de control de malezas en las plantaciones de álamo del centro-norte de Buenos Aires. Debido a la multiplicidad de factores abordados, los trabajos se agruparon en tres líneas de investigación complementarias, orientadas a la resolución de grupos específicos de problemas (figura 1).

En el Capítulo 2 se determina la composición específica de la comunidad de malezas y la magnitud de su interferencia, entendida como la resultante de efectos alelopáticos y de competencia. En este capítulo se establecen a su vez qué niveles de control y fitotoxicidad

hacia las estacas producen diferentes herbicidas, y se evalúan en forma comparada los efectos sobre la supervivencia y el crecimiento del cultivo de distintos tratamientos integrados de control respecto del sistema actual.

En el Capítulo 3 se analiza la variación temporal de la interferencia en busca de la definición del período crítico para el control de malezas, en función del cual deberían ejecutarse los tratamientos.

El resultado económico potencial de la implementación de los cambios estudiados en el sistema de control se desarrolla en el Capítulo 4. Se compara la eficiencia económica del sistema mecánico actual respecto de distintas variantes de control integrado; los costos, ingresos y beneficios son evaluados bajo diferentes escenarios económico-financieros, grados de incorporación de tecnología y de reemplazo de mano de obra.

Finalmente en el Capítulo 5 se sintetizan las contribuciones potenciales de cada una de las líneas desarrolladas respecto de la implementación de un sistema de control integrado; se presentan las ventajas y limitaciones de los cambios propuestos, así como los interrogantes que no han podido ser resueltos en la presente tesis y que demandarán de futuras investigaciones para su esclarecimiento.

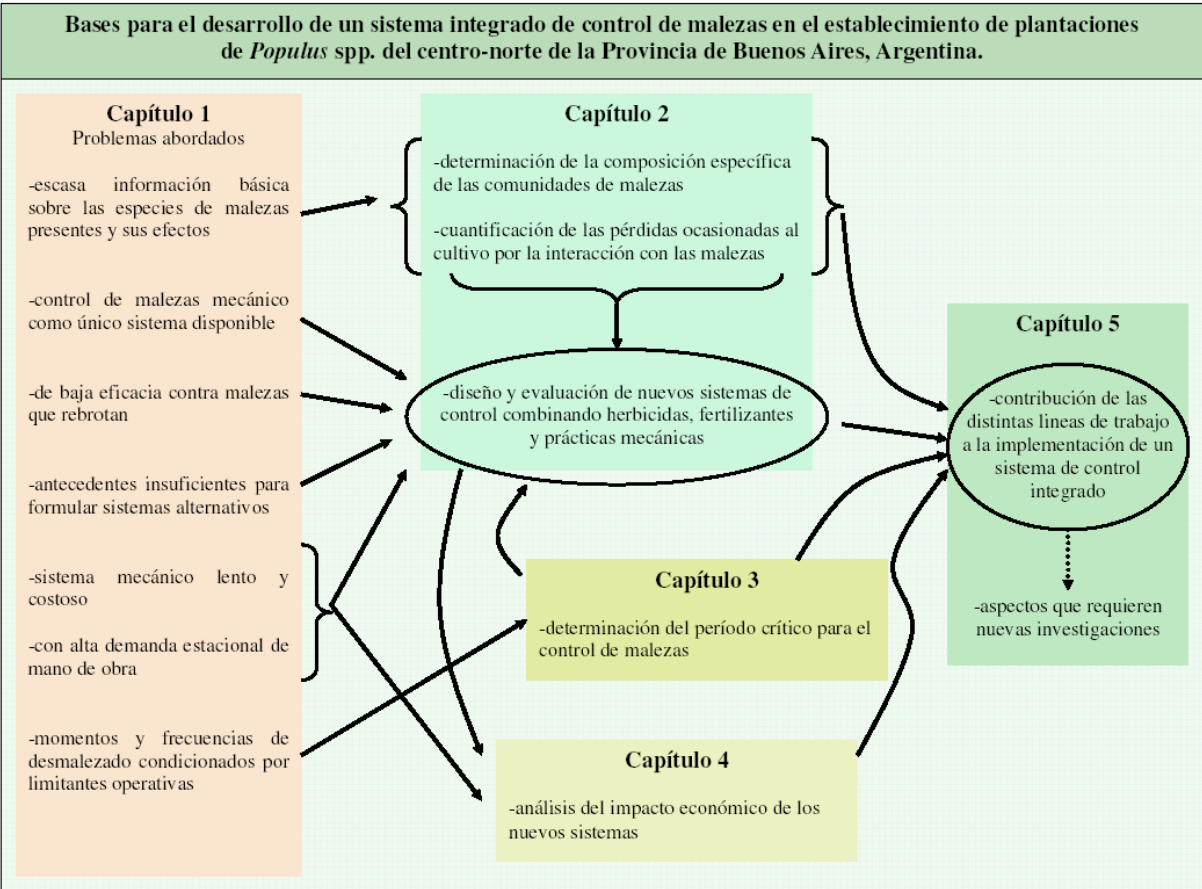


Figura 1. Diagrama estructural de la tesis

## **Capítulo 2. Malezas en las plantaciones de álamo: composición específica de las comunidades, incidencia sobre el crecimiento del cultivo y efectividad de sistemas alternativos de control.**

### **2.A. Introducción.**

La reforestación es una etapa clave en el manejo de los bosques cultivados de rotación corta (Daniel *et al.*, 1982). En este tipo de esquema productivo la interferencia de las malezas juega un papel fundamental, ya que puede provocar disminuciones en la supervivencia y el crecimiento inicial de los árboles jóvenes. Estos efectos se han comprobado en plantaciones de diversas especies como *Pinus radiata* (Richardson, 1993; South *et al.*, 1993; Mc Nabb, 1997), *Betula pendula* (Ferm *et al.*, 1994), *Pseudotsuga menziesii* (Rose *et al.*, 1999) y *Populus* spp. (Aird, 1962; Chastagner y Hudak, 1999). Ensayos realizados en distintas partes del mundo mostraron que con controles adecuados de malezas se pueden obtener ganancias en volumen de madera de entre el 10 y el 1000 % (Wagner *et al.*, 2006). La mortandad de plantines o estacas hace que los productores deban efectuar costosas labores de reposición, o en algunos casos la reforestación de áreas completas. En cuanto a las pérdidas de crecimiento lo más frecuente es que se manifiesten durante los primeros años y tiendan a disminuir en la medida que el dosel se cierra, no obstante lo cual se produce un retraso en el desarrollo del rodal que provoca la dilatación del turno de corta (Mason y Milne, 1999; Snowdon, 2000). Cuando la interferencia se prolonga hasta el turno debido al establecimiento de malezas competitivas y tolerantes al sombreado, pueden ocurrir pérdidas de crecimiento de mayor magnitud, provocando en la plantación respuestas similares a una situación de empobrecimiento en la calidad del sitio (Richardson, 1993; Nilsson y Allen, 2002.).

Los álamos en general son considerados árboles exigentes en cuanto a los requerimientos de agua y nutrientes (Liu y Dickmann, 1996; Heilman *et al.*, 1996; Stanturf *et al.*, 2001) y muy sensibles a la interferencia por malezas en la etapa de implantación (Aird, 1962; Woessner, 1972; Garbaye y Leroy, 1974; Frochot *et al.*, 1979; Akinyemiju y Dickmann, 1982a; Dickmann y Stuart, 1983; Bowersox *et al.*, 1992; Czapowskyj y Safford, 1993; Buhler *et al.*, 1998; Stanturf *et al.*, 2001). La magnitud de las pérdidas ocurridas en el establecimiento del cultivo depende de la competitividad de la comunidad de malezas, de los clones utilizados, de las condiciones del sitio y de los tratamientos intermedios realizados. Woessner (1972) encontró que las malezas disminuyeron en un 19,5% el crecimiento inicial

de estacas de álamo sin afectar la supervivencia, mientras que Clay y Dixon (1997) registraron pérdidas de supervivencia y crecimiento del hasta el 80 y 90% en cada caso; Buhler *et al.*, (1998) y Dickmann y Stuart (1983) por su parte reportan la ocurrencia de pérdidas de crecimiento del 50 y 75% respectivamente.

En la pampa húmeda de la Argentina Borzone y Saint Andre (1993) tuvieron una disminución en el crecimiento del 48% al primer año sin que se viera afectada la supervivencia. Los trabajos de Delle Coste y Di Lázaro (1969) y Echeverría y Martinuzzi (1991) carecen de información sobre pérdidas de crecimiento, aunque en este último trabajo en donde se utilizaron barbados, la supervivencia en las parcelas enmalezadas (con plena interferencia de malezas) fue del 100%. Las principales malezas encontradas en estas investigaciones fueron: *Cynodon dactylon* (gramón), *Digitaria sanguinalis* (pasto cuaresma), *Setaria* spp. (cola de zorro), *Brassica rapa* (nabo), *Cyperus rotundus* (cebollín), *Rumex crispus* (lengua de vaca), *Trifolium repens* (trébol blanco), *Bowlesia incana* (ombusillo), *Raphanus sativus* (nabón), *Ammi majus* (falsa biznaga), *Viola tricolor* (violeta silvestre), *Carduus acanthoides* (falso cardo negro), *Onopordon acanthium* (cardo), *Polygonum convolvulus* (enredadera anual), *Chenopodium album* (quínoa), *Portulaca oleracea* (verdolaga), *Paspalum* spp., *Physalis* spp., *Stellaria media* (capiquí), *Polygonum acuminatum*, *Capsella bursa-pastoris* (bolsita del pastor), *Coronopus didymus* (mastuerzo) y *Echinochloa crusgalli* (capín). La mayoría de estas especies son características de sitios que han tenido usos agropecuarios, y en los casos del cebollín, el gramón, el pasto de cuaresma, la verdolaga, la capín y la quínoa, están consideradas entre las peores malezas a nivel mundial (Holm *et al.*, 1977).

Tanto en Argentina como en el resto del mundo, las prácticas de control de mayor difusión e historia de uso en las plantaciones de álamo son las mecánicas (Dickmann y Stuart, 1983, Cozzo, 1995). Estas labores se realizan utilizando diversas herramientas como arados de reja, rastras de disco, arados rotativos o desmalezadoras, y permiten controlar las malezas que crecen entre los árboles en forma mecanizada. Para evitar dañar el cultivo es necesario que las dimensiones del conjunto tractor – herramienta y las velocidades de trabajo se adecuen a la configuración de la plantación. El tratamiento necesita además ser complementado con otras prácticas, pues aún realizando las labores en direcciones cruzadas se deja sin controlar las malezas que crecen en las inmediaciones de las estacas, que son precisamente las que mayor interferencia ejercen (Von Althen, 1981; Mc Nabb *et al.*, 1995). Para solucionar este inconveniente se recurrió primeramente al desmalezado manual con azada, machete o guadaña. Esta tecnología se mantiene en uso en nuestro País (Cozzo, 1995),

ya que los productores carecen de un tratamiento alternativo más eficiente. En otras partes del mundo por el contrario se ha avanzado en el desarrollo de sistemas de manejo más rápidos y menos costosos mediante la incorporación de herbicidas y fertilizantes, entre otras prácticas.

Los herbicidas comenzaron a ser utilizados en las plantaciones de álamo a partir de mediados del siglo pasado, buscando solucionar algunas de las desventajas del control mecánico como la lentitud de los trabajos, la elevada demanda de mano de obra, los daños al cultivo y la necesidad de repetir el tratamiento por el rebrote o la emergencia de malezas. En ensayos realizados bajo diferentes situaciones productivas se ha visto que con los herbicidas es posible reemplazar los desmalezados manuales (Temirgaliev, 1971; Cellerino, 1976; Magnani, 1976; Ford y Rousseau, 1993) y disminuir las labores mecánicas necesarias (Aird, 1962; Frochot *et al.*, 1979; Bowersox *et al.*, 1992), lo cual permite reducir los costos de control. El comportamiento de los álamos ante los distintos herbicidas necesita sin embargo ser evaluado previamente en ensayos en campo para cada condición de sitio y técnica de aplicación particulares (Palmer, 1991; Stanturf *et al.*, 2001). Esto se debe a que su tolerancia varía según el principio activo, las dosis, los sitios y los clones de álamo que se empleen (Gilchrist, 1989; 1992; Ford y Rousseau, 1993), encontrándose diferencias aún entre clones de la misma sección o grupo parental (Akinyemiju y Dickmann, 1982a). Con el control químico, Frochot *et al.* (1979) obtuvieron mayores crecimientos que con el control mecánico, mientras que en otros casos los crecimientos observados fueron muy similares (Aird, 1962; Fisher y Neumann, 1987), o menores (Gilchrist, 1981) a los logrados mediante este último. Otros autores han encontrado que la aplicación de herbicidas en bandas, complementada con labores mecánicas sobre la superficie no pulverizada, es una combinación efectiva (Von Althen, 1981; Dickmann y Stuart, 1983; Ledin y Willebrand, 1995), que permite mejorar la relación costo beneficio del tratamiento (Richardson, 1993; Mc Nabb *et al.*, 1995; Mc Nabb, 1997) y reducir las dosis de agroquímicos aplicadas por hectárea respecto del control químico total (Swanton y Weise, 1991).

A nivel mundial se dispone de antecedentes sobre más de 60 principios activos evaluados para el control de malezas en *Populus*, que incluyen tanto herbicidas de desarrollo relativamente reciente como el imazaquin (Ford y Rousseau, 1993; Ezell *et al.*, 1998), otros que tienen un uso actual restringido como la nitralina (Woessner, 1972) y aquellos que han sido retirados del mercado como el radapon (Aird, 1962) y el 2,4,5-T (Frochot, *et al.*, 1979). Los compuestos más citados corresponden a los grupos químicos de las triazinas (atrazina, simazina), dinitroanilinas (trifluralina), ureas substituidas (diuron, linuron), bipiridilos (paraquat) y los derivados del ácido fosfónico (glifosato). Si bien muchos de estos productos

se encuentran disponibles en el mercado de agroquímicos de Argentina, sólo un número reducido de los mismos ha sido probado localmente en *Populus* y ninguno de ellos cuenta con un registro de uso autorizado por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). En experimentos realizados en albardones del Delta del Paraná Toscani (1994) evaluó distintos tratamientos con aplicaciones dirigidas de herbicidas, entre los que se destacaron por su efectividad el glifosato y mezclas de tanque de paraquat y tensioactivos con atrazina o diurón. En la pampa húmeda Delle Coste y Di Lázaro (1969) y Echeverría y Martinuzzi (1991) efectuaron ensayos con paraquat y glifosato respectivamente, en aplicaciones dirigidas de postemergencia; Borzone y Saint-Andre (1993) ensayaron con dos dosis de atrazina como preemergente, y fenoxaprop-*P*-etil y haloxifop-metil como graminicidas postemergentes.

Las características de los tratamientos con herbicidas han evolucionado en función del desarrollo de nuevos principios activos y del conocimiento de su comportamiento en ensayos de campo. Una de las mayores dificultades encontradas en dicho proceso ha sido la escasez de productos con selectividad fisiológica respecto de los álamos, razón por la cual la mayoría de los tratamientos están dirigidos a aprovechar la oportunidad de aplicación que se presenta luego de una correcta preparación del sitio e inmediatamente antes o después de la plantación de las estacas en reposo. Así, para la mayoría de las situaciones productivas la tendencia general es a la realización de una aplicación invernal en preemergencia de malezas y cultivo (en los álamos se refiere al estado previo a la brotación de yemas) con principios activos preemergentes residuales solamente, o en mezclas con postemergentes no selectivos cuando en el sitio hay cobertura verde de malezas (Dickmann y Stuart; 1983; Palmer, 1991; Chastagner y Hudak, 1999; Stanturf *et al.*, 2001). Estos tratamientos mantienen en general un control de malezas aceptable durante dos a cuatro meses posteriores a la aplicación, momento a partir del cual se debe recurrir a aplicaciones de herbicidas postemergentes selectivos sin protección de las plantas de álamo (“over the top”) o aplicaciones dirigidas de herbicidas no selectivos. La primera alternativa tiene un costo de aplicación menor que la segunda, y se adapta especialmente a los herbicidas graminicidas por ser selectivos hacia los álamos (Mc Nabb *et al.*, 1995; Stanturf *et al.*, 2001). Para el control de malezas dicotiledóneas en postemergencia hay en cambio escasas opciones documentadas (Chastagner y Hudak, 1999; Stanturf *et al.*, 2001) las que a su vez son menos seguras para el cultivo, ya que la mayoría de los principios activos evaluados ha provocado síntomas de fitotoxicidad en los álamos (Stanturf *et al.*, 2001).

La fertilización inicial es otra práctica que ha sido integrada con éxito en los sistemas de manejo de malezas en álamo, ya que una parte substancial de los efectos adversos de las malezas puede deberse a la competencia que éstas ejercen por los nutrientes del suelo, principalmente el N (Aird, 1962). Se ha comprobado que la aplicación de fertilizantes en el momento de la plantación acelera en forma significativa el crecimiento inicial de los álamos cuando se complementa con el uso de herbicidas o la realización de carpidas (Aird, 1962; Bastien y Beaudoin, 1974; Garbaye y Leroy, 1974; Ravell y Deadman, 1976), permitiendo superar con mayor rapidez la etapa crítica del establecimiento. La fertilización se incorpora con el fin de promover en forma selectiva la competitividad del cultivo, haciendo que éste tome rápidamente ventajas en la captación de los recursos del sitio respecto de las malezas (Swanton y Weise, 1991). El método de aplicación es un aspecto clave para que la fertilización inicial sea eficiente. El crecimiento del cultivo y la absorción de los nutrientes son mayores cuando se realizan aplicaciones localizadas en vez de sobre la totalidad de la superficie, disminuyéndose con esto las cantidades de fertilizante a aplicar por hectárea (Aird, 1962; van den Driessche, 1999). La aplicación localizada tiene la ventaja adicional de dificultar el acceso de las malezas a los nutrientes suministrados, al concentrar la dosis en torno a los árboles (Aird, 1962).

En nuestro País son escasas las experiencias sobre la fertilización de *Populus*. Marlats y Ciochini (1993) aplicaron distintas dosis de urea y fosfato diamónico alrededor de los árboles en plantaciones de cuatro años de edad y evaluaron las respuestas a los cuatro años de realizada la aplicación, sin encontrar diferencias significativas. Resultados similares se obtuvieron cuando se ensayaron aplicaciones localizadas de los mismos fertilizantes al segundo año de plantación (Marlats *et al.*, 1993).

El diagnóstico de situación realizado en el Capítulo 1 muestra que los productores de álamo de la región carecen de estimaciones cuantitativas de pérdidas por interferencia de malezas, y que realizan un control mecánico costoso para el cual no cuentan con sistemas alternativos. Los antecedentes aquí expuestos indican que la incorporación de herbicidas y fertilizantes al sistema podría mejorar la efectividad del control de malezas y a su vez tendría posibilidades de adopción por parte de los productores, que cuentan con conocimientos y experiencia en el manejo de agroquímicos y alta predisposición a adoptar nuevas tecnologías.

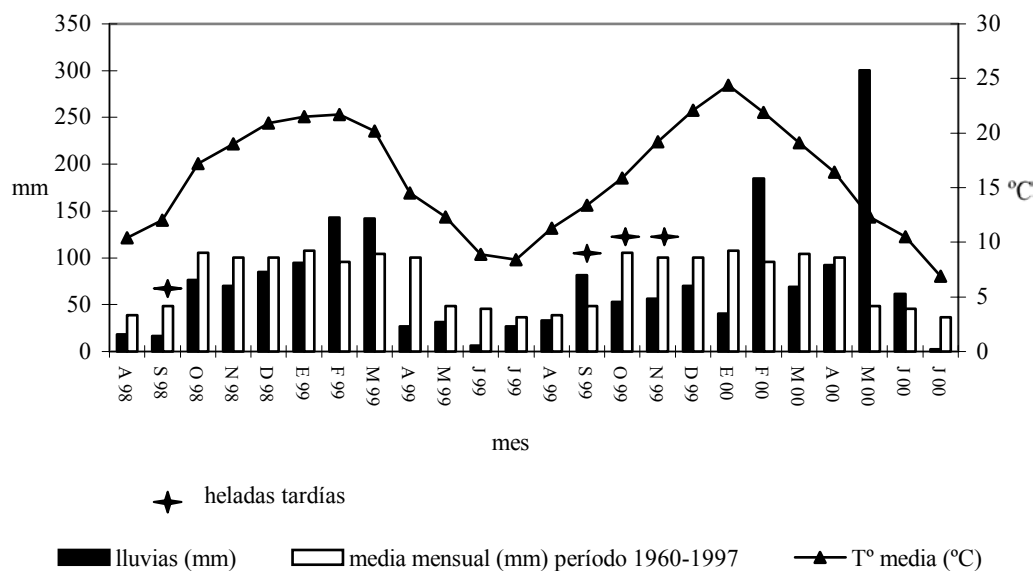
Los objetivos específicos de este capítulo son por tanto: **a-** determinar la composición específica de las comunidades de malezas en las plantaciones de álamo y estimar las pérdidas de supervivencia y crecimiento que ocasionan durante los dos primeros años posteriores a la

implantación, **b-** diseñar nuevos sistemas químico – mecánicos de control de malezas en donde el desmalezado manual sea reemplazado por la aplicación de herbicidas en bandas y fertilizantes **c-** estudiar la respuesta de las comunidades de malezas y de diferentes clones de *Populus* a los nuevos sistemas y evaluar la efectividad de los mismos respecto del tratamiento mecánico actual.

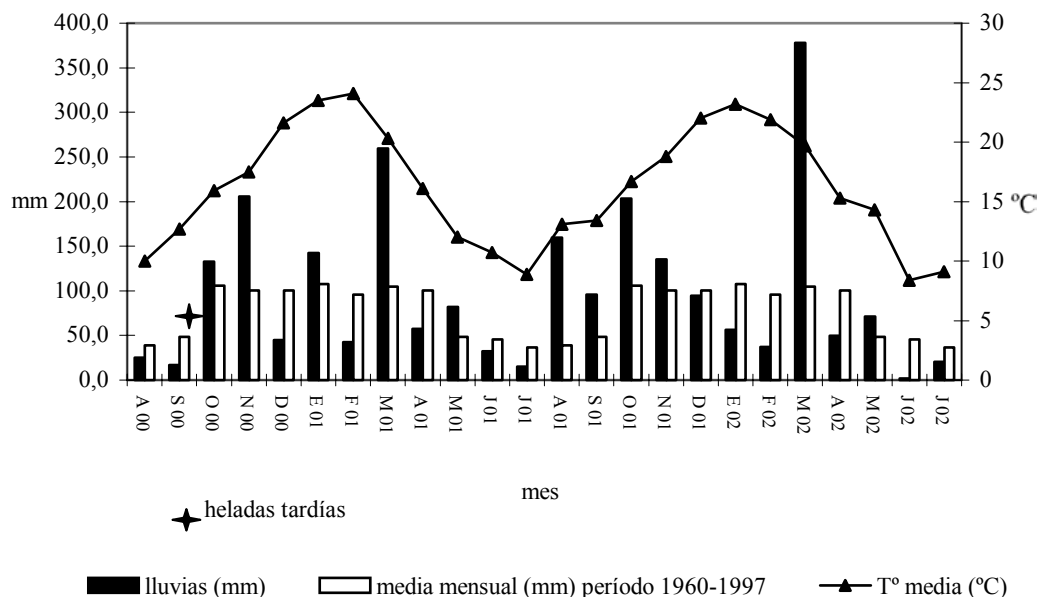
## **2. B. Materiales y Métodos.**

Las experiencias en campo comprendidas en este capítulo y en los siguientes fueron llevadas a cabo entre los años 1998 y 2004 en el Establecimiento Forestal “María Dolores”, Partido de Alberti, Provincia de Buenos Aires (34° 50' Lat. Sur; 60° 30' Long. Oeste; 55 msnm; 930 mm de precipitación media anual). Durante el período de estudio se obtuvieron registros climáticos continuos en la estación meteorológica automática del Establecimiento, que se sintetizaron en climogramas (gráficos 1, 2 y 3). Este Establecimiento concentra una de las mayores superficies forestadas con *Populus* de la región continental de la Provincia y presenta similitudes edafoclimáticas con otras masas forestales del género regionalmente importantes como las situadas en Morse (Partido de Junín), Vedia (Partido de Leandro N. Alem) y en Teodelina (sur de la Provincia de Santa Fe) (Achinelli *et al.*, 2004), que aumentan la posibilidad de extensión de los resultados. El Establecimiento ha desarrollado la populicultura por más de 20 años en forma ininterrumpida, lo que permitió estudiar la problemática en sistemas que han tenido al menos una rotación forestal.

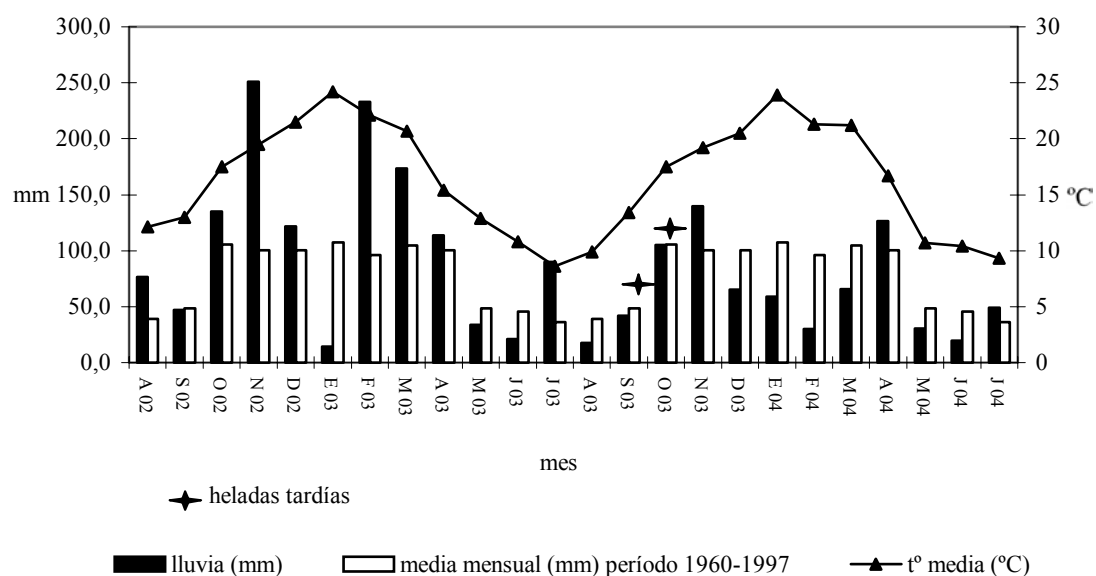
Para abordar los objetivos planteados en este capítulo se estableció una estrategia progresiva de experimentación en campo; en una primera etapa los experimentos tuvieron un carácter mayormente exploratorio y permitieron obtener resultados iniciales acerca del desempeño de los distintos tratamientos (Ensayos 2-1 y 2-2 del año 1998, véase más adelante). Posteriormente se diseñó la siguiente serie de ensayos para evaluar otros principios activos (Ensayo 2-3, año 1999), mientras que con los mejores tratamientos de los experimentos 2-1, 2-2 y 2-3 se efectuaron ensayos con parcelas de mayor tamaño y en situaciones similares a la escala de usuario (Fryer y Evans, 1968) (Ensayos 2-4 y 2-5 de 2000). La etapa final de experimentación se caracterizó por la aplicación de los tratamientos selectos en parcelas demostrativas de 5 ha de superficie (años 2001, 2002, 2003 y 2004), así como la realización en 2002 de un último ensayo exploratorio (Ensayo 2-6, año 2002).



**Gráfico 1.** Climograma del período Agosto de 1998 - Julio de 2000. Se adjuntan con fines comparativos las precipitaciones medias mensuales registradas en el mismo establecimiento durante el período 1960 – 1997 y se señalan con asterisco los meses en los que ocurrieron heladas tardías.



**Gráfico 2.** Climograma del período Agosto de 2000 - Julio de 2002. Se adjuntan con fines comparativos las precipitaciones medias mensuales registradas en el mismo establecimiento durante el período 1960 – 1997 y se señalan con asterisco los meses en los que ocurrieron heladas tardías.



**Gráfico 3.** Climograma del período Agosto de 2002 - Julio de 2004. Se adjuntan con fines comparativos las precipitaciones medias mensuales registradas en el mismo establecimiento durante el período 1960 – 1997 y se señalan con asterisco los meses en los que ocurrieron heladas tardías.

La secuencia completa de trabajos quedó comprendida así por seis ensayos y cuatro parcelas demostrativas, cuyas características se describen en este capítulo en orden cronológico de realización. Los ensayos y parcelas tuvieron los siguientes aspectos en común:

*Unidades de suelos:* los sitios elegidos se ubicaron en las unidades cartográficas Complejo Bragado y Consociación Estación Naón, compuestas por hapludoles típicos, hapludoles énticos y argialboles típicos (INTA, 1992), estos últimos de escasa participación. Los ensayos exploratorios se instalaron en hapludoles típicos (USDA, 1999), por ser la condición edáfica de mayor representatividad. Las características de los primeros 30 cm de suelo en el perfil modal de los ensayos 2-1, 2-2 y 2-3 se muestran en la tabla 1. El horizonte superficial del suelo del ensayo 2-6 correspondió al hapludol típico descrito en la tabla 2. Los ensayos a escala de usuario se instalaron tanto en los hapludoles típicos como en los hapludoles énticos incluidos en la tabla 2. Las parcelas demostrativas fueron emplazadas en distintas ubicaciones de estas unidades de suelo, según los años. En todos los casos el relieve es normal, suavemente ondulado, con pendientes que no superan el 1 %.

**Tabla 1.** Descripción analítica de los primeros 30 cm del suelo en los ensayos 2-1, 2-2 y 2-3.

	Ap (0-15 cm)	A2 (15-30 cm)
pH		7,4
C (%)		1,47
MO (%)		2,5
N (%)		0,12
P (mg · kg <sup>-1</sup> )	8,5	8
K <sup>+</sup> (cmolc · kg <sup>-1</sup> )		2,0
arena (%)		50,1
limo (%)		30
arcilla (%)		19,9
Clase textural		franco

N total, P asimilable, K de intercambio.

**Tabla 2.** Descripción analítica del horizonte superficial del suelo para hapludoles modales del ensayo 2-6 y los ensayos a escala de usuario (2-4 y 2-5).

	Hapludol típico Ap (0-20 cm)	Hapludol éntico 1 Ap (0-25 cm)	Hapludol éntico 2 Ap (0-20 cm)
pH	7,0		6,7
C (%)	1,96		1
MO (%)	3,39		1,72
N (%)	0,11		-
P (mg · kg <sup>-1</sup> )	6,01		-
K <sup>+</sup> (cmolc · kg <sup>-1</sup> )	2		-
arena (%)	50	72	64
limo (%)	32	18	22
arcilla (%)	18	10	14
Clase textural	franco		franco arenoso

N total, P asimilable, K de intercambio.

(-) información no disponible

*Historia de uso y preparación del sitio:* los sitios han tenido entre una y dos rotaciones forestales con *Populus*. En otoño y con posterioridad al aprovechamiento se quemaron los residuos de cosecha, se realizaron labores cruzadas con rastra pesada destocoadora y luego con rastras semipesadas de disco. La preparación culminó con la realización de un subsolado cruzado a 0,4 m de profundidad, que a su vez se emplea para la marcación de los lugares de

plantación. Al momento de implantación de las estacas en invierno la cobertura de malezas en los lotes era cercana a cero.

*Clones:* se seleccionaron para los experimentos los clones *Populus deltoides* ‘Delta Gold’ (conocido localmente por su nombre experimental “Stoneville 66”), *P. × canadensis* ‘Conti 12’ (= *P. × euramericana* ‘Conti 12’) y *P. × canadensis* ‘Guardi’ (= *P. × euramericana* ‘Guardi’). En el primer caso se trata de un clon masculino mejorado, obtenido por el Servicio Forestal de los Estados Unidos en Stoneville, Mississippi. El segundo es un material de origen italiano de identidad desconocida, introducido por el Dr. M. Conti, en tanto que ‘Guardi’ es también un clon italiano logrado en el Instituto Casale Monferrato (Ragonese *et al.*, 1987). Los dos primeros clones han mostrado muy buen comportamiento en Alberti y constituyen los principales materiales genéticos con los que se realizan las reforestaciones del Establecimiento, mientras que el tercero es de reciente difusión. En las parcelas demostrativas se incluyeron, además de los clones mencionados, otros materiales que están siendo incorporados a las plantaciones como *P. × canadensis* ‘A 568/1’ (= *P. × euramericana* ‘A 568/1’) y *P. deltoides* ‘Mississippi Slim’ (“Stoneville 67”).

*Plantación:* se utilizaron estacas en reposo de 70 cm de longitud. Las mismas fueron sometidas a un tratamiento de estimulación del enraizamiento, sumergiendo los extremos basales por 48 horas en una solución de ácido indol butírico (AIB, 10 g cada 200 l de agua) dentro de un tanque australiano oscurecido. Las estacas se instalaron en forma manual en el mes de agosto, dejando expuestas una o dos yemas del extremo superior. La configuración utilizada fue rectangular, con 2,8 m de separación entre hileras y 3,5 m entre filas en todos los experimentos, con excepción del ensayo 2-6 y las parcelas demostrativas de 2003 y 2004 en los cuales la configuración fue de 2,5 por 3,5 m entre filas.

*Selección de principios activos, dosis y técnicas de aplicación de los herbicidas:* Los principios activos y dosis que se evaluaron en los ensayos exploratorios fueron definidos inicialmente en base a un análisis previo de las principales malezas presentes, de los antecedentes publicados y de la disponibilidad de los productos en el mercado local en el año 1998. Posteriormente, y a partir de la obtención de los primeros resultados en 1999, se incorporaron variantes que se evaluaron en nuevos ensayos y parcelas demostrativas. La secuencia básica de intervenciones realizada en cada tratamiento consistió en una aplicación de un herbicida preemergente en reposo vegetativo de las estacas (durante la segunda mitad

del invierno en donde se realizó la plantación), seguida de dos aplicaciones de un herbicida gramínico durante la primavera. En cada uno de los tratamientos diseñados se buscó:

- alcanzar una residualidad aproximada de entre tres y cuatro meses con los herbicidas y dosis de preemergentes.
- un bajo riesgo de toxicidad para el cultivo, utilizando herbicidas ampliamente ensayados en otras partes del mundo y efectuando las aplicaciones en reposo vegetativo de los álamos. En función de estas dos premisas se seleccionaron los herbicidas atrazina, simazina, terbutilazina, diuron, linuron, oxifluorfen (difeniléter), alaclor (acetanilida), glifosato, glufosinato de amonio (derivado del ácido fosfínico) e imazaquin (imidazolinona); el gramínico quizalofop-*P*-etil (ariloxifenoxipropionato) se seleccionó por su capacidad de control de gramíneas perennes primavera-estivales como sorgo de Alepo y gramón (muy frecuentes en la zona) y por su posible selectividad fisiológica hacia los álamos, dada la especificidad del mecanismo de acción hacia gramíneas. El listado completo de principios activos, formulaciones y marcas comerciales de los herbicidas utilizados se adjunta en la Tabla 31 del Capítulo 6 (Apéndice).
- posibilidades de mecanización completa de las tareas, razón por la cual se priorizaron las aplicaciones sin protección de las estacas.
- dosis reducida por unidad de área de cultivo y costo accesible para el productor, mediante la realización de pulverizaciones preferentemente en bandas en lugar de totales.

Los herbicidas fueron aplicados en bandas de 1,3 m de ancho sobre las filas de plantación, sin protección de las estacas (“over the top”). Los herbicidas preemergentes se aplicaron a mediados de agosto, el gramínico a mediados de noviembre y enero, y los herbicidas totales a fines de junio (ensayos 2-1, 2-2 y 2-3) o en agosto en mezcla de tanque con los preemergentes (ensayos 2-4, 2-5, 2-6 y parcelas demostrativas). Para los Ensayos 2-1, 2-2 y 2-3 se empleó una mochila pulverizadora Jacto PJU 8000 equipada con manómetro y boquillas de tipo abanico plano uniforme (Teejet DG9503EVS o DG9504EVS). Cuando las plantas superaron los 70 cm de altura se hicieron pasadas laterales con boquillas de tipo abanico plano (DG8002VS, DG8003VS o XR11002VS). Se utilizaron presiones de 2 a 3 bar, para obtener tasas de aplicación de 200 a 350 l · ha<sup>-1</sup> según los casos. La velocidad de avance fue de 2,7 km · h<sup>-1</sup> y la altura de aspersión de 0,6 m. En cada aplicación se realizó un control de la calidad de la pulverización mediante tarjetas hidrosensibles y el control de tasas de aplicación, para asegurar que las tasas efectivas estuvieran comprendidas dentro del rango de

±10 % de lo pautado para el tratamiento. Para los Ensayos 2-4, 2-5, 2-6 y las parcelas demostrativas se utilizó una pulverizadora de arrastre con botalón, manteniendo en niveles similares los parámetros mencionados (véase más adelante).

*Fertilización de arranque:* se realizó al momento de plantación y al año. Los nutrientes, dosis y técnicas de aplicación se definieron a partir de la interpretación de los niveles de N, P y K encontrados en los análisis del suelo (tablas 1 y 2) y los antecedentes disponibles sobre las necesidades nutricionales del cultivo y prácticas de fertilización en álamo (Aird, 1962; Blackmon, 1974; Blackmon 1977; Randall y Blackmon, 1977; Hansen, 1993; Marlats *et al.*, 1993; van den Driessche, 1999; Stanturf *et al.* 2001).

En el ensayo 2-1 y 2-3 se aplicaron  $45 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de N como urea y  $34 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de P como superfosfato triple de calcio en el tratamiento fertilizado. La dosis de N fue aplicada dividida en partes iguales, una parte en la implantación del cultivo y la otra al primer año post-plantación, en dos surcos superficiales situados a 25 cm de la estaca; la dosis de P se suministró completa al momento de plantación, en dos hoyos de 40 cm de profundidad también separados 25 cm de la estaca. En el ensayo 2-6 se evaluaron distintas dosis de fertilización con N (testigo y 22,5; 45 y  $67,5 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de N en forma de urea), las que se aplicaron mediante la técnica descrita anteriormente.

*Control mecánico (TM, tratamiento de referencia):* el control utilizado como tratamiento de referencia consistió en la realización de pasadas cruzadas con rastras semipesadas de doble acción empleando un tractor de 120 HP, y desmalezados manuales con azada en un radio de 60 cm alrededor de cada estaca. Para las pasadas entre filas se utilizó una rastra con un ancho de labor de 2,3 m aproximadamente, y para las pasadas entre hileras un implemento de 1,8 m de ancho de trabajo.

*Componente mecánico del Control químico-mecánico (QM):* se realizaron pasadas de disco de 2,1 o 2,3 m de ancho entre las bandas pulverizadas con herbicida (entre filas).

*Testigos negativos (T-):* parcelas sin tratamientos de control de malezas posteriores a la plantación.

*Testigos positivos (T+):* parcelas en donde se mantuvo una cobertura mínima de malezas por medio de distintos métodos de control según los casos (véase más adelante).

## Ensayos de la fase exploratoria inicial.

### Ensayo 2-1.

El experimento se implantó con estacas del clon “Stoneville 66” en agosto de 1998 y las últimas mediciones de crecimiento (diámetro a la altura del pecho y altura total) se efectuaron en julio de 2004. Los 14 tratamientos se ensayaron en campo mediante un experimento de tipo factorial, con un diseño en bloques completos al azar (DBCA), parcelas subdivididas y cuatro repeticiones. Los factores fueron el tipo de control de malezas, la duración del período de control (un ciclo vegetativo o dos) y la fertilización localizada; los dos primeros factores se asignaron a parcelas principales y subparcelas respectivamente, mientras que con el tercero se conformó un tratamiento “satélite” (QM S2 F):

#### Factor 1 (en parcelas principales): tipo de control de malezas

- 1- Testigo negativo: parcelas sin control de malezas luego de la plantación (T-).
- 2- Testigo positivo: desmalezados repetidos mediante carpida con azada en un área circular de 1,3 m de diámetro alrededor de las estacas manteniendo una cobertura mínima de malezas, y cortes repetidos con machete sobre la superficie restante de la parcela (entre filas) (T+).
- 3- Tratamiento de referencia: control mecánico, laboreo cruzado con rastra de disco entre plantas y carpida con azada alrededor de las estacas (TM).
- 4- Control químico en bandas con 2 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de simazina, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM S1).
- 5- Control químico en bandas con 2,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de simazina, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM S2).
- 6- Control químico en bandas con 0,72 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de oxifluorfen, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM O1).
- 7- Control químico en bandas con 0,96 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de oxifluorfen, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM O2).
- 8- Fertilización localizada de arranque con N y P, control químico en bandas con 2,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de simazina, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM S2 F).

#### Factor 2 (en subparcelas dentro de parcelas): duración del control de malezas sobre las filas de plantación (combinaciones con todos los niveles del factor 1, excepto testigo positivo y negativo).

- a- control completo de malezas durante la primera estación de crecimiento; sólo control mecánico entre filas en la segunda.
- b- control completo de malezas durante la primera y segunda estación de crecimiento (en el caso de los tratamientos químico - mecánicos se aplicó una dosis de 0,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de glufosinato de amonio en julio de 1999, previamente a la aplicación de los herbicidas preemergentes correspondientes al segundo año de control).

El control mecánico consistió en dos laboreos con rastra de disco y dos carpidas por estación de crecimiento. Los controles QM tuvieron una aplicación de herbicida preemergente y dos de graminicida (quizalofop-*P*-etil) en el mismo período. Los herbicidas de preemergencia y el glufosinato de amonio se aplicaron cuando las estacas se encontraban en reposo vegetativo. El graminicida se aplicó en combinación con un 1% de aceite agrícola coadyuvante y con las estacas en pleno crecimiento vegetativo (hojas maduras, en formación y brotes en elongación).

Las parcelas del experimento estuvieron compuestas por 16 plantas dispuestas en cuatro filas y cuatro hileras (4 × 4 plantas). Las 14 plantas periféricas fueron implantadas como bordura de parcela y las cuatro centrales se asignaron a las mediciones (dos plantas por subparcela).

Para la evaluación del ensayo se consideraron 18 variables, relacionadas con la composición y cobertura de la comunidad de malezas y la supervivencia, la fitotoxicidad de herbicidas, el crecimiento y el estado nutricional del cultivo. Los métodos y técnicas utilizados en cada caso se detallan a continuación:

*Composición específica de la comunidad de malezas, cobertura verde y eficacia de control de los tratamientos*

- Composición específica de malezas y cobertura verde (CobM; %): los relevamientos de la composición específica y la cobertura de la comunidad de malezas se realizaron en forma bimestral, en parcelas permanentes rectangulares de 1 × 1,3 m. Se instalaron dos parcelas por cada tratamiento, las que se ubicaron sobre las bandas tratadas con herbicidas en puntos equidistantes entre dos plantas. Las parcelas del tratamiento testigo positivo y las correspondientes a las entrefilas se ubicaron en forma diferente a las anteriores; en las primeras se relevó la cobertura y composición dentro de la superficie circular tratada con azada, mientras que las segundas se instalaron en puntos equidistantes entre dos filas, para así poder relevar las malezas en las superficies que tuvieron pasadas con rastra de discos. Las determinaciones de las especies presentes en los censos florísticos se hicieron en campo, junto con una estimación visual de la cobertura total de la parcela y de la abundancia de las distintas especies utilizando la escala de Braun – Blanquet (Matteucci y Colma, 1982); en los casos necesarios se efectuaron determinaciones en gabinete. Los nombres científicos de las determinaciones fueron establecidos según Zuloaga y Morrone (1996; 1999) y los nombres vulgares según Cabrera y Zardini (1979) y Marzocca (1986). Adicionalmente a las

observaciones mencionadas se tomaron fotografías verticales en color de cada parcela, las que fueron posteriormente digitalizadas y procesadas mediante los programas DyEye 1.1b y Rootedge 2.2c (Ewing y Horton, 1999) para obtener en cada caso la cobertura verde de malezas del suelo y corregir las estimaciones visuales.

- Eficacia de control (EfiC; %): La eficacia de control de cada tratamiento se obtuvo a partir de la diferencia de cobertura verde obtenida respecto del tratamiento T- y expresada como porcentaje de la misma:

$$\text{EfiC (Tratamiento}_i\text{) (\%)} = \frac{((\text{CobM (T-)} - \text{CobM (Tratamiento}_i\text{))) \cdot 100}{\text{CobM (T-)}}$$

Los valores de eficacia obtenidos se clasificaron de acuerdo con la escala del Consejo Europeo para la Investigación en Malezas (European Weed Research Council, EWRC; 1964):

**Tabla 3.** Índices de eficacia y tolerancia del cultivo a los tratamientos de control de malezas (EWRC, 1964).

Índice EWRC	Eficacia de control (% de control de malezas)	Tolerancia del cultivo (% de fitotoxicidad)
1	Completamente controladas (100%)	Ningún efecto sobre el cultivo (0%)
2	Excelente (98 - 99%)	Efectos muy leves (1 - 15%)
3	Muy bueno (95 - 97%)	Efectos leves, impedimentos en el crecimiento y amarillamiento obvios; efectos reversibles (16 - 30%).
4	Bueno - Aceptable (90 - 94%)	Clorosis e impedimento en el crecimiento substanciales, probablemente sin efecto sobre el rendimiento; la mayoría de los síntomas reversibles (31 - 45%).
5	Moderado, pero no aceptable generalmente (83 - 89%)	Clorosis e impedimentos acentuados, con raleo del cultivo; se esperan algunas pérdidas en el rendimiento (46 - 60%).
6	Regular (70 - 82%)	Severidad del daño creciente (61 - 75%).
7	Pobre (56 - 69%)	Severidad del daño creciente (76 - 90%).
8	Muy pobre (30 - 55%)	Severidad del daño creciente (91 - 99%).
9	Sin control (0 - 29%)	Pérdida total del cultivo (100%).

### *Variables del cultivo*

Parámetros foliares y de intercepción de radiación

- Área foliar individual (AFI;  $\text{cm}^2 \cdot \text{hoja}^{-1}$ ), área foliar específica (AFE;  $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ) y contenido de N, P y K (%): para estimar el área foliar individual media (AFI) de las plantas en cada tratamiento se realizaron muestreos de hojas en febrero de 1999 y febrero de 2000. Los muestreos se realizaron cosechando hojas de la parte superior (hojas jóvenes en formación), media superior (hojas maduras nuevas), media e inferior (hojas maduras y senescentes respectivamente) de las estacas, en una cantidad de cuatro por parcela en el año 1999, y cuatro por subparcela en el año 2000, para obtener 16 hojas por tratamiento. Las hojas fueron conservadas a  $4^\circ \text{C}$  y su área foliar fue medida con un planímetro óptico Li-Cor LI 3100. Posteriormente el material se secó (hasta peso constante en estufa a  $60^\circ$ ), para obtener el peso seco. A partir de los datos obtenidos de AFI y peso seco de cada hoja se calculó el área foliar específica media (AFE) por planta y para cada tratamiento. El mismo material fue posteriormente molido y utilizado para la determinación de N total por el método de micro – Kjeldhal, P total mediante la técnica de azul de molibdeno y K total por fotometría de llama (Jones *et al.*, 1991).

- Área foliar total media (AFT;  $\text{m}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$ ), área de cobertura de copa (AC,  $\text{m}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$ ) e índice de área foliar (IAF=  $\text{AFT} \cdot \text{AC}^{-1}$ ): las estimaciones de AFT para cada tratamiento se efectuaron mediante métodos no destructivos en febrero de 1999 y febrero de 2000. Para la estimación realizada en 1999 se ajustaron dos modelos de predicción del área foliar de cada hoja (AF) a partir de producto de las dimensiones longitud (L, cm) y ancho (A, cm) de la lámina, para una muestra de tamaño  $n = 81$  hojas del clon “Stoneville 66”. Las AF se midieron con planímetro óptico y L y A con una cinta métrica al mm más cercano. Los modelos obtenidos fueron:  $\text{AF} = 0,6837 \cdot (\text{L} \cdot \text{A})$ , para hojas de  $\text{L} \cdot \text{A} > 90 \text{ cm}^2$  y  $\text{AF} = 0,6689 \cdot (\text{L} \cdot \text{A})$ , para hojas con valores de  $\text{L} \cdot \text{A}$  entre 1 y  $90 \text{ cm}^2$ . Las mediciones a campo de L y A de las hojas se efectuaron el 21/II/1999, sobre un total de 40 plantas (una por parcela). Los valores de AFT de cada planta se obtuvieron por sumatoria de las AF correspondientes previamente calculadas. Para la estimación de 2000 se construyó un modelo de predicción de acuerdo con Verwijst y Telenius (1999), empleando como variable de entrada la longitud de las ramas ( $L_r$ ; cm). La función se ajustó a partir de una muestra de  $n = 216$  ramas, y permitió estimar la sumatoria de AF de cada rama ( $\text{AF}_r$ ;  $\text{m}^2 \cdot \text{rama}^{-1}$ ) como  $\text{AF}_r = (5,46 + 0,535 \cdot L_r)^2$ . Las mediciones de  $L_r$  en campo se efectuaron en marzo de 2000. En las fechas mencionadas se midieron dos diámetros de la proyección perpendicular de la copa de cada planta y a partir

de su promedio se calculó el área circular de cobertura de copa (AC). El IAF se obtuvo como  $IAF = AFT \cdot AC^{-1}$ .

- Radiación fotosintéticamente activa transmitida por el follaje de las plantas de álamo (RFA<sub>tr</sub>; %): Las mediciones para determinar la radiación fotosintéticamente activa (RFA;  $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ) transmitida por el cultivo se realizaron el 21/II/1999 y el 20/II/2000 entre las 11 y las 14 hs, bajo condiciones de cielo despejado. Se utilizó un sensor puntual de cuantos LI-190SA para medir la RFA incidente sobre el canopeo de las plantas de álamo y una barra integradora LI-191SA para registrar la RFA debajo del mismo y al nivel del suelo. Se tomaron lecturas simultáneas de los dos sensores en todas las plantas de las parcelas y subparcelas, las que fueron grabadas en un procesador de datos LI-COR LI-1400. La transmitancia se expresó como el porcentaje de la radiación incidente no interceptada por el cultivo.

- Biomasa de hojas: la biomasa de hojas (Bsh;  $\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$ ) se estimó a partir de los datos de AFT y AFE previamente obtenidos en cada tratamiento.

#### Supervivencia, fitotoxicidad, crecimiento y estado nutricional

- Supervivencia (S; %): se relevó en forma mensual durante los primeros dos años de crecimiento y se expresó como porcentaje de plantas vivas por parcela o subparcela, según el caso.

- Fitotoxicidad de los herbicidas: los síntomas de fitotoxicidad por herbicidas se relevaron mensualmente. Se realizaron descripciones de los mismos, se cuantificó su incidencia dentro de la parcela y su severidad en cada planta en función del porcentaje total de ramas y superficie foliar afectada. Los valores porcentuales obtenidos se categorizaron según la escala de tolerancia de EWRC (1964) (tabla 3).

- Altura total (At; m): las alturas totales de las plantas se midieron en la estación de reposo vegetativo posterior a cada ciclo de crecimiento. Para las mediciones de 1999, 2000 y 2001 se utilizó una pértiga graduada, mientras que las mediciones de 2002 y 2004 se realizaron con clinómetro. Una vez obtenidos los registros anuales de Altura total se calcularon los

incrementos corrientes anuales en altura (ICA; m) de cada tratamiento por diferencia entre las alturas totales entre dos años sucesivos (Cailliez, 1980).

- Biomasa y volumen de leño con corteza al primer y segundo año de crecimiento: la biomasa de leño con corteza (Bslcc; g · planta<sup>-1</sup>) y el volumen de leño con corteza (Vlcc; dm<sup>3</sup> · planta<sup>-1</sup>) del fuste y ramas de las plantas se estimaron en forma no destructiva mediante ecuaciones, utilizando el diámetro (D, dm) y la longitud (L, dm), o el producto del D basal (Db) al cuadrado por L (índice de volumen de la rama IVr = Db<sup>2</sup> · L) como variables de predicción según la forma de las partes componentes. Para ajustar las ecuaciones de predicción en agosto de 1999 se cosecharon las partes aéreas completas de un grupo de plantas (n= 12) de uno y dos años de edad del clon “Stoneville 66”, las que fueron llevadas en estado fresco al laboratorio. Allí cada planta fue particionada en dos tipos de componentes caulinares en base a su forma, a saber: conos truncados que se denominaron segmentos (correspondientes a partes basales) y ramas con formas cónicas; en el caso de los segmentos se midieron sus diámetros terminales (D1 y D2) y su longitud (L), y para las ramas su Db y su longitud (L), mediante un calibre y cinta métrica. Luego las piezas fueron pesadas para la obtención de su peso fresco con corteza y sumergidas en probetas graduadas de distinta capacidad, para obtener los volúmenes reales de cada componente a través de la técnica de desplazamiento de líquido. Posteriormente fueron deshidratadas hasta peso constante en estufa a 60° C para la obtención del peso seco con corteza, definiéndose así la densidad del material fresco y seco. A partir de estos datos se ajustaron ecuaciones para la predicción de la biomasa y del volumen con corteza de las ramas según Verwijst y Telenius (1999) y Pontailier *et al.* (1997), utilizando el IVr como variable predictora. Las ecuaciones alométricas obtenidas fueron:

para ramas con  $0 < IVr < 0,0021 \text{ dm}^3$

$$Bslcc \text{ (g)} = 0,0476 + 321,9 \cdot IVr$$

$$Vlcc \text{ (dm}^3\text{)} = 0,7619 \cdot IVr$$

para ramas con  $0,0021 < IVr < 0,03 \text{ dm}^3$

$$Bslcc \text{ (g)} = 0,334 + 228,33 \cdot IVr$$

$$Vlcc \text{ (dm}^3\text{)} = 0,546 \cdot IVr$$

para ramas con  $0,03 < IV_r < 0,38 \text{ dm}^3$

$$Bslcc \text{ (g)} = 2,347 + 149,7 \cdot IV_r$$

$$Vlcc \text{ (dm}^3\text{)} = 0,407 \cdot IV_r$$

Los volúmenes de los segmentos se calcularon a partir de la ecuación del cono truncado (Cailliez, 1980). Con los datos de volumen real de los segmentos se pudo corroborar que esta ecuación permitía obtener estimaciones de elevada exactitud, por lo que una vez validada dicha técnica se empleó extensivamente en las estimaciones posteriores.

Finalmente los valores de Bslcc y Vlcc para las plantas completas se obtuvieron por sumatoria de los obtenidos para los segmentos y ramas individuales.

Las mediciones en campo de las variables predictoras en las partes aéreas de las plantas se efectuaron en agosto de 1999 y agosto de 2000.

- Índices de DRIS (Sistema de Diagnóstico y Recomendación Integrado): los datos de Vlcc y las concentraciones foliares de N, P y K obtenidos al primer y segundo año de crecimiento fueron analizados de acuerdo con el sistema DRIS (Leech y Kim, 1981; Stanturf *et al.*, 2001); se obtuvieron los estándares de campo a partir de las 9 parcelas con mayores Vlcc durante el primer y segundo años, para posteriormente calcular los índices de N, P y K y la sumatoria de índices para cada tratamiento.

- Diámetro a la altura del pecho (DAP; cm) e índice de volumen con corteza del fuste completo ( $IV = DAP^2 \cdot At$ ;  $\text{m}^3$ ) al sexto año de crecimiento: el DAP se midió con forcípula en julio de 2004, para calcular el índice de volumen de cada individuo.

### Ensayo 2-2.

En este ensayo implantado en 1988 se evaluaron las respuestas de los clones ‘Conti 12’ y ‘Stoneville 66’ a la aplicación de distintas combinaciones de herbicidas preemergentes, postemergentes totales y un graminicida. Los 16 tratamientos resultantes se llevaron a campo en agosto de 1998 mediante un experimento factorial con DBCA, parcelas subdivididas y cuatro repeticiones. El relevamiento de datos se realizó hasta agosto de 2000 inclusive.

El tamaño de la parcela principal utilizada fue de cuatro plantas contiguas por fila (dos plantas por subparcela) y los factores evaluados fueron:

**Factor 1** (en parcelas principales): clon

1- *P. deltooides* “Stoneville 66”

2- *P. × canadensis* ‘Conti 12’

**Factor 2** (en parcelas principales): herbicida preemergente

---

**a-** Testigo negativo: parcelas sin aplicación de herbicidas ni otro tipo de control de malezas luego de la plantación (T-).

**b-** Control químico en bandas con 3,2 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de atrazina, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM A1).

**c-** Control químico en bandas con 4 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de diuron, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM D).

**d-** Control químico en bandas con 1,5 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de linuron, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM L).

**e-** Control químico en bandas con 2,5 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de terbutilazina, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM T).

**Factor 3** (en subparcelas): herbicida postemergente total

---

**I-** - aplicación en bandas de 0,96 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de glifosato en julio de 1999, previamente a la aplicación de los herbicidas preemergentes correspondientes al segundo año de control.

**II-** aplicación en bandas de 0,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de glufosinato de amonio en julio de 1999, previamente a la aplicación de los herbicidas preemergentes correspondientes al segundo año de control.

---

Las respuestas de los clones y las malezas a los distintos tratamientos se evaluaron mediante el registro de la supervivencia, fitotoxicidad y crecimiento en altura de los clones, así como de la composición específica, la cobertura de malezas y la eficacia de control durante los dos años posteriores a la implantación. La metodología y frecuencia empleadas en cada variable son las mismas que se detallaron en el Ensayo 2-1.

### Ensayo 2-3.

El ensayo 2-3 se implantó el 17-VIII-1999 con el fin de incorporar nuevas combinaciones de clones, herbicidas y fertilizantes a las pruebas en campo; se buscó asimismo obtener repeticiones temporales para los dos tratamientos que mostraron los mejores resultados en el período 1998 – 1999 (QM S2 y QM S2 F, véase Ensayo 2-1). El

experimento realizado fue de tipo factorial, con un DBCA, cuatro repeticiones y parcelas de cuatro plantas contiguas en la fila. Se incluyeron los siguientes factores:

**Factor 1:** clon

---

1- *P. deltoides* "Stoneville 66"

2- *P. × canadensis* 'Conti 12'

**Factor 2:** tipo de control de malezas

---

- a- Testigo negativo (T-): parcelas sin control de malezas luego de la plantación
  - b- Control químico en bandas con 2,16 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de alaclor, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM AL).
  - c- Control químico en bandas con 0,24 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de imazaquin, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM I 1).
  - d- Control químico en bandas con 2,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de simazina, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM S2).
  - e- Control químico en bandas con 0,96 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de oxifluorfen, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM O2).
  - f- Fertilización de arranque con N y P, control químico en bandas con 2,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de simazina, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM S2 F).
  - g- Fertilización de arranque con N y P, control químico en bandas con 0,96 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de oxifluorfen, 54 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM O2 F).
- 

El ensayo se evaluó mediante las mismas variables y técnicas de relevamiento descritas anteriormente para el ensayo 2-2, con excepción de la altura total (At) que fue medida luego del primer (At 2000), segundo (At 2001) y cuarto año (At 2003) post-plantación.

**Ensayos a escala de usuario del año 2000.**

En estos ensayos se llevaron a campo los tratamientos que mostraron los mejores resultados en los ensayos exploratorios, una vez que se introdujeran en ellos algunas modificaciones para mejorar su residualidad y control de malezas emergidas. Las pruebas apuntaron a evaluar dichos tratamientos en una cantidad mayor de calidades de sitio, de comunidades de malezas, clones y de campañas de plantación, buscando así repeticiones

espaciales y temporales. Para la aplicación de los herbicidas se realizó la modificación y puesta a punto de una pulverizadora de arrastre.

#### Ensayo 2-4.

Este ensayo se implantó en agosto de 2000 con el clon ‘Conti 12’, en las calidades de los sitios normalmente asignadas a dicho material (hapludoles típicos con problemas de drenaje o almacenamiento de agua, también hapludoles énticos de textura franco-arenosa). Junto con los tratamientos testigo negativo (T-) y mecánico tradicional (TM) se probaron dos sistemas QM de control con atrazina e imazaquin, los que fueron aplicados en dosis mayores que las evaluadas en los ensayos anteriores y en mezcla de tanque con glifosato al segundo año postplantación. El experimento fue unifactorial, con DBCA, tres repeticiones y parcelas de 60 plantas separadas con una fila de bordura. Los bloques se dispusieron según las diferencias edáficas existentes entre los cuadros seleccionados: los bloques I y II se establecieron en hapludoles típicos, mientras que el bloque III se instaló sobre un hapludol éntico (tabla 2).

Los tratamientos fueron:

- 
- 1- Testigo negativo (T-): sin control de malezas luego de la plantación.
  - 2- Tratamiento de referencia (TM): control mecánico, laboreo cruzado con rastra de disco y carpida con azada alrededor de las estacas.
  - 3- Control químico en bandas con 4 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de atrazina, 1,2 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de glifosato, 68 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM A 2).
  - 4- Control químico en bandas con 0,3 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de imazaquin, 1,2 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de glifosato, 68 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM I 2).
- 

Los controles QM tuvieron dos pasadas de disco entre filas, una aplicación de preemergente y dos de graminicida (quizalofop-*P*-etil) al primer año, mientras que al segundo año se efectuaron dos disquedadas, una aplicación de preemergente + glifosato (mezcla de tanque) y sólo una aplicación de graminicida (otra modificación introducida sobre los tratamientos QM originales). En el control TM se hicieron dos pasadas de disco cruzadas y dos carpidas por año.

Para la aplicación de los herbicidas se modificó y calibró una pulverizadora de arrastre marca “Defensor” disponible en el Establecimiento, configurada por el fabricante para hacer

aplicaciones con tobera lateral. En primer lugar se desarmaron los mecanismos vinculados con la configuración original (poleas, eje de transmisión, ventilador y tobera), preservando los componentes básicos a ser utilizados como chasis, tren rodante, tanque y circuito hidráulico principal (filtro de línea, bomba de pistón – membrana, comando con válvula reguladora de presión y manómetro). Posteriormente se adaptó un botalón corto con dos picos antigoteo; la altura de trabajo del botalón y la posición de los picos fueron regulables. La pulverizadora quedó así preparada para realizar aplicaciones en banda (2 bandas por pasada, fotografía 1) y aplicaciones en media banda (dos media-banda por pasada, fotografía 2) según fuera necesario. La velocidad de avance utilizada fue de  $2,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , con presiones de 3 bar (boquillas Teejet DG9505EVS, en bandas) o 2,5 bar (boquillas Teejet DG8003VS, en medias bandas), resultando tasas de aplicación sobre las bandas de  $324$  y  $356 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  respectivamente.



**Fotografía 1.** Aplicación invernal de herbicidas en los ensayos 2-4 y 2-5 (dos bandas por pasada): Conjunto tractor - pulverizadora maniobrando en una cabecera (arriba, izq.) y vista posterior de la pulverizadora mostrando el botalón corto con dos picos antigoteo y bajadas de manguera (abajo, izq.). Agosto de 2000.

**Fotografía 2.** Aplicación invernal de herbicidas en los ensayos 2-4 y 2-5 (dos media - bandas por pasada): Vista lateral (arriba, der.) y posterior (abajo, der.) del conjunto tractor - pulverizadora circulando en las entrefilas de la plantación. Agosto de 2001.

Para la evaluación del ensayo se relevaron 6 variables. La evolución de las malezas se registró mediante la composición específica, la cobertura verde (CobM; %) y la eficacia de control (EfiC; %). El comportamiento de los álamos se evaluó a través de la supervivencia, la fitotoxicidad causada por herbicidas y el crecimiento en altura total (At) durante el primer y segundo años. Se utilizaron los mismos métodos e instrumental ya descritos para el Ensayo 2-1.

#### Ensayo 2-5.

Este ensayo tiene la misma fecha de plantación, tratamientos, tipo de experimento y diseño que el ensayo anterior, pero fue implantado con el clon “Stoneville 66”, en media-lomas francas de relieve plano (hapludoles típicos).

### **Parcelas demostrativas y ensayo exploratorio de 2002.**

#### Parcelas demostrativas a escala de producción.

Las parcelas demostrativas se desarrollaron en forma continua desde 2001 hasta 2004, y constituyeron la instancia de integración y validación final de la eficacia de los tratamientos. Estas pruebas consistieron en repetir en forma anual y sobre una superficie de 5 ha los mejores tratamientos obtenidos en los ensayos anteriores; en las mismas se fueron introduciendo además modificaciones en el conjunto tractor - pulverizadora y otras variantes operativas que aumentaron la eficiencia de las aplicaciones.

En las parcelas demostrativas se realizaron observaciones tendientes a determinar los aspectos más sobresalientes de la efectividad de control de los tratamientos, así como también detectar las especies componentes de los escapes y la aparición e intensidad de síntomas de fitotoxicidad en el cultivo. También se tomaron los tiempos efectivos y totales de trabajo, necesarios para realizar los cálculos de rendimientos y costos de maquinaria y personal en condiciones operativas reales; estos datos fueron posteriormente utilizados en el desarrollo del Capítulo 4.

#### Ensayo 2-6.

El ensayo 2-6 se implantó el 13-VIII-2002 y constituyó el último ensayo de la fase exploratoria. El diseño y tratamientos de este experimento se definieron teniendo en cuenta tres objetivos específicos: a- obtener repeticiones espaciales y temporales de los tratamientos testigo negativo y positivo (T- y T+); b- reunir información adicional sobre la respuesta de los álamos a la fertilización y su interacción con el control de malezas y c- introducir un control químico total (QT) y comparar los resultados obtenidos con el control QM.

El ensayo fue de tipo factorial completo con 48 tratamientos, tres repeticiones y DBCA con parcelas sub-sub divididas; las parcelas y sub-parcelas quedaron separadas entre sí por una hilera de plantas de bordura. Los factores considerados fueron:

**Factor 1:** control de malezas (en parcelas principales de  $4 \times 21$  plantas).

- 
- 1- Testigo negativo (T-): sin control de malezas luego de la plantación
  - 2- Testigo positivo (T+): control químico total como en QT I2 (véase más adelante) pero en forma dirigida (fotografía 3), y control adicional con machete y aplicaciones dirigidas de glifosato para mantener en un mínimo la cobertura de las malezas en las filas de plantación y las entrefilas durante el período de ensayo.
  - 3- Control químico en bandas con  $0,3 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de imazaquin +  $0,96 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de glifosato,  $68 \text{ g i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de quizalofop-*P*-etil y pasadas de disco entre las bandas (QM I 2).
  - 4- Control químico total sobre filas y entrefilas con  $0,3 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de imazaquin +  $0,96 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de glifosato y  $68 \text{ g i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de quizalofop-*P*-etil (QT I 2).

**Factor 2:** clon (en subparcelas de  $4 \times 7$  plantas)

- 
- a- *P. deltoides* "Stoneville 66"
  - b- *P. × canadensis* 'Conti 12'
  - c- *P. × canadensis* 'Guardi'

**Factor 3:** fertilización localizada con urea (en sub-sub parcelas de  $2 \times 2$  plantas)

- 
- I- Sin fertilización de arranque
  - II- Fertilización de arranque con  $22,5 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de N en forma de urea
  - III- Fertilización de arranque con  $45 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de N en forma de urea
  - IV- Fertilización de arranque con  $67,5 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de N en forma de urea
- 

El control QM tuvo dos pasadas de disco entre filas, una aplicación de preemergente + glifosato (mezcla de tanque) y dos de graminicida (quizalofop-*P*-etil) por año, la misma frecuencia de aplicaciones se utilizó en el control QT y el T+ (aplicación dirigida).

Para la evaluación del ensayo se relevaron 10 variables. En lo referente a la evolución de las malezas se registró la composición específica, la cobertura verde (CobM) y la eficacia

de control (EfiC). El comportamiento de los álamos se evaluó a través de la supervivencia, la fitotoxicidad causada por herbicidas, el área foliar individual (AFI), el crecimiento en altura total (At), el volumen de leño con corteza (Vlcc), el area basal por planta (AB;  $\text{dm}^2$ ) y el número de fustes por planta. Se utilizaron los mismos métodos e instrumental ya descritos para el Ensayo 2-1.



**Fotografía 3.** Ensayo 2-6: aplicación dirigida de herbicidas con “cajón de pulverización” y dos lanzas utilizados para aplicar el glifosato y la mezcla de glifosato y preemergente en las parcelas del tratamiento T+; 25 de octubre de 2002.

### **Análisis de los datos**

Los datos fueron evaluados para la comprobación de los supuestos necesarios para la realización de análisis estadísticos paramétricos (aditividad de Tukey y homogeneidad de varianzas de Bartlett) (Steel y Torrie 1993). Los datos que cumplieron con dichos supuestos fueron analizados mediante prueba de  $t$ , análisis de la varianza (ANAVA) - test de Tukey para el contraste de medias, y análisis de regresión (Steel y Torrie 1993). En caso contrario las variables fueron transformadas previamente a la realización de dichos tests paramétricos o en su defecto analizadas mediante métodos no paramétricos de comparación de muestras (Mann-Whitney, Wilcoxon), de análisis de la varianza (Kruskal-Wallis, Friedman) o correlación de rangos (Spearman) según los casos (Conover, 1999). Para los análisis estadísticos se utilizaron los programas MSTAT-C V. 2.1 (MSTAT-C, 1991), Michigan State University e InfoStat, V. 2004 – U. N. Córdoba (InfoStat, 2004).

## **2.C. Resultados.**

### **Ensayos de la fase exploratoria inicial.**

#### Ensayos 2-1 y 2-2.

Los ensayos 2-1 y 2-2 tuvieron una brotación inicial uniforme, si bien en setiembre de 1998 ocurrieron dos heladas tardías y las precipitaciones de la primavera y primera mitad del verano fueron inferiores al promedio histórico (gráfico 1). Estos experimentos, al igual que los ensayos 2-3 y 3 (Capítulo 3) se establecieron en cuadros de plantación contiguos y tuvieron por tanto similitudes en cuanto a las condiciones edáficas y las comunidades de malezas del sitio.

#### *Evolución de la comunidad de malezas y síntomas de fitotoxicidad en el cultivo:*

La aplicación inicial de los herbicidas preemergentes se llevó a cabo el 23 de agosto de 1998 sobre el suelo seco en superficie y casi sin cobertura verde de malezas, ya que se encontraron muy pocas plántulas emergidas y ejemplares aislados de *Festuca arundinacea* sobrevivientes de las labores de preparación del sitio. Las escasas precipitaciones invernales y la realización tardía de labores con rastra de discos contribuyeron a crear dichas condiciones. A partir de la fecha de inicio de los ensayos (0 días después de tratamiento; DDT) se sucedieron cambios cualitativos y cuantitativos en la comunidad de malezas, producto tanto de los tratamientos químicos o mecánicos, como de procesos de interferencia y cambios fenológicos en las especies de malezas. En los relevamientos realizados durante los dos años de duración de los ensayos se determinó la presencia de 46 especies de malezas, cuya abundancia y respuesta a los tratamientos de control se describe en la tabla 4.

**Tabla 4.** Especies de malezas presentes en los ensayos 2-1, 2-2 y 2-3.

Nombre científico	Nombre vulgar	Origen <sup>1</sup>	Ciclo <sup>2</sup>	Abundancia <sup>3</sup>
<i>Ammi majus</i>	falsa biznaga	E	A	4
<i>Anagallis arvensis</i>	-	E	A	2
<i>Anoda cristata</i>	malva silvestre	N	A	3
<i>Avena fatua</i>	avena guacha	E	A	1
<i>Aster squamatus</i>	rama negra	N	P	1
<i>Bowlesia incana</i>	ombusillo	N	A	2
<i>Brassica rapa</i>	nabo	E	A	3
<i>Bromus catharticus</i>	cebadilla criolla	N	A/B	4
<i>Carduus acanthoides</i>	falso cardo negro	E	A	4
<i>Chenopodium album</i>	quínoa	E	A	3
<i>Cirsium vulgare</i>	cardo negro	E	A	4
<i>Conyza bonariensis</i>	vira vira	N	A	3
<i>Cyclosporum leptophyllum</i>	apio silvestre	N	A	2
<i>Cynara cardunculus</i>	cardo de castilla	E	P	1
<i>Cynodon dactylon</i>	gramón	E	P	4
<i>Cyperus esculentus</i>	chufa	N	P	3
<i>Deyeuxia viridiflavescens</i>	-	N	P	1
<i>Digitaria sanguinalis</i> *	pasto cuaresma	E	A	2
<i>Festuca arundinacea</i>	festuca	E	P	2
<i>Fumaria officinalis</i> *	flor de pajarito	E	A	2
<i>Geranium dissectum</i>	alfilerillo	E	A	2
<i>Geranium molle</i>	alfilerillo	E	A	2
<i>Heliotropium amplexicaule</i> *	borraja de campo	N	P	1
<i>Hypochaeris chillensis</i>	achicoria	N	P	1
<i>Lactuca serriola</i>	lechuga salvaje	E	A/B	2
<i>Lamium amplexicaule</i> *	-	E	A	2
<i>Lolium multiflorum</i>	raigrás	E	A	4
<i>Medicago lupulina</i>	lupulina	E	A/P	3
<i>Melilotus albus</i>	trebol de olor blanco	E	B	1
<i>Oxalis conorrhiza</i>	vinagrillo	N	P	2
<i>Paspalum dilatatum</i>	pasto miel	N	P	1
<i>Phalaris aquatica</i>	falaris	E	P	1
<i>Polygonum aviculare</i>	sanguinaria	E	A	2
<i>Polygonum convolvulus</i>	enredadera anual	E	A	3
<i>Polygonum persicaria</i>	-	E	P	1
<i>Raphanus sativus</i>	nabón	E	A/B	2
<i>Rumex crispus</i>	lengua de vaca	E	P	2
<i>Setaria verticillata</i>	cola de zorro	E	A	2
<i>Solanum sublobatum</i>	hierba mora	N	A	1
<i>Solidago chilensis</i>	vara de oro	N	P	3
<i>Sonchus asper</i>	cerraja brava	E	A	2
<i>Sonchus oleraceus</i>	cerraja	E	A	3
<i>Sorghum halepense</i>	sorgo de Alepo	E	P	4
<i>Tagetes minuta</i>	chinchilla	N	A	3
<i>Taraxacum officinale</i>	diente de león	E	P	2
<i>Trifolium repens</i>	trebol blanco	E	P	3
<i>Verbena bonariensis</i>	verbena	N	P	3
<i>Veronica persica</i>	-	E	A	2
<i>Vicia sativa</i>	vicia, arvejilla	E	A	3
<i>Viola tricolor</i>	violeta silvestre	E	A	3

(1) N (especie nativa), E (especie exótica).

(2) ciclo de vida: A (anual), B (bienal), P (perenne).

(3) escala de abundancia media durante los ensayos: 1 (rara), 2 (frecuente), 3 (abundante), 4 (muy abundante).

(\*) presentes sólo en el ensayo 2-3.

**Tabla 5.** Respuesta del clon “Stoneville 66” y eficacia de control en los distintos tratamientos del ensayo 2-1 durante el período de crecimiento 1998 - 1999.

Tratamiento	Parámetros foliares <sup>a</sup>				Intercepción de la radiación <sup>a</sup>			Crecimiento <sup>a</sup>			Eficacia de control <sup>a</sup>				
	AFI	AFE	AFT	Bsh	AC	IAF	RFATR	At	Bslcc	Vlcc	60 DDT	120 DDT	180 DDT	240 DDT	300 DDT
	cm <sup>2</sup> · hoja <sup>-1</sup>	cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> · planta <sup>-1</sup>	g · planta <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup> · planta <sup>-1</sup>	%	%	m	g · planta <sup>-1</sup>	dm <sup>3</sup> · planta <sup>-1</sup>					
T-	36,5 a	109,8	0,10 a	9,3 a	0,08 a	2,00	39,7	0,91a	18,6 a	0,04 a					
T+	62,1 b	114,9	0,23 ab	19,9 ab	0,15 ab	1,43	43,1	1,43 b	44,6 ab	0,10 ab					
TM	80,3 bc	131,7	0,48 cde	36,1 de	0,25 c	1,53	40,3	1,82 c	116,3 c	0,29 c	-0,75	33,0	31,2	-9,80	2,45
QMS1	84,7 bc	130,7	0,48 cde	36,6 def	0,23 bc	2,34	42,7	1,88 c	126,4 c	0,31 c	-23,7	37,7	26,7	-14,9	-61,0
QMS2	83,0 bc	133,3	0,38 c	28,6 c	0,26 c	1,82	39,5	1,91 c	98,5 c	0,25 c	3,95	54,2	32,8	-0,60	-38,5
QMO1	74,4 bc	125,1	0,43 cd	34,7 cd	0,23 bc	1,64	35,6	1,70 bc	113,8 c	0,29 c	10,2	41,5	17,2	3,35	-7,60
QMO2	96,3 c	123,7	0,63 e	50,5 g	0,32 c	1,95	39,1	2,03 c	152,5 c	0,39 c	27,0	41,4	15,1	7,25	-31,2
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)															
ANAVA I								<0,0001			ns	ns	ns	ns	ns
Friedman ( <i>T</i> <sup>2</sup> )			0,0001	<0,0001	0,0008	ns	ns		0,001	0,0014					
Kr. Wallis ( <i>H</i> )	0,0002	ns													
QMS2F	117,1 a	118,4	2,07 a	175,0 a	1,60 a	1,50	33,2	2,74 a	502,0 a	1,28 a	16,8	38,3	25,4	13,3	-39,7
QMS2	83,0 b	133,3	0,38 b	28,6 b	0,26 b	1,82	39,5	1,91 b	98,5 b	0,25 b	3,95	54,2	32,8	-0,60	-38,5
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)															
ANAVA II								0,008			ns	0,064	ns	ns	ns
Wilcoxon <i>W</i>	0,030	ns													
Wilcoxon <i>R</i> +			0,002	0,002	0,002	ns	ns		0,014	0,002					

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas en los casos de ANAVA I y II (test de Tukey HSD; 0,05); para los análisis no paramétricos se muestran las medias de los tratamientos, pero letras distintas representan diferencias significativas en el parámetro de posición (Wilcoxon *W*, *R*+; 0,05) o entre medias de rangos (test de Friedman *T*<sup>2</sup>, Kruskal-Wallis *H*; 0,05).

El 27 octubre de 1998 (60 DDT) comienzan a observarse diferencias en la composición específica y la cobertura de malezas de los distintos tratamientos.

En las parcelas T- (testigo negativo) hubo un 47% de cobertura verde, con una participación equilibrada de dicotiledóneas (en orden de importancia: cardos, falsa biznaga, enredadera anual, cerraja, violeta silvestre, vicia, nabo, achicoria, quínoa, lechuga salvaje) y gramíneas (sorgo de Alepo, gramón, raigrás y en menor medida cebadilla criolla y festuca), mientras que en los tratamientos químico-mecánicos (QM) del ensayo 2-1 la cobertura está conformada mayormente por gramíneas (raigrás, gramón, sorgo, cebadilla criolla, festuca) y ciperáceas (chufa), encontrándose menos escapes de dicotiledóneas en los tratamientos QMO1 y QMO2 (dosis 1 y 2 respectivamente de oxifluorfen) respecto de los tratamientos QMS1 y QMS2 (dosis 1 y 2 de simazina). En las parcelas T+ (testigo positivo) la cobertura verde de malezas alrededor de las estacas se mantuvo, desde los 0 DDT en adelante, en un nivel mínimo mediante carpidas con azada periódicas, mientras que en la superficie restante entre plantas el control reiterado con machete dio lugar al establecimiento de una cobertura variable dominada por gramíneas (gramón) (fotografía 4). Las parcelas TM (tratamiento mecánico) y el espacio entre bandas (entrefilas) tuvieron una cobertura similar a T-, ya que el primer control de malezas se realizó a los 75 DDT. La eficacia de control de los tratamientos QM fue de 9 (sin control) de acuerdo con la escala EWRC (1964), ya que en ningún caso se superó el 29% de control. En el tratamiento de QMS1 hubo un valor negativo (tabla 5). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las eficacias según dosis, principios activos y tratamientos con y sin fertilización.

Ocurrieron síntomas de fitotoxicidad leves (categoría 3 según EWRC) en los tratamientos con oxifluorfen, con valores significativamente mayores en el tratamiento QMO2 (27%) respecto del tratamiento QMO1 (19%) (test de Friedman,  $P < 0,0001$ ). Los síntomas se manifestaron en las hojas jóvenes, como manchas antociánicas - necróticas (fotografía 5) y posteriormente disminuyeron en forma gradual, ya que a los 90 DDT los efectos eran muy leves (categoría 2, menores al 15%) y sin diferencias significativas entre las dosis.

En el ensayo 2-2 se observaron diferencias entre T- y los tratamientos QM similares a las del ensayo 2-1, con una mayor eficacia de control de malezas dicotiledóneas en los tratamientos QMD (diurón) y QMT (terbutilazina), mientras que ocurrieron escapes frecuentes de falsa biznaga en el tratamiento QML (linurón).



**Fotografía 4.** Vista de una parcela del tratamiento testigo positivo (T+) con carpidas repetidas alrededor de las estacas, 5 meses después de implantado el ensayo 2-1; altura del jalón = 1m.

**Fotografía 5.** Estaca del clon “Stoneville 66” en una parcela QMO2 con síntomas de fitotoxicidad por el herbicida oxifluorfen (izq.) y estaca sin síntomas del tratamiento TM (der.); ensayo 2-1, 27 de octubre de 1998.

Las eficacias de control no tuvieron diferencias significativas y fueron en todos los casos negativas (tabla 6), indicando la existencia de mayor cobertura verde en las parcelas QM respecto de las T-. Ninguno de los tratamientos químicos causó fitotoxicidad a las estacas.

A los 120 DDT (22 diciembre) se registra en las parcelas T- un aumento de la cobertura verde (76%), que no alcanza el 100% debido a que varias especies de ciclo otoño-invernal con cohortes tempranas se encuentran en fase de fructificación y senescencia (raigrás, falsa biznaga). En el ensayo 2-1 las primeras labores cruzadas con disco y las carpidas (12 de noviembre) realizadas en el tratamiento TM fueron efectivas principalmente en el control de dicotiledóneas, observándose el rebrote del sorgo de Alepo y el gramón así como plantas de enredadera anual de cohortes tardías. En los tratamientos QM la primera aplicación de graminicida (1° de noviembre) disminuyó la cobertura de gramíneas, pero no tuvo un control total sobre sorgo de Alepo y gramón, posiblemente debido a que la aplicación se realizó bajo condiciones de estrés hídrico ante la escasez de precipitaciones (gráfico 1). Los efectos del graminicida significaron un aumento de la eficacia de control, que en todos los tratamientos QM se elevó a valores positivos, aunque sin diferencias significativas y dentro del rango de control muy pobre (tabla 5); la acción selectiva del graminicida incrementó la participación relativa de las dicotiledóneas y ciperáceas en la cobertura total, destacándose por su

abundancia los escapes de cardos, falsa biznaga, enredadera anual, chufa, cerraja, malva silvestre, alfilerillo y sanguinaria.

No se distinguieron síntomas de fitotoxicidad por oxifluorfen u otro principio activo en este relevamiento ni en los subsiguientes hasta finalizar el ensayo.

En el ensayo 2-2 los escapes de falsa biznaga fueron importantes y generalizados en todos los tratamientos. Las eficacias de control logradas (tabla 6) fueron similares a las del ensayo 2-1, sin diferencias entre tratamientos.

**Tabla 6.** Respuesta de los clones “Stoneville 66” y ‘Conti 12’ en los distintos tratamientos del ensayo 2-2 y eficacia de control durante el período de crecimiento 1998 - 1999.

Factores:	Crecimiento <sup>a</sup>	Eficacia de control <sup>a</sup>				
		At m	60 DDT	120 DDT	180 DDT	240 DDT
1 - 2: clon						
a - e: herbicida preemergente						
				%		
<b>1. Stoneville 66</b>	1,76 a	-20,0	30,0	29,3	16,6	-25,1
<b>2. Conti 12</b>	1,23 b	-19,2	32,1	21,7	27,2	-13,5
<b>a. T-</b>	0,79 a					
<b>b. QMA1</b>	1,66 b	-19,2	25,1	21,8	9,2	-9,0
<b>c. QMD</b>	1,70 b	-13,7	42,6	22,9	34,3	-0,7
<b>d. QML</b>	1,61 b	-20,6	26,3	28,2	26,5	-27,3
<b>e. QMT</b>	1,69 b	-24,9	30,3	28,6	17,7	-40,1
<hr/> <i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)						
<b>ANAVA</b>						
clon	<0,0001	ns	ns	ns	ns	ns
tratamiento de control	<0,0001	ns	ns	ns	ns	ns
clon x tratamiento de control	0,082	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05).

Las estacas no presentaron síntomas de fitotoxicidad hacia los herbicidas evaluados (categoría 1 de tolerancia según EWRC) y continuaron en este estado hasta la finalización del ensayo.

En las parcelas QM de ambos experimentos ocurrieron escapes de dicotiledóneas y de gramíneas en los bordes de las bandas pulverizadas, que se atribuyen a una superposición deficiente del control químico con el laboreo mecánico.

El relevamiento del 22 de febrero de 1999 (180 DDT) se realizó en un período con lluvias frecuentes y mayor humedad edáfica que al comienzo de la estación de crecimiento. Las parcelas T- mantuvieron una cobertura verde elevada (74%), compuesta por gramón, sorgo de Alepo y en menor medida por cohortes adelantadas de dicotiledoneas de ciclo otoño-invernal. En el tratamiento TM del ensayo 2-1 aún es perceptible el efecto de la segunda pasada con rastra de discos del 11 de enero, por la presencia de suelo sin cobertura, y se encontraron rebrotes vigorosos de gramón y sorgo de Alepo, junto con plántulas pequeñas de dicotiledoneas otoño-invernales. Comparativamente las parcelas TM tuvieron menor cobertura de dicotiledoneas, y escapes de menor tamaño, que las parcelas QM. En estas últimas ocurrieron especies como la falsa biznaga que se encontraron en la fase de fructificación y senescencia, mientras que se establecieron muchos escapes de cardos, malva silvestre, chufa, alfilerillo, lupulina, chinchilla y sanguinaria. En las bandas con control QM el sorgo de Alepo y el gramón tuvieron menor cobertura y vigor vegetativo que en TM y las entrefilas con control mecánico, debido al efecto de la segunda aplicación de graminicida del 12 enero 1999. El graminicida realizó un control parcial de estas especies, ya a que tuvo que ser aplicado nuevamente en condiciones de estrés hídrico. Se observó asimismo que en todas las parcelas del ensayo (aunque con distinta intensidad) se produjo el reclutamiento de plántulas de malezas anuales otoño-invernales, en algunos casos con avanzado desarrollo vegetativo. Los distintos tratamientos QM del ensayo 2-2 presentaron estados similares a los descritos para el ensayo 2-1 (tabla 6).

La eficacia de control obtenida en ambos experimentos continuó en un nivel bajo (categorías 8 y 9) y sin diferencias significativas tanto entre el tratamiento TM y los controles QM, como entre los distintos tratamientos QM entre sí. Se observaron nuevamente escapes de dicotiledóneas y de gramíneas en los bordes de las bandas pulverizadas de los tratamientos QM.

A los 240 DDT (24 de abril de 1999) se mantuvo la cobertura verde en el tratamiento T- (73%), conformada por gramón, sorgo de Alepo (ya en fase de amarillamiento), trebol blanco, cerraja y cardos; en el control TM del ensayo 2-1 y en las entrefilas también predominaron gramón y sorgo de Alepo, y secundariamente se encontraron escapes recientes de cerraja, lupulina, alfilerillo, enredadera anual y falsa biznaga. La principal diferencia de este tratamiento respecto de los QM se refiere a los escapes de dicotiledóneas y ciperáceas (cardos y en menor medida cerraja, chufa, alfilerillo, vinagrillo, lengua de vaca y achicoria) que tuvieron mayor abundancia en las parcelas QM en general y que pueden considerarse establecidos en forma efectiva, con plantas de mayor tamaño que en TM. La eficacia de

control fue nula en términos de cobertura para todos los tratamientos del ensayo 2-1, mientras que en el ensayo 2-2 la eficacia general fue superior aunque muy pobre (categorías 8 y 9). No hubo diferencias significativas entre tratamientos. Los principios activos se comportaron de forma similar en cuanto al control sobre dicotiledóneas, ya que tanto la falsa biznaga al comienzo de la estación de crecimiento, como posteriormente los cardos, tuvieron escapes significativos en todos los tratamientos QM. Para el control de otras especies sin embargo los tratamientos con oxifluorfen y diuron tuvieron niveles levemente superiores a los restantes principios activos y dosis, sin alcanzar diferencias significativas de eficacia.

El 26 de junio de 1999 (300 DDT) las partes aéreas de sorgo de Alepo y gramón se encontraron completamente secas en los dos ensayos; la cobertura verde en las parcelas T- fue baja (27%) y estuvo compuesta por cardos, cebadilla criolla, raigrás, vicia y cerraja. En el tratamiento TM hubo mayor participación de dicotiledóneas en la cobertura verde (cerraja, alfilerillo, falsa biznaga, violeta silvestre y lupulina), junto con cebadilla criolla y raigrás. En las parcelas de control QM se observó un predominio marcado de dicotiledóneas, con participación menor de festuca, raigrás y cebadilla criolla. Los cardos fueron las malezas más importantes en estas parcelas. A su vez el tamaño de plantas de los escapes de dicotiledóneas fue mayor que en TM y las entrefilas, ya que correspondieron a cohortes muy adelantadas que se establecieron a fines del verano. En este relevamiento todos los porcentajes de eficacia resultaron negativos con excepción del control TM, pero sin diferencias significativas.

El 18 de agosto de 1999 se aplicaron los herbicidas preemergentes en ambos ensayos y la fecha se estableció como referencia para el análisis del segundo año de crecimiento (0 DDT), a la vez que comenzaron las evaluaciones de los distintos tratamientos asignados a las subparcelas (uno o dos años de control en el ensayo 2-1 y aplicación de glifosato o glufosinato de amonio en el ensayo 2-2). En el tratamiento T- la cobertura verde fue similar al censo anterior (13%), mientras que en las parcelas TM se encontró una cobertura equivalente, pero con la participación de falsa biznaga, *Veronica persica*, alfilerillo, violeta silvestre, lengua de vaca y cerraja. En el ensayo 2-1 la aplicación de glufosinato de amonio del 26 de junio en las subparcelas con dos años de control provocó una disminución marcada de la cobertura verde, aunque hubo escapes de plántulas pequeñas, y rebrotes de festuca y cardos. Las bandas de las parcelas con un año de control permanecieron sin la realización de prácticas excepto la fertilización localizada, por lo que se mantuvieron las coberturas y composiciones del censo anterior. La eficacia de control fue positiva sólo en los tratamientos con dosis altas

**Tabla 7.** Respuesta del clon “Stoneville 66” y eficacia de control en los distintos tratamientos del ensayo 2-1 durante el período de crecimiento 1999 - 2000.

Factores: 2-7: tratamientos de control de malezas a-b: años de control 8-9: fertilización	Parámetros foliares <sup>a</sup>				Intercepción de la radiación <sup>a</sup>			Crecimiento <sup>a</sup>			Eficacia de control <sup>a</sup>				
	AFI cm <sup>2</sup> · hoja <sup>-1</sup>	AFE cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup>	AFT m <sup>2</sup> · planta <sup>-1</sup>	Bsh g · planta <sup>-1</sup>	AC m <sup>2</sup> · planta <sup>-1</sup>	IAF	RFatr %	At m	Bslcc g · planta <sup>-1</sup>	Vlcc dm <sup>3</sup> · planta <sup>-1</sup>	0 DDT	60 DDT	120 DDT %	180 DDT	240 DDT
<b>2. T+</b>	46,5 a	99,0	1,23 a	123,7 a	0,64 a	2,04 a	34,6 b	1,87 a	132,3 a	0,31 a					
<b>3. TM</b>	52,6 ab	103,4	2,75 ab	266,0 ab	1,00 b	2,99 ab	24,7 ab	2,49 b	432,4 ab	1,06 ab	-0,53	-20,7	-182,6	-1,75 b	-312,6
<b>4. QMS1</b>	77,1 b	102,6	3,41 bc	333,4 bc	1,04 b	3,22 b	20,6 a	2,86 bc	524,8 b	1,28 b	-59,0	-22,5	-202,8	-22,1 a	-238,8
<b>5. QMS2</b>	68,7 ab	105,1	4,04 bc	382,8 bc	1,05 b	3,9 b	21,3 ab	2,91 c	612,7 b	1,50 b	5,83	-5,8	-273,6	-14,1 ab	-326,4
<b>6. QMO1</b>	77,0 b	98,9	3,35 bc	337,9 bc	0,86 ab	3,96 b	18,8 a	2,74 bc	413,1 ab	1,00 ab	-23,9	-13,8	-343,6	-21,2 a	-260,4
<b>7. QMO2</b>	76,6 b	102,8	4,71 c	457,4 c	1,19 b	3,93 b	19,0 a	3,00 c	765,0 b	1,88 b	14,0	-7,28	-302,8	21,1 c	-258,8
<b>a. control el 1º año</b>	58,8 a	100,0	2,77 a	276,7 a	0,79 a	3,44	24,2	2,51 a	426,5 a	1,04 a	-55,6 a	-24,4 a	-314,2 a	-17,1 a	-315,7 a
<b>b. control el 1º y 2º años</b>	74,0 b	103,9	3,73 b	357,0 b	1,14 b	3,24	22,2	2,78 b	533,6 b	1,30 b	30,2 b	-3,65 b	-207,9 b	1,93 b	-243,1 b
<b>ANAVA I</b>															
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)														
<b>tratamiento de control</b>	0,0005	ns	0,0003	0,0004	0,001	0,0003	0,016	<0,0001	0,001	0,001	ns	0,072	ns	0,0007	0,10
<b>años de control</b>	0,001	ns	0,0005	0,002	<0,0001	ns	ns	0,005	0,002	0,002	0,005	0,0002	0,016	<0,0001	<0,0001
<b>tratamiento x años</b>	ns	ns	ns	0,10	ns	ns	ns	ns	0,034	0,035	ns	0,0078	ns	<0,0001	<0,0001
<b>8. QMS2 con F</b>	91,4 b	98,1	8,63 b	879,8 b	2,92 b	3,55	14,3 a	4,55 b	2011,7 b	5,02 b	9,20	-32,8	-187,2	5,23	-177,9
<b>9. QMS2 sin F</b>	68,7 a	105,1	4,04 a	382,8 a	1,05 a	3,90	21,3 b	2,91 a	612,7 a	1,50 a	5,83	-5,83	-273,6	-14,1	-326,4
<b>a. control el 1º año</b>	70,4 a	101,0	5,21 a	520,5 a	1,55 a	4,17	18,2	3,42	1202,2	2,98	-16,7	-33,9 a	-308,5	-10,1	-238,6 b
<b>b. control el 1º y 2º años</b>	89,8 b	102,2	7,46 b	742,0 b	2,42 b	3,28	17,3	4,04	1422,2	3,54	31,7	-4,75 b	-152,3	1,25	-265,7 a
<b>ANAVA II</b>															
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)														
<b>fertilización</b>	0,021	ns	0,042	0,036	0,035	ns	0,012	0,015	0,029	0,030	ns	ns	ns	ns	0,052
<b>años de control</b>	0,013	ns	0,027	0,032	0,0001	ns	ns	0,065	ns	ns	0,086	0,027	0,10	ns	0,020
<b>fertilización x años</b>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,092	ns	0,020	0,0043

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05); F = fertilización localizada.

de simazina (QMS2) u oxifluorfen (QMO2) y negativa en los restantes (tabla 7), aunque sin diferencias significativas entre principios activos ni prácticas de fertilización. La aplicación de glufosinato de amonio logró en cambio una eficacia promedio del 30,2 %, con diferencias significativas respecto de las parcelas que tuvieron un año de control (-55,6 %).

**Tabla 8.** Respuesta de los clones “Stoneville 66” y ‘Conti 12’ en los distintos tratamientos del ensayo 2-2 y eficacia de control durante el período de crecimiento 1999 - 2000.

Factores:	Crecimiento <sup>a</sup>			Eficacia de control <sup>a</sup>				
	At <sup>b</sup> m			0 DDT	60 DDT	120 DDT	180 DDT	240 DDT
1 - 2: clon a - e: herbicida preemergente I - II: herbicida postemergente total				%				
		T- y QM + Glifosato	T- y QM + Glufosinato					
<b>1. Stoneville 66</b>	3,02 a	2,85 a	2,51 a	64,4	12,9	-89,3 a	2,95 a	-238,6
<b>2. Conti 12</b>	2,15 b	2,02 b	1,85 b	65,9	13,6	-102,6 b	-0,96 b	-243,6
<b>a. T-</b>	1,18	1,18 a	1,18 a	-	-	-	-	-
<b>b. QMA1</b>	2,53 ab	2,69 bc	2,38 b	74,4 a	16,0 b	-93,8 b	-3,78 b	-191,2 c
<b>c. QMD</b>	2,70 b	2,98 c	2,43 b	70,5 b	19,5 c	-65,9 c	7,08 c	-168,7 d
<b>d. QML</b>	2,43 a	2,53 b	2,33 b	66,1 c	3,9 a	-91,9 b	-13,3 a	-268,1 b
<b>e. QMT</b>	2,69 b	2,79 bc	2,59 b	49,7 d	13,7 b	-132,3 a	14,01 d	-336,6 a
<b>I. Glifosato</b>	2,75 a			78,6 a	17,1 a	-104,1 a	1,22	-223,9 a
<b>II. Glufosinato</b>	2,43 b			51,7 b	9,5 b	-87,8 b	0,78	-258,3 b
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)								
<b>ANAVA I</b>								
clon	0,0001	-	-	ns	ns	0,035	0,019	ns
herbicida preemergente	0,0066	-	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
herbicida postemergente total	0,0014	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0028	ns	<0,0001
clon x preemergente	ns	-	-	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,0013	<0,0001
clon x postemergente total	ns	-	-	<0,0001	<0,0001	ns	ns	0,0015
preemergente x postemergente total	ns	-	-	<0,0001	0,078	<0,0001	0,0001	<0,0001
clon x preemergente x postemergente total	ns	-	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,033	<0,0001
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)								
<b>ANAVA II</b>								
clon	-	<0,0001	<0,0001					
herbicida preemergente + Glifosato	-	<0,0001	-					
herbicida preemergente + Glufosinato	-	-	<0,0001					
clon x preemergente	-	0,024	ns					

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05).

<sup>b</sup> el tratamiento T- no participa de ANAVA I y se agregó en la primera columna con carácter informativo; se incluyó en cambio en ANAVA II para comparar este tratamiento con los controles QM + glifosato o QM + glufosinato de amonio.

En el ensayo 2-2 se encontraron coberturas verdes menores a las del ensayo 2-1, ya que todas las subparcelas con excepción del T- fueron pulverizadas con herbicidas totales. Debido al control efectuado por el glifosato y el glufosinato de amonio sobre los escapes de especies otoño-invernales los valores de eficacia fueron del 50 al 78% (categorías 8 a 6 de EWRC), con interacciones significativas entre los factores clon, herbicida preemergente y herbicida total (tabla 8). Las mayores eficacias de control se encontraron en las parcelas QMA1 y QMD, con glifosato como herbicida total.

Las lluvias ocurridas en setiembre (gráfico 1) determinaron que el comienzo de la segunda temporada de crecimiento fuera relativamente húmedo, favoreciendo la incorporación y actividad en el suelo de los herbicidas preemergentes y fertilizantes.

A los 60 DDT (5 de noviembre) las parcelas T- presentaron una cobertura elevada (62%), dominada por gramíneas (raigrás, cebadilla criolla, con menor participación sorgo de Alepo y gramón) y cardos. En el tratamiento TM del ensayo 2-1 se encontró una cobertura verde equivalente a T-, pero junto con especies de gramíneas (raigrás, festuca y gramón) se registraron escapes recientes de dicotiledóneas en una proporción similar o mayor (lupulina, violeta silvestre, vicia, *Anagallis arvensis*, vinagrillo, falsa biznaga y alfilerillo). Ocurrieron escapes de malezas en todas las subparcelas de los tratamientos QM, pero las mayores coberturas verdes se presentaron en las subparcelas que tuvieron un año de control, sin aplicación en 1999 de herbicidas totales ni preemergentes. En dichas parcelas y ante la ausencia de control invernal se desarrollaron cardos, raigrás, violeta silvestre, vicia, falsa biznaga, y secundariamente achicoria, vinagrillo, alfilerillo, *Deyeuxia viridiflavescens* y festuca. En estas subparcelas hubo escasa cobertura de sorgo de Alepo y gramón. En las subparcelas con dos años de control la cobertura fue menor, compuesta por cardos que rebrotaron luego del tratamiento con glufosinato de amonio, raigrás, vicia, sorgo de Alepo y gramón. En las subparcelas QM con dos años de control, las plantas de cardos y otras dicotiledoneas escapadas tuvieron menor desarrollo que en las subparcelas equivalentes pero con un año de control; lo contrario ocurrió respecto de la abundancia de sorgo de Alepo y gramón. Los porcentajes de eficacia de todos los tratamientos resultaron negativos, con interacción significativa entre años de control y preemergente, y con diferencias significativas entre años de control para los tratamientos con y sin fertilización (tabla 7).

En los tratamientos QM del ensayo 2-2 los valores de eficacia fueron positivos (tabla 8), a diferencia de lo ocurrido en las subparcelas con dos años de control del ensayo 2-1. La cobertura en dichas parcelas estuvo conformada principalmente por sorgo de Alepo y gramón,

en tanto que en las subparcelas pulverizadas con glifosato ocurrieron menos escapes de dicotiledoneas que en las tratadas con glufosinato de amonio, pues en estas últimas hubo rebrotes de cardos y lengua de vaca. Se encontraron interacciones significativas entre los factores clon, herbicida preemergente y herbicida postemergente, mientras que los mayores porcentajes de control ocurrieron en el tratamiento total con glifosato y el control QMD.

La cobertura verde encontrada a los 120 DDT (28 de diciembre de 1999) en las parcelas T- fue del 15%, producto del estado de fructificación y senescencia del raigrás y del reducido desarrollo de las especies presentes como sorgo, gramón y cardos ante las escasas precipitaciones ocurridas en el período (gráfico 1). La diferencia en cobertura verde entre el tratamiento TM con uno y con dos años de control fue pequeña, no obstante haberse realizado el primer desmalezado mecánico el 5 de noviembre. En ambos casos hubo importante participación de gramón y sorgo de Alepo, siendo especies secundarias los cardos, falsa biznaga y vira - vira. En el ensayo 2-1 las subparcelas con dos años de control continuaron con menores coberturas verdes que las subparcelas con un año de control, y en éstas algunas dicotiledoneas como cardos y falsa biznaga se encontraron en floración. En las subparcelas con dos años de control en tanto se observaron los efectos de la pulverización con graminicida del 5 de noviembre, que se aplicó en condiciones desfavorables por segundo año consecutivo sobre gramíneas con estrés por sequía. El control de sorgo, gramón, festuca y *D. viridiflavescens* fue parcial. La reducida cobertura del tratamiento T- determinó en todos los tratamientos que la eficacia de control fuera negativa, sin diferencias entre tratamientos de control ni fertilización, aunque sí entre las subparcelas con uno y dos años de control, con menores valores para las subparcelas con un año de control.

En los tratamientos del ensayo 2-2 la cobertura fue en general menor que en las subparcelas con dos años de control del ensayo 2-1, aunque también resultaron negativas. Se encontraron interacciones significativas entre los tres factores analizados. Las mayores eficacias se observaron en el tratamiento QMD y las subparcelas tratadas con glufosinato de amonio (tabla 8).

A los 180 DDT (19 de febrero de 2000) la comunidad de malezas incrementó su cobertura verde, en respuesta a las lluvias ocurridas durante la primera quincena de febrero; en las parcelas T- esta cobertura fue del 37%, y estuvo compuesta exclusivamente por gramíneas primavera-estivales (sorgo y gramón). En el tratamiento TM también predominaron el gramón y el sorgo, que rebrotaron luego del segundo desmalezado mecánico

del 19 de enero. Estas dos especies fueron las únicas componentes de la cobertura en las parcelas con dos años de control, mientras que en las que tuvieron un año de control hubo una participación reducida de dicotiledoneas. El sorgo de Alepo y el gramón fueron asimismo las especies dominantes de todas las parcelas y subparcelas con herbicidas tanto del ensayo 2-1 como del ensayo 2-2. En las subparcelas con un año de control las dicotiledoneas (mayormente cardos) fructificaron y cumplieron su ciclo. En las subparcelas con dos años de control las dicotiledoneas también fructificaron, y hubo un control parcial de sorgo de Alepo y gramón debido a que la segunda aplicación de graminicida (realizada también el 19 de enero de 2000) se efectuó nuevamente sobre malezas con estrés hídrico. En algunas subparcelas del ensayo 2-2 ocurrieron emergencias de dicotiledoneas primaverales estivales, como malva silvestre y chinchilla, pero con escasa cobertura.

La eficacia de control tuvo un incremento general respecto de los porcentajes encontrados a los 120 DDT. En el ensayo 2-1 el tratamiento QMO2 y las subparcelas con dos años de control tuvieron eficacias positivas, con interacciones significativas entre tratamientos de control y años de control (tabla 7). En el ensayo 2-2 los valores positivos de eficacia se encontraron en los tratamientos QMT y QMD, y con interacciones significativas entre los factores clon, herbicida preemergente y herbicida postemergente (tabla 8).

Hacia la finalización del relevamiento el 17 de abril de 2000 (240 DDT) las gramíneas (gramón, sorgo de Alepo y también festuca y *D. viridiflavescens*) fueron las especies dominantes en la comunidad de malezas. Las menores coberturas verdes se encontraron en las parcelas T- (14%) y por ello la eficacia de control resultó negativa en todos los tratamientos. Se observó una marcada recuperación del sorgo de Alepo y el gramón luego de las lluvias ocurridas durante febrero. Los efectos de la segunda dosis de graminicida fueron poco perceptibles en las bandas pulverizadas, no obstante lo cual la mayor cobertura y el mejor estado vegetativo de estas dos malezas se encontraron asociadas a los tratamientos mecánicos (parcelas TM y las entrefilas que también tuvieron pasadas con rastra de discos). Se encontraron interacciones significativas entre tratamiento de control y años de control en el ensayo 2-1, mientras que en el ensayo 2-2 ocurrieron interacciones entre los tres factores evaluados.

#### *Respuesta de los álamos a los tratamientos durante el período de establecimiento:*

Juntamente con las diferencias en composición, abundancia relativa y cobertura verde de las malezas, los distintos sistemas de control produjeron efectos significativos sobre la

mayoría de las variables de respuesta de los clones de álamo, con excepción del área foliar específica (AFE) en el ensayo 2-1 y de la supervivencia (S), que luego del segundo año fue del 99% en el ensayo 2-1 y del 100% en el ensayo 2-2.



**Fotografía 6.** Vista general de los tratamientos del ensayo 2-1 al promediar la primera estación de crecimiento: testigo negativo (T-, arriba izq.; las flechas señalan la ubicación de las estacas), mecánico (TM, arriba der.), control químico en bandas con 2,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de simazina (QMS2, abajo izq.) y control químico con 2,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de simazina y fertilización localizada (QMS2F, abajo der.); altura del jalón = 1 m, 21 de enero de 1999.

**Tabla 9.** Concentración foliar de macronutrientes y estado nutricional en las parcelas del ensayo 2-1 al promediar el período de crecimiento 1998 - 1999.

Tratamiento	Concentración de macronutrientes en hoja <sup>a</sup>			Índices DRIS			Suma de Índices
	N	P	K	índice N	índice P	índice K	
		%					
T-	1,57	0,14	0,56	-12,06	-31,18	11,45	54,70
T+	1,66	0,17	0,61	-9,00	-24,17	8,36	41,53
TM	2,05	0,28	0,71	-2,25	-9,28	-1,51	13,04
QMS1	2,04	0,32	0,72	-0,25	-4,56	-3,67	8,48
QMS2	2,43	0,33	0,65	2,11	-4,29	-11,06	17,46
QMO1	1,88	0,25	0,7	-3,78	-12,02	1,81	17,61
QMO2	2	0,36	0,7	1,85	0,34	-6,72	8,91
QMS2F	2	0,3	0,71	-1,04	-6,26	-2,59	9,89

<sup>a</sup> Los valores corresponden a las concentraciones determinadas en una única muestra compuesta por tratamiento, confeccionada en base a hojas obtenidas de las distintas repeticiones.

Al promediar el período de crecimiento 1998 - 1999 en el ensayo 2-1 se determinaron diferencias entre tratamientos en cuanto al tamaño de hojas (AFI), el área foliar total (AFT), la biomasa de hojas (Bsh) y el área de cobertura de copa (AC) (tabla 5). Las plantas de las parcelas testigo negativo (T-) tuvieron las hojas de menor AFI, los valores más bajos de AFT, Bsh y AC, así como también las menores concentraciones foliares de macronutrientes (tabla 9, fotografía 6). Contrariamente a lo esperado el tratamiento T+ tuvo una respuesta similar a T-, excepto para el AFI. En todos los tratamientos de control de malezas, tanto TM como las variantes de QM, se encontraron valores superiores a T-. La fertilización a su vez produjo incrementos significativos de estas variables respecto de QMS2, pero sin elevar las concentraciones foliares de N y P. Los tratamientos con mayores AFI, AFT, Bsh y AC fueron QMS2F y luego QMO2. Durante el verano se observaron diferencias fenológicas entre las plantas de las parcelas T- y las parcelas con control de malezas TM y QM: en febrero los ápices de las plantas T- diferenciaron yemas en reposo (estado “O” según Castellani *et al.*; 1967) y permanecieron en dicho estado hasta llegado el invierno, mientras que en las parcelas TM y QM las yemas mantuvieron su actividad vegetativa (estado “5”) y con las lluvias de febrero tuvieron un incremento en la producción de nuevas hojas y la elongación de entrenudos.

El patrón de respuesta en At, Bslcc y Vlcc al final de la estación de crecimiento fue coincidente con el descrito para las variables anteriores.

La magnitud de la respuesta a los tratamientos fue diferente entre las distintas variables. Las mayores diferencias porcentuales respecto del tratamiento T- se observaron en el volumen de leño (Vlcc), en donde las plantas de QMS2F tuvieron un crecimiento 32 veces superior y los tratamientos de control sin fertilización lograron crecimientos entre seis y nueve veces mayores que T-. Las respuestas de menor magnitud se produjeron en el área foliar individual (AFI) y la altura total (At).

Los resultados de la respuesta en altura al primer año en el ensayo 2-2 mostraron también diferencias significativas entre las alturas de T- y los tratamientos QM, siendo estos últimos semejantes entre sí (tabla 6). Los clones tuvieron asimismo diferencias en el crecimiento, ya que “Stoneville 66” registró un crecimiento acumulado en altura superior a ‘Conti 12’.

En el segundo año de experimentación (período 1999 - 2000) los registros de crecimiento se caracterizaron por la continuación de las tendencias ya observadas durante el

**Tabla 10.** Respuesta del clon “Stoneville 66” en los distintos tratamientos del ensayo 2-1 durante el período de crecimiento 1999 - 2000; ANAVA unifactorial entre el tratamiento testigo negativo (T-) y subparcelas de los tratamientos T+, TM y QM con un año de control de malezas.

Tratamiento	Parámetros foliares <sup>a</sup>			Intercepción de la radiación <sup>a</sup>				Crecimiento <sup>a</sup>		
	AFI cm <sup>2</sup> · hoja <sup>-1</sup>	AFE cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup>	AFT m <sup>2</sup> · planta <sup>-1</sup>	Bsh g · planta <sup>-1</sup>	AC m <sup>2</sup> · planta <sup>-1</sup>	IAF	RFATR %	At m	Bslcc g · planta <sup>-1</sup>	Vlcc dm <sup>3</sup> · planta <sup>-1</sup>
T-	31,2 a	100,0	0,32 a	32,1 a	0,19 a	2,25 ab	45,7 c	1,32 a	42,9 a	0,10 a
T+	44,9 ab	98,1	0,87 ab	89,1 ab	0,56 ab	1,99 a	36,7 bc	1,80 a	91,2 ab	0,21 ab
TM	49,0 ab	98,3	2,58 bc	262,3 bc	0,82 bc	3,22 abc	26,3 ab	2,39 b	436,2 c	1,07 c
QMS1	58,6 ab	103,6	2,64 bc	259,4 bc	0,80 bc	3,19 abc	19,8 ab	2,60 b	405,6 bc	0,98 bc
QMS2	63,4 b	103,2	2,92 c	283,1 bc	0,69 bc	4,41 c	22,1 ab	2,71 b	490,6 c	1,20 c
QMO1	69,6 b	95,9	3,19 c	332,0 c	0,80 bc	3,85 bc	18,2 a	2,68 b	447,6 c	1,09 c
QMO2	67,6 b	100,6	4,42 c	438,8 c	1,05 c	4,03 bc	21,8 ab	2,89 b	687,7 c	1,69 c
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)										
ANAVA	0,0007	ns	0,0001	0,0001	0,0006	0,002	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0001

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05).

**Tabla 11.** Respuesta del clon “Stoneville 66” en los distintos tratamientos del ensayo 2-1 durante el período de crecimiento 1999 - 2000; ANAVA unifactorial entre el tratamiento testigo negativo (T-) y subparcelas de tratamientos T+, TM y QM con dos años de control de malezas.

Tratamiento	Parámetros foliares <sup>a</sup>			Intercepción de la radiación <sup>a</sup>				Crecimiento <sup>a</sup>		
	AFI cm <sup>2</sup> · hoja <sup>-1</sup>	AFE cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup>	AFT m <sup>2</sup> · planta <sup>-1</sup>	Bsh g · planta <sup>-1</sup>	AC m <sup>2</sup> · planta <sup>-1</sup>	IAF	RFATR %	At m	Bslcc g · planta <sup>-1</sup>	Vlcc dm <sup>3</sup> · planta <sup>-1</sup>
T-	31,2 a	100,0	0,32 a	32,1 a	0,19 a	2,25 a	45,7 c	1,32 a	42,9 a	0,10 a
T+	48,1 ab	99,9	1,58 ab	158,3 ab	0,72 b	2,08 a	32,6 bc	1,95 ab	173,4 a	0,41 a
TM	56,2 ab	108,4	2,92 bc	269,7 bc	1,18 bc	2,77 ab	23,2 ab	2,60 bc	428,7 abc	1,04 abc
QMS1	95,6 c	101,6	4,19 cd	411,9 cd	1,28 c	3,26 ab	21,3 ab	3,11 c	643,9 bc	1,58 bc
QMS2	74,1 bc	107,0	5,17 d	482,4 d	1,40 c	3,40 ab	20,5 ab	3,10 c	734,8 bc	1,80 bc
QMO1	84,4 bc	101,8	3,50 bcd	343,8 bcd	0,93 bc	4,07 b	19,5 ab	2,81 c	378,6 ab	0,92 ab
QMO2	85,6 bc	104,9	5,00 cd	476,0 d	1,33 c	3,83 ab	16,2 a	3,11 c	842,3 c	2,08 c
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)										
ANAVA	<0,0001	ns	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,011	0,0001	<0,0001	0,0001	0,0001

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05).

**Tabla 12.** Crecimiento del clon “Stoneville 66” en los distintos tratamientos del ensayo 2-1 durante el período 2001 – 2004; ANAVA unifactorial entre tratamientos testigo (T-, T+) y tratamientos de control TM y QM con uno o dos años de control de malezas.

Tratamiento	con 1 año de control de malezas <sup>a</sup>					con 2 años de control de malezas <sup>a</sup>				
	At 2001	At 2002	At 2004	DAP 2004	IV 2004	At 2001	At 2002	At 2004	DAP 2004	IV 2004
	m			cm	m <sup>3</sup>	m			cm	m <sup>3</sup>
T-	2,44 a	4,20 a	10,4 a	9,49 a	0,099 a	2,44 a	4,20 a	10,4 a	9,49 a	0,099 a
T+	2,98 a	5,21 ab	10,8 ab	11,0 ab	0,147 ab	3,32 b	5,35 a	10,7 a	10,93 a	0,136 ab
TM	3,95 b	6,48 bc	12,9 b	13,2 b	0,231 b	4,43 c	6,83 b	13,2 b	14,41 b	0,278 c
QMS1	4,29 b	6,86 c	12,8 ab	13,5 b	0,243 b	4,84 c	7,48 b	13,1 b	14,55 b	0,282 c
QMS2	4,25 b	6,83 c	13,1 b	13,4 b	0,239 b	4,70 c	7,55 b	13,5 b	14,63 b	0,293 c
QMO1	4,06 b	6,60 c	12,8 ab	13,4 b	0,235 b	4,33 c	6,81 b	13,1 b	13,15 b	0,227 bc
QMO2	4,38 b	6,92 c	13,3 b	13,1 b	0,236 b	4,68 c	7,37 b	13,9 b	14,49 b	0,297 c
ANAVA	<0,0001	<0,0001	0,004	0,0003	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05).

primer año, junto con una mayor discriminación de las respuestas. Se detectaron además diferencias significativas en el IAF y la RFAtr (tablas 7, 10 y 11). En el ensayo 2-1 los tratamientos con menor crecimiento fueron T- y T+ (tablas 10 y 11), sin diferencias significativas entre sí excepto para AC cuando se hicieron desmalezados durante dos años en T+ (tabla 11). El desempeño del tratamiento T+ representó un inconveniente para el análisis del experimento, evidenciando que las prácticas elegidas para la obtención del crecimiento del cultivo libre de malezas tuvieron efectos no deseados y resultaron inadecuadas.

**Tabla 13.** Crecimiento del clon “Stoneville 66” en los distintos tratamientos del ensayo 2-1 durante el período 2001 – 2004.

Factores:	At <sup>a</sup>			DAP <sup>a</sup>	IV <sup>a</sup>
	2001	2002	2004	2004	2004
2-7: tratamientos de control de malezas					
a-b: años de control	2001	2002	2004	2004	2004
8-9: fertilización		m		cm	m <sup>3</sup>
<b>2. T+</b>	3,15 a	5,28 a	10,8 a	11,0 a	0,141 a
<b>3. TM</b>	4,19 b	6,65 b	13,1 b	13,8 b	0,254 b
<b>4. QMS1</b>	4,56 b	7,17 b	13,0 b	14,0 b	0,263 b
<b>5. QMS2</b>	4,47 b	7,19 b	13,3 b	14,0 b	0,266 b
<b>6. QMO1</b>	4,19 b	6,70 b	12,9 b	13,3 b	0,231 b
<b>7. QMO2</b>	4,53 b	7,14 b	13,6 b	13,8 b	0,267 b
D.S. (Tukey, Alfa= 0,05)	0,64	1,10	1,98	1,91	0,08
<b>a. control el 1° año</b>	3,98 a	6,48 a	12,6	13,0 a	0,222 a
<b>b. control el 1° y 2° años</b>	4,38 b	6,90 b	12,9	13,6 b	0,252 b
D.S. (Tukey, Alfa= 0,05)	0,22	0,26	0,35	0,57	0,02
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)				
<b>ANAVA I</b>					
tratamiento de control	<0,0001	0,0004	0,004	0,0008	0,001
años de control	0,001	0,003	ns	0,020	0,016
tratamiento x años	ns	ns	ns	ns	ns
<b>8. QMS2 con fertilización</b>	6,02 b	8,22 b	13,31	14,64 a	0,288 b
<b>9. QMS2 sin fertilización</b>	4,47 a	7,19 a	13,30	14,04 b	0,266 a
D.S. (Tukey, Alfa= 0,05)	0,83	0,81	1,00	0,44	0,008
<b>a. control el 1° año</b>	5,05	7,47 a	13,32	13,71 a	0,253
<b>b. control el 1° y 2° años</b>	5,45	7,94 b	13,30	14,97 b	0,301
D.S. (Tukey, Alfa= 0,05)	0,51	0,42	0,54	1,18	0,052
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)				
<b>ANAVA II</b>					
fertilización	0,009	0,027	ns	0,023	0,003
años de control	0,10	0,033	ns	0,040	0,063
fertilización x años	ns	ns	0,10	ns	ns

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05); D. S.= diferencia significativa.

Los tratamientos de control de malezas produjeron diferencias significativas respecto de T- en la mayoría de las variables: las parcelas TM y QM tuvieron en general mayores AFI, AFT, Bsh, AC, IAF, At, Bslcc y Vlcc, a la vez que los álamos interceptaron un mayor porcentaje de la radiación incidente y por ello tuvieron menores RFAttr. Dentro de este patrón general las diferencias significativas entre los distintos tratamientos de control fueron escasas, aunque para la mayoría de las variables los tratamientos QM, y en particular los de dosis mayores como QMS2 y QMO2, tuvieron resultados medios superiores a los de TM. El estado fenológico de las parcelas T- se diferenció de las parcelas TM y QM en el comienzo de la estación de crecimiento (septiembre de 1999) y hacia su finalización (febrero - marzo). En la primavera temprana las plantas T- mostraron un retraso en el estado de brotación respecto de las plantas con control de malezas más activas, mientras que hacia el final del verano por el contrario tuvieron una diferenciación precoz de las yemas invernales, mientras que los demás tratamientos continuaban con el crecimiento activo.

**Tabla 14.** Comparaciones de medias del tratamiento QMS2 según años de control de malezas (primer año - primer y segundo años) y aplicación localizada de fertilizantes.

Tratamiento de control	años de control	At <sup>a</sup>	Bslcc <sup>a</sup>	Vlcc <sup>a</sup>
		m	g · planta <sup>-1</sup>	dm <sup>3</sup> · planta <sup>-1</sup>
QMS2	1	2,71 a	490,6 a	1,20 a
QMS2	2	3,10 ab	734,8 a	1,80 a
QMS2F	1	4,12 bc	1913,8 b	4,77 b
QMS2F	2	4,98 c	2109,5 b	5,27 b

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05); F = fertilización localizada.

Los otros factores evaluados en el ensayo, la fertilización y los años de control de malezas, también produjeron efectos en el crecimiento de los álamos. La fertilización se completó en agosto del segundo año con la dosis restante de urea, y determinó incrementos significativos respecto del tratamiento sin fertilizar en todas las variables, con la excepción de RFAttr, en donde provocó una disminución, y de AFE y IAF sin respuesta significativa (tabla 7). La realización de las prácticas de control de malezas durante dos años consecutivos marcó diferencias significativas respecto de la realización única durante el primer año. Así, y a pesar de tener sólo una temporada de diferenciación, los desmalezados durante dos años produjeron mejoras significativas en la mayoría de las variables cuando este factor se evaluó en relación con los tratamientos de control de malezas (ANAVA I, tabla 7). Los efectos del número de años de control respecto de la fertilización fueron aditivos sobre el AFI, AFT, Bsh y AC,

aunque no provocaron diferencias significativas en las variables de crecimiento (ANAVA II, tabla 7). Esto último se pone de manifiesto en el contraste de medias de crecimiento del tratamiento QMS2 según años de control y aplicación de fertilizantes: de todas las combinaciones el tratamiento con menor crecimiento es QMS2 con un año de control de malezas, y respecto de éste se logran mayores incrementos con la fertilización que con un segundo año de control de malezas (tabla 14).

**Tabla 15.** Concentración foliar de macronutrientes y estado nutricional en las parcelas del ensayo 2-1 al promediar el período de crecimiento 1999 - 2000.

Tratamiento de control	Años de control	Concentración de macronutrientes en hoja <sup>a</sup>			Índices DRIS			Suma de Índices
		N	P	K	índice N	índice P	índice K	
		%						
T-	0	1,5	0,39	1,01	-2,06	-1,01	7,50	10,57
T+	1	1,6	0,31	0,91	-3,25	-7,50	8,11	18,86
T+	2	1,45	0,23	1,01	-8,87	-22,70	23,43	55,00
TM	1	1,75	0,29	0,94	-4,64	-12,22	10,02	26,88
TM	2	1,55	0,4	0,94	-0,66	0,94	3,95	5,55
QMS1	1	1,95	0,43	0,99	-0,36	-0,57	1,33	2,26
QMS1	2	2	0,58	0,94	4,05	10,67	-7,21	21,93
QMS2	1	1,95	0,39	0,96	-1,14	-3,06	2,34	6,54
QMS2	2	2	0,46	0,96	0,75	1,82	-1,20	3,77
QMO1	1	1,9	0,55	0,99	2,87	8,07	-3,48	14,42
QMO1	2	1,85	0,4	1,08	-2,29	-4,20	6,43	12,92
QMO2	1	1,9	0,46	0,89	1,64	4,02	-3,05	8,70
QMO2	2	2,15	0,43	1,04	-0,95	-2,69	1,78	5,42
QMS2F	1	1,85	0,37	1,04	-2,71	-6,05	6,90	15,65
QMS2F	2	1,8	0,49	0,99	1,34	4,64	-0,29	6,27

<sup>a</sup> Los valores corresponden a las concentraciones determinadas en una única muestra compuesta por tratamiento, confeccionada en base a hojas obtenidas de las distintas repeticiones.

En lo referente a la magnitud de las respuestas el Vlcc fue nuevamente la variable con mayores cambios porcentuales, mientras que los menores cambios se observaron en AFI, IAF, RFAt y At. También se observaron magnitudes de respuesta diferentes a la fertilización y los años de control de malezas: los incrementos en las variables de crecimiento producidos por la fertilización (QMS2F respecto de QMS2) fueron proporcionalmente mayores a los derivados de realizar dos años de control en lugar de uno (tabla 14).

Las concentraciones foliares de macronutrientes tuvieron valores diferentes para algunos tratamientos, aunque la carencia de repeticiones y consecuentemente de un análisis estadístico para esta variable hacen que estas diferencias deban ser consideradas como

tendencias. Así, las concentraciones de N y P en los tratamientos T- y T+ fueron levemente inferiores a las encontradas en TM y QM, pero a diferencia del primer año los menores contenidos se dieron en las subparcelas de T+ con desmalezados durante dos años (tabla 15).

Otra diferencia respecto del ciclo anterior es que las concentraciones de P y K se incrementaron en todas las parcelas, incluso en T-, mientras que lo contrario ocurrió con el N.

Una vez obtenidas las concentraciones de N, P y K del período 1999 - 2000 se elaboró un estándar de campo (Leech y Kim, 1981) con las nueve parcelas que tuvieron los mayores crecimientos en volumen de leño (Vlcc) durante el primer año (tres parcelas) y el segundo año (seis subparcelas). En base a el estándar se calcularon posteriormente los índices de N, P, K y la suma de índices de DRIS de todos los tratamientos (tablas 9 y 14) para evaluar su estado nutricional (Leech y Kim, 1981; Stanturf *et al.*, 2001). Las concentraciones medias de los elementos en el estándar de campo y sus desvíos fueron:

	N	P	K
		%	
promedio	1,85	0,41	0,92
desvío estándar	0,24	0,07	0,15

En el primer año de crecimiento las parcelas con las sumas de índices más elevadas fueron las T- y T+, lo que indica que en dichos tratamientos ocurrieron las mayores deficiencias y / o desbalances nutricionales en cuanto a N, P y K (tabla 9). Los índices de los elementos muestran que en estas parcelas las plantas crecieron con deficiencia de P en primer lugar, y luego con deficiencia de N. Por el contrario, el K fue un elemento que en esta situación contribuyó al desbalance por encontrarse en exceso. Los controles de malezas TM y QM produjeron plantas con un mejor estado nutricional respecto de T- y T+, con sumas de índices menores, destacándose las plantas de los tratamientos QMS1, y luego QMO2 y QMS2F. No obstante esto las parcelas TM y QM analizadas en conjunto tienen índices de N, P y K predominantemente negativos. Los valores negativos de mayor magnitud se encontraron para el P, luego para el K y por último el N.

El análisis de DRIS del segundo año de crecimiento mostró un comportamiento diferente al encontrado en el primer año. En el período 1999 - 2000 las parcelas con mayores deficiencias - desbalances fueron T+ con dos años de control de malezas, TM con un año y QMS1 con dos años de control. Las parcelas con mejor estado nutricional fueron QMS1 con un año de control, y luego QMS2 y QMO2 con dos años de control de malezas (tabla 15). En

conjunto las parcelas TM y QM con dos años de control de malezas tuvieron menores sumas de índices y por ende mejores estados nutricionales que las parcelas con un año de control.

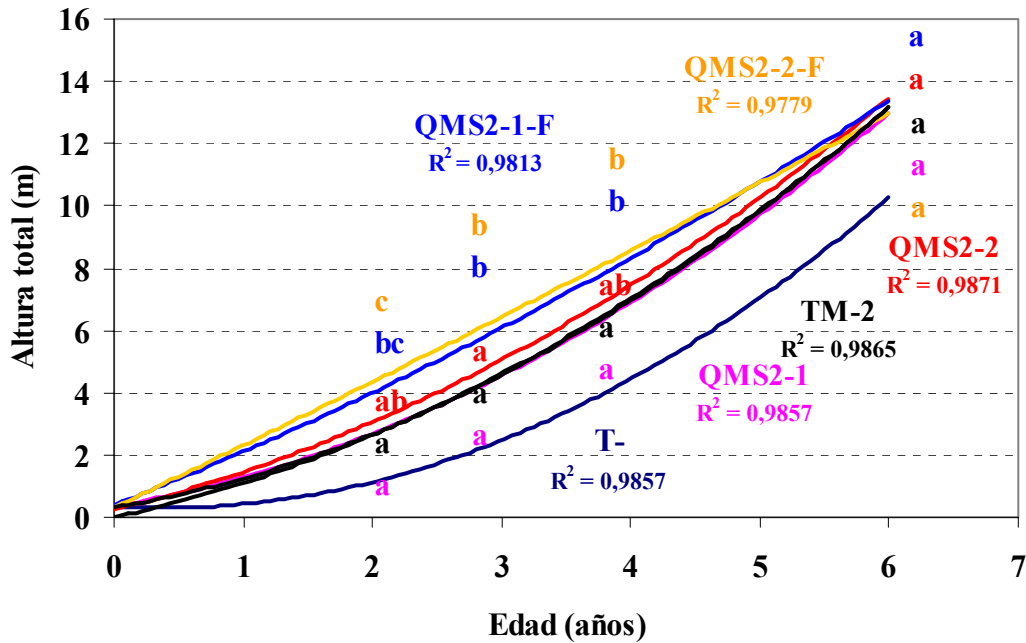
En el ensayo 2-2 se acentuaron las diferencias en At entre el testigo T- y los tratamientos QM, así como también entre los clones (tabla 8). El tratamiento QMD se destacó sobre los demás sistemas QM, y el clon “Stoneville 66” tuvo un crecimiento superior a ‘Conti 12’. También se registraron diferencias significativas según el herbicida total utilizado en invierno de 1999 para controlar malezas emergidas, ya que ambos clones tuvieron mayores alturas en las subparcelas tratadas con glifosato.

*Evolución de las respuestas en el ensayo 2-1 hasta la mitad del turno de corta:*

Las respuestas en altura total (At) se evaluaron hasta que el ensayo 2-1 cumplió seis años de edad, momento correspondiente a la mitad del turno de corta utilizado en estas plantaciones. Como variables complementarias se relevaron en 2004 el DAP y el índice de volumen (IV). Las diferencias en At inicialmente observadas entre los tratamientos T- y T+ respecto de los tratamientos TM y QM continuaron siendo significativas hasta alcanzar el sexto año de edad, aunque la diferenciación más clara se aprecia entre los tratamientos testigo y los tratamientos TM y QM con dos años de control de malezas (tabla 12). Resultados similares se encontraron para el DAP y el IV: en 2004 todos los tratamientos con dos años de control de malezas tuvieron mayores DAP que los testigos T- y T+, mientras que todos ellos con excepción de QMO1 registraron además mayores IV.

En el análisis factorial (sin considerar T-) de los tratamientos de control de malezas, los años de control y la fertilización localizada, se observa una diferenciación más clara de At, DAP e IV entre T+ y los tratamientos TM y QM durante todo el período, sin diferencias entre los tratamientos de control TM y QM. Algo similar ocurrió con las respuestas al número de años de control, aunque dejaron de ser significativas para At en 2004 (tabla 13).

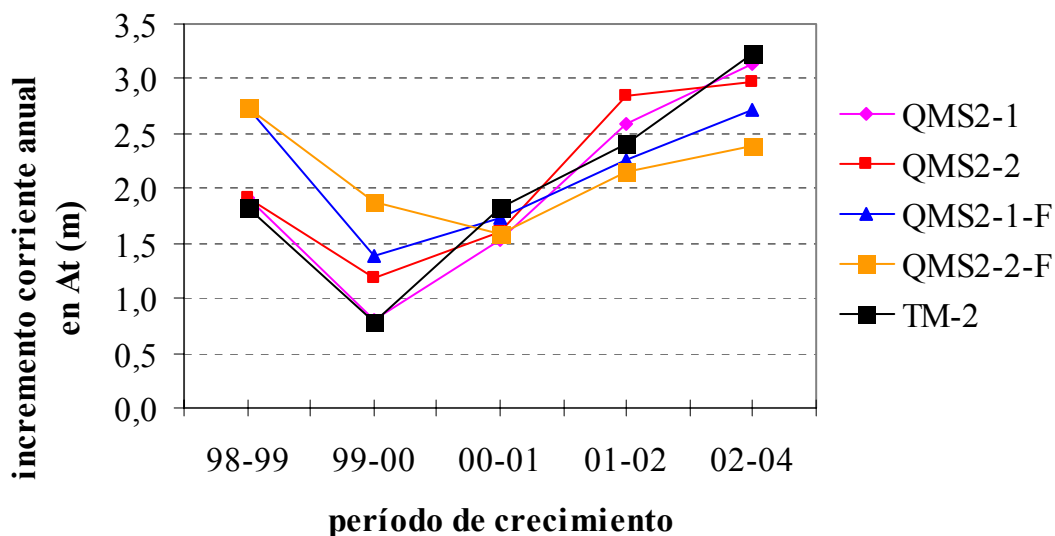
El comportamiento de las variables respecto de la fertilización y el número de años de control tuvo una dinámica algo distinta: las diferencias en At de las parcelas QMS2 fertilizadas respecto de las no fertilizadas continuaron significativas en 2001 y 2002, pero disminuyeron hasta casi desaparecer en 2004 (ANAVA II, tabla 13; gráfico 4); el DAP y el IV en tanto al sexto año fueron superiores en las parcelas fertilizadas. En relación con la fertilización, el número de años de control tuvo un comportamiento fluctuante: se mantuvieron diferencias significativas para las At de 2002 y los DAP, mientras que las



**Gráfico 4.** Curvas de altura total (At) del clon “Stoneville 66” en el tratamiento químico mecánico con  $2,75 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de simazina (QMS2) con uno y dos años de control de malezas sin fertilización (QMS2-1; QMS2-2) y con aplicación localizada de fertilizantes (QMS2-1-F; QMS2-2-F) durante la primera mitad del turno en el ensayo 2-1; como referencias se incluyeron la evolución de At en los tratamientos testigo negativo (T-) y mecánico tradicional con dos años de control (TM-2).

Las letras distintas en cada edad representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05). Las curvas se ajustaron utilizando un modelo polinomial de segundo orden; se muestran en cada caso los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) obtenidos.

diferencias no fueron significativas entre las At de 2001 y los IV. En el sexto año de crecimiento las At de las parcelas QMS2 con uno y dos años de control de malezas fueron coincidentes (gráfico 4). Con el seguimiento de la At hasta el sexto año se pudo observar que los tratamientos mencionados siguieron distintos patrones de crecimiento. Las mayores diferencias aparecieron durante los primeros tres años post-plantación, momento a partir del cual las diferencias comienzan a reducirse hasta casi desaparecer cumplido el sexto año de edad (gráfico 4). Estos patrones ocurrieron debido a las variaciones en magnitud e importancia relativa que tuvieron los incrementos corrientes anuales (ICA) en At a lo largo del tiempo: los tratamientos con mayores ICA en los dos primeros años de crecimiento (QMS2-1-F, QMS2-2-F) fueron los que posteriormente tuvieron las menores tasas entre el 4º y el 6º años, mientras que lo contrario ocurrió con los tratamientos sin fertilización (QMS2-1 y QMS2-2); el punto de inflexión en la evolución del ICA se produjo en la temporada 2000 - 2001 (gráfico 5).



**Gráfico 5.** Incrementos corrientes anuales en altura total (ICA At) del clon “Stoneville 66” en el tratamiento químico mecánico con  $2,75 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de simazina (QMS2) en sus variantes con uno y dos años de control de malezas sin fertilización (QMS2-1; QMS2-2) y con aplicación localizada de fertilizantes (QMS2-1-F; QMS2-2-F) durante la primera mitad del turno en el ensayo 2-1. Como referencia se incluyó la evolución de At en el tratamiento mecánico tradicional con dos años de control (TM-2).

### Ensayo 2-3.

La pulverización de los herbicidas preemergentes en el ensayo 2-3 se realizó el 19 de agosto de 1999, bajo condiciones de aplicación similares a las descritas para el primer control químico en los ensayos 2-1 y 2-2. Durante el comienzo de la estación de crecimiento las estacas tuvieron dificultades de prendimiento, debido a tres heladas tardías ocurridas en octubre, noviembre y diciembre de 1999 (fotografía 7), y también a que la segunda mitad de la primavera y principios del verano fueron marcadamente secos y ventosos (gráfico 1).

La mayoría de las especies de malezas encontradas en los relevamientos fueron comunes a los ensayos 2-1 y 2-2, con la excepción del pasto cuaresma, flor de pajarito, borraja de campo y *Lamium amplexicaule*. En conjunto para los tres ensayos se constató la presencia de 50 especies de malezas (tabla 4).



**Fotografía 7.** Estacas de los clones ‘Conti 12’ (arriba) y “Stoneville 66” (abajo) con brotes dañados por heladas tardías; noviembre de 1999.

*Evolución de la comunidad de malezas y síntomas de fitotoxicidad en el cultivo:*

Los censos de cobertura y composición específica de malezas se iniciaron a los 60 DDT y en esa fecha la cobertura verde en las parcelas T- fue del 79%. La mayor parte de esa cobertura estuvo compuesta por dicotiledóneas (nabo, cardos, falsa biznaga, lupulina y enredadera anual) y en forma secundaria por gramíneas (raigrás, cebadilla y sorgo de Alepo), con escaso suelo descubierto. Las lluvias ocurridas durante agosto y setiembre resultaron mayores que las del mismo período del año anterior, favoreciendo la emergencia de malezas en general y también mejorando la distribución y actividad de los herbicidas preemergentes en el suelo.

En las parcelas tratadas con alaclor la eficacia de control fue nula (tabla 16) según la escala EWRC; los escapes tuvieron una composición específica similar a T-: dicotiledoneas (nabo, cardos, enredadera anual, falsa biznaga) y en menor medida gramíneas (raigrás, cebadilla, sorgo de Alepo y gramón). En los tratamientos con simazina y oxifluorfen la eficacia de control, en términos de cobertura verde, también resultó nula, aunque con diferencias marcadas en cuanto a las especies presentes respecto de T-. En estos tratamientos se observó una dominancia de gramíneas (sorgo de Alepo, gramón, raigrás y cebadilla) y ciperáceas (chufa), lográndose un mejor control de dicotiledóneas que con el alaclor.

**Tabla 16.** Respuesta de los clones “Stoneville 66” y ‘Conti 12’, y eficacia de control en los distintos tratamientos del ensayo 2-3 durante el período de crecimiento 1999 - 2000.

Factores: 1 - 2: clon a - g: control de malezas I - II: fertilización	Crecimiento y Supervivencia <sup>a</sup>		Eficacia de control <sup>a</sup>				
	At	Supervivencia	60	120	180	240	300
	m	%	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
<b>1. Stoneville 66</b>	0,77	66,2	15,8	-17,2	19,2	1,33	18,6
<b>2. Conti 12</b>	0,68	78,7	24,3	-9,84	22,9	2,21	25,7
<b>a. T-</b>	0,39 (*)	6,2 a	-	-	-	-	-
<b>b. QMAL</b>	0,52 a	75 b	9,85 a	-24,6	21,0	-7,0	16,6
<b>c. QMI1</b>	0,97 c	100 b	46,7 b	-20,7	23,1	14,2	31,8
<b>d. QMS2</b>	0,71 b	100 b	12,1 a	-13,9	19,4	-3,18	25,2
<b>e. QMO2</b>	0,70 b	81,2 b	11,6 a	5,23	20,7	3,03	15,5
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)							
<b>ANAVA I</b>							
clon	0,069	0,057	ns	ns	ns	ns	ns
control de malezas	<0,0001	<0,0001	0,004	ns	ns	ns	ns
clon x control de malezas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,043 (+)
<b>1. Stoneville 66</b>	0,93 a	59,3	14,5	6,71	22,5	-8,11	20,1
<b>2. Conti 12</b>	0,69 b	75,0	18,8	-6,68	21,6	3,21	19,7
<b>I. sin fertilización</b>	0,71 a	90,6 a	11,9	-4,36	20,0	-0,08	20,2
<b>II. con fertilización</b>	0,91 b	43,7 b	21,5	4,40	24,1	-4,83	19,6
<b>f. QMS2</b>	0,81	68,7	17,9	0,01	25,8	-2,18	19,4
<b>g. QMO2</b>	0,81	65,6	15,5	0,03	18,3	-2,73	20,4
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)							
<b>ANAVA II</b>							
clon	0,0004	ns	ns	ns	ns	ns	ns
herbicida preemergente	ns	ns	ns	ns	0,081	ns	ns
fertilización	0,001	0,0001	ns	ns	ns	ns	ns
clon x preemergente	ns	0,042 (+)	ns	ns	ns	ns	0,028 (+)
clon x fertilización	0,062	ns	ns	ns	0,070	ns	ns
preemergente x fertilización	ns	ns	ns	ns	0,051	ns	ns
clon x preemergente x fertilización	ns	ns	ns	0,10	ns	ns	ns

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05); \* no se pudo contrastar por falta de repeticiones, pues el 75% de las parcelas tuvieron mortandad total; + sin diferencias significativas entre medias.

A pesar de ello ocurrieron escapes de flor de pajarito, nabo, enredadera anual, cardos, lengua de vaca, quínoa, falsa biznaga y vicia. En las parcelas fertilizadas tanto de simazina como de oxifluorfen los escapes de cardos y quínoa en las inmediaciones de las estacas tuvieron un desarrollo mayor que en las entrefilas, posiblemente en respuesta a la fertilización localizada (fotografía 8), aunque por su ubicación esta diferencia no pudo ser registrada claramente en las fotografías de cobertura. En contraste con los tratamientos anteriores las parcelas con imazaquin tuvieron la mayor eficacia de control, si bien dentro de un nivel muy

pobre de acuerdo a EWRC. Los escapes en las parcelas controladas con imazaquin fueron principalmente de gramíneas (sorgo de Alepo, gramón, raigrás y cebadilla) y de algunas dicotiledoneas (cardos, lengua de vaca) y ciperáceas (chufa). Este relevamiento fue el único durante el primer año en la que se encontraron diferencias significativas de eficacia entre tratamientos de control de malezas (tabla 16). En los restantes períodos ocurrieron cambios en las medias de eficacia, pero sin detectarse diferencias significativas tanto entre tratamientos de control, como entre clones y fertilización.



**Fotografía 8.** Vista de parcelas de control químico - mecánico con simazina y fertilización localizada de los clones 'Conti 12' (izquierda) y "Stoneville 66" (derecha), con escapes de cardos en las bandas pulverizadas; diciembre de 1999.

Las plantas de álamo presentaron en esta fecha daños importantes en tallos y hojas, producto de heladas tardías y tuvieron una recuperación escasa durante el mes de octubre, que tuvo precipitaciones en un 50% inferiores al promedio histórico. Pese a este estado general se pudieron diferenciar síntomas de fitotoxicidad provocados por oxifluorfen, que se presentaron sólo en las parcelas del clon "Stoneville 66". Los síntomas tuvieron efectos muy leves (7% en promedio) y fueron revertidos por las estacas antes del relevamiento siguiente; no se encontraron otros síntomas de fitotoxicidad por oxifluorfen u otro herbicida hasta la finalización del ensayo.

Transcurridos 120 días después del tratamiento con preemergentes (120 DDT) en las parcelas T- se observó una disminución importante en la cobertura verde (40%), debido a la fructificación y senescencia del raigrás. Las malezas vivas más abundantes fueron

dicotiledóneas (quínoa, cardos, enredadera anual, cerraja, lupulina, vicia) y luego gramíneas (festuca, sorgo de Alepo y gramón). En los tratamientos QM las eficacias de control fueron nulas, con valores cercanos a cero o negativos y sin diferencias significativas entre herbicidas, clones y fertilización (tabla 16). En estas parcelas las gramíneas primavera - estivales (sorgo de Alepo y gramón principalmente) tuvieron mayor abundancia relativa que en el T-. En el tratamiento con alaclor muchos escapes de dicotiledóneas fructificaron (nabo, lengua de vaca, cardos, falsa biznaga) y en algunos casos se secaron, no obstante lo cual una parte importante de la cobertura fue de dicotiledóneas (enredadera anual, vicia) y ciperáceas (chufa). El control sobre las gramíneas (sorgo de Alepo, gramón) por la aplicación de graminicida del 5 de noviembre fue parcial, por encontrarse las malezas bajo estrés hídrico (en la misma fecha se efectuó la primera pasada de discos entre filas). Las parcelas con imazaquin tuvieron escapes de gramíneas (sorgo de Alepo, gramón, pasto cuaresma), de ciperáceas (chufa) y de dicotiledóneas (cardos, violeta silvestre); también se observó un control parcial del quizalofop-*P*-etil sobre las gramíneas. En los tratamientos con simazina y oxifluorfen se observó una cobertura verde similar al imazaquin, y dada principalmente por gramíneas controladas parcialmente (sorgo de Alepo, gramón), chufa y escapes de dicotiledóneas (cardos, falsa biznaga), muchos de los cuales se encontraban en floración.

A los 180 DDT se observó una recuperación importante de la cobertura verde en T- (70%), por las lluvias ocurridas durante febrero. Esta cobertura estuvo compuesta por sorgo de Alepo y gramón en primer lugar, y también quínoa, cardos y enredadera anual. En los tratamientos QM todas las eficacias medias de control fueron positivas, aunque dentro de los valores de control nulo (menores al 29%) y sin diferencias significativas entre tratamientos (tabla 16). Las parcelas con alaclor tuvieron una cobertura verde compuesta en proporciones similares por sorgo de Alepo y gramón (parcialmente controlados por la 2ª aplicación de graminicida del 19 de enero), y por dicotiledóneas (enredadera anual y cohortes recientemente emergidas de quínoa, chinchilla, cardos, malva silvestre, lengua de vaca y lupulina). En el tratamiento con simazina la cobertura se debió mayormente a gramíneas (sorgo de Alepo, gramon y festuca parcialmente controlados, así como escapes de pasto cuaresma y pasto miel), chufa y en menor magnitud escapes de chinchilla, cardos, lechuga salvaje, sanguinaria, enredadera anual y malva silvestre. Las parcelas con oxifluorfen tuvieron similar cobertura y composición que las de simazina, aunque con más presencia de dicotiledóneas (malva silvestre, quínoa, chinchilla, cardos, cerraja y borraja de campo), mientras que en el tratamiento con imazaquin dominaron los escapes de pasto cuaresma (muy vigorosos), sorgo

de Alepo y gramón (parcialmente controlados) y de chufa. De las gramíneas relevadas en los tratamientos QM el sorgo de Alepo, el gramón y la festuca mostraron síntomas de fitotoxicidad en diversos grados por el tratamiento graminicida, mientras que fueron escasamente perceptibles o estuvieron ausentes en el pasto cuaresma y el pasto miel.

En el relevamiento de principios de otoño (17 de abril de 2000; 240 DDT) la cobertura en las parcelas T- disminuyó al 53% por fructificación de gramíneas (sorgo de Alepo) y de dicotiledóneas (quínoa, cardos), mientras que la mayor parte de la cobertura verde estuvo compuesta por gramón, festuca y sorgo de Alepo. En los tratamientos QM los valores de eficacia disminuyeron, llegando incluso a valores negativos en algunos casos (tabla 16). No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. En todas las parcelas QM las malezas dominantes y con mayor recuperación de la cobertura fueron gramón y sorgo de Alepo. En las parcelas con alaclor en tanto hubo especies de dicotiledóneas en fase de fructificación (quínoa, chinchilla, malva silvestre, achicoria, lupulina) y otras de cohortes jóvenes (principalmente cardos); en los tratamientos con simazina, oxifluorfen e imazaquín el sorgo de Alepo y el gramón estuvieron consociados con cohortes recientemente emergidas de cardos.

Hacia los 300 DDT las parcelas T- tuvieron nuevamente una reducción en la cobertura verde (44%), que pasó a estar conformada por gramíneas de ciclo otoño - invernal (raigrás, festuca) y por escasas dicotiledóneas (cerraja). Los valores de eficacia fueron nuevamente positivos en los tratamientos QM, y en algunos casos como QMI1 alcanzaron la categoría 8 (entre el 30 y el 55% de control), aunque sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos (tabla 16). En todas las parcelas QM se encontró un predominio de dicotiledóneas (cardos, lengua de vaca, cerraja, ombusillo, falsa biznaga, alfilerillo, *Anagallis arvensis*, violeta silvestre, *Lamium amplexicaule*, *Veronica persica*, vicia) y en forma subordinada escapes de raigrás y cebadilla criolla; algunos de los escapes de dicotiledóneas y gramíneas se encontraban en un estado vegetativo avanzado, mientras que otros se hallaban en estado de plántulas.

El 11 de agosto de 2000 se aplicaron los herbicidas preemergentes correspondientes al segundo año de control de malezas. Esta fecha se definió como el comienzo de los relevamientos de la nueva temporada de crecimiento (0 DDT), aunque con anterioridad (20 de junio) se realizó un control de postemergencia de malezas con glifosato (0,96 kg i.a. · ha<sup>-1</sup>) sobre las bandas de las parcelas QM.

**Tabla 17.** Respuesta de los clones “Stoneville 66” y ‘Conti 12’, y eficacia de control en los distintos tratamientos del ensayo 2-3 durante el período de crecimiento 2000 - 2003.

Factores: 1 - 2: clon a - g: control de malezas I - II: fertilización	Crecimiento <sup>a</sup>		Eficacia de control <sup>a</sup> (2000 - 2001).				
	At 2001	At 2003	0	60	120	180	240
	m	m	DDT	DDT	DDT %	DDT	DDT
<b>1. Stoneville 66</b>	2,29 a	6,11 a	99,5	14,8	-30,5 a	41,8	-50,3
<b>2. Conti 12</b>	1,92 b	5,40 b	98,7	22,01	9,79 b	50,2	-39,9
<b>a. T-</b>	0,66 (*)	1,66 (*)	-	-	-	-	-
<b>b. QMAL</b>	1,39 a	4,2 a	98,4	-18,2 a	-41,8 a	54,6	-50,0
<b>c. QMI1</b>	2,75 c	7,13 c	99,7	40,5 b	21,5 b	44,9	-38,1
<b>d. QMS2</b>	2,16 b	5,71 b	100	24,0 ab	-9,43 ab	40,7	-49,3
<b>e. QMO2</b>	2,12 b	5,99 b	98,2	27,3 ab	-11,9 ab	43,8	-43,0
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)						
<b>ANAVA I</b>							
clon	0,005	0,018	ns	ns	0,009	ns	ns
control de malezas	<0,0001	<0,0001	ns	0,038	0,034	ns	ns
clon x control de malezas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>1. Stoneville 66</b>	2,65 a	6,88 a	99,6	13,1 a	-16,2	26,8	-53,8
<b>2. Conti 12</b>	2,27 b	5,78 b	97,4	40,1 b	-7,04	26,4	-39,1
<b>I. sin fertilización</b>	2,14 a	5,85 a	99,1	25,7	-10,6	42,3 a	-46,1
<b>II. con fertilización</b>	2,78 b	6,80 b	98,0	27,5	-12,6	11,0 b	-46,8
<b>f. QMS2</b>	2,49	6,20	98,9	26,5	-11,8	28,1	-52,5
<b>g. QMO2</b>	2,43	6,45	98,1	26,7	-11,4	25,2	-40,5
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)						
<b>ANAVA II</b>							
clon	0,046	0,011	0,094	0,020	ns	ns	ns
herbicida preemergente	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
fertilización	0,0019	0,023	ns	ns	ns	0,009	ns
clon x preemergente	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
clon x fertilización	ns	0,088	ns	ns	0,010 (+)	ns	ns
preemergente x fertilización	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
clon x preemergente x fertilización	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05); \* no se pudo contrastar por falta de repeticiones, pues el 75% de las parcelas tuvieron mortandad total; + sin diferencias significativas entre medias.

Así, en el tratamiento T- la cobertura se mantuvo en un nivel similar al del censo anterior (36%), mientras que en todas las parcelas QM la cobertura verde se redujo prácticamente a cero, debido a la eficacia de control del tratamiento con glifosato. Los escasos escapes se debieron a plántulas pequeñas de lengua de vaca y otras especies, mientras que las cohortes de mayor tamaño (cardos, raigrás) fueron controladas en un 100%. Esta combinación

de situaciones produjo en todos los tratamientos QM valores de eficacia de control de muy buenos a excelentes (tabla 17), siendo los mayores registros encontrados durante el ensayo.

Cumplidos los 60 DDT las parcelas T- tuvieron una cobertura verde del 65%, dominada por gramíneas (raigrás, gramón, sorgo de Alepo, cebadilla), con participación secundaria de dicotiledóneas (cardos, vira vira). En los tratamientos QM en general se produjo una disminución marcada de los valores de eficacia, con diferencias significativas (tabla 17). Los menores valores (negativos) ocurrieron en las parcelas con alaclor, en donde la cobertura estuvo dominada por dicotiledóneas (nabo, cerraja, ombusillo, enredadera anual, violeta silvestre, falsa biznaga), y en menor medida gramíneas (sorgo de Alepo, gramón, raigrás). Las parcelas que mantuvieron el mayor nivel de control fueron las del preemergente imazaquin, en donde la cobertura verde correspondió casi exclusivamente a gramón y sorgo de Alepo, con muy escasos escapes de dicotiledóneas (*V. persica*, violeta silvestre). En los restantes tratamientos (simazina, oxifluorfen) también hubo dominancia de sorgo de Alepo y gramón, pero con presencia esporádica de festuca y pasto cuaresma. En las parcelas con simazina ocurrieron escapes de falsa biznaga, vicia y *V. persica* más frecuentes que en imazaquin, mientras que en las parcelas con oxifluorfen fueron más frecuentes nabo, alfilerillos, cardos, quínoa y enredadera anual. En este relevamiento también se determinaron mayores eficacias de control en las parcelas de 'Conti 12' respecto de las del clon "Stoneville 66" (ANAVA II, tabla 17).

A los 120 DDT se observó una reducción de la cobertura verde del tratamiento T- (44%) respecto del censo anterior, provocada por la fructificación y senescencia de raigrás y cebadilla, mientras que los cardos y falsa biznaga se encontraron en plenitud de la fase de floración. La cobertura restante estuvo dominada por gramíneas (sorgo de Alepo y gramón), cardos y falsa biznaga. En las parcelas QM se observaron los efectos de la aplicación del graminicida el 9 de noviembre, (por primera vez realizada en condiciones adecuadas de humedad y tamaño de malezas), no obstante lo cual las eficacias de control fueron negativas, con excepción de QMI1. El tratamiento con alaclor tuvo elevada cobertura de dicotiledóneas (nabo, falsa biznaga, enredadera anual, lengua de vaca) en fase de floración - fructificación avanzada, y escasa participación de gramíneas. En las parcelas con imazaquin el control de sorgo de Alepo, gramón, pasto cuaresma y pasto miel fue parcial, con rebrotes o tallos con síntomas de fitotoxicidad pero aún vivos; la cobertura estuvo compuesta mayormente por escapes recientes de dicotiledóneas (chinchilla, cardos, cerraja, falsa biznaga) y otras especies

más adelantadas y en fase de floración (violeta silvestre), aunque hubo también participación de gramíneas y chufa. La composición específica de las parcelas con simazina y oxifluorfen sin fertilización fue similar a la descrita para el control con imazaquin, con la diferencia que las plantas de dicotiledóneas tuvieron mayor tamaño que en este último. Las parcelas fertilizadas de estos dos preemergentes registraron mayor participación de dicotiledóneas en la cobertura verde que las parcelas sin fertilización. Nuevamente se determinaron mayores eficacias de control en las parcelas de ‘Conti 12’ respecto de las del clon “Stoneville 66” (ANAVA I, tabla 17).

El relevamiento del 22 de febrero de 2001 (180 DDT) registró la mayor cobertura verde de la temporada en las parcelas T- (80%), con dominancia de gramíneas (sorgo de Alepo, gramón y festuca). Pese a ello los tratamientos QM tuvieron eficacias de control positivas, aunque similares entre sí y muy pobres según la escala de EWRC. En las parcelas con alaclor las eficacias positivas se produjeron por la pérdida de cobertura verde ante la fructificación y senescencia de falsa biznaga, especie abundante en el censo anterior. La cobertura remanente estuvo dominada por escapes de sorgo de Alepo y gramón, junto con algunas plantas de falsa biznaga (todavía verdes) y de cerraja. En los restantes tratamientos QM en cambio, los valores de eficacia se debieron en mayor medida al control realizado sobre las gramíneas primavera - estivales con la segunda aplicación de graminicida (16 de enero), ya que pudo observarse suelo desnudo. La cobertura en estas parcelas estuvo dominada por escapes avanzados de dicotiledóneas (chinchilla y cerraja en floración, emergencias recientes de cardos, quínoa) y chufa, junto con escapes de sorgo de Alepo, gramón, pasto cuaresma y festuca. Se determinaron asimismo diferencias significativas entre parcelas fertilizadas y no fertilizadas, con mayores eficacias en estas últimas (ANAVA II, tabla 17).

Hacia los 240 DDT se observó una reducción de la cobertura verde de las parcelas T- (34%), ante la senescencia del sorgo de Alepo. La cobertura restante estuvo compuesta por gramíneas (festuca, gramón y raigrás). Todos los tratamientos QM tuvieron eficacias negativas, sin diferenciarse entre sí. En las parcelas con alaclor las especies presentes fueron: gramón, chinchilla (en floración o fructificación) y emergencias recientes de cardos, *V. persica*, cerraja y vinagrillo. La cobertura en los tratamientos con imazaquin, oxifluorfen y simazina estuvo compuesta por las mismas especies de dicotiledóneas, junto con gramíneas (gramón, festuca y sorgo de Alepo) y chufa.

### *Respuesta de los álamos a los tratamientos durante el período de establecimiento:*

Durante el período de realización del ensayo 2-3 las plantas de álamo crecieron bajo condiciones climáticas contrastantes. Los dos períodos iniciales (1999 - 2000 y 2000 - 2001) se caracterizaron por la ocurrencia de heladas tardías (incluso durante el mes de diciembre) y la escasez de precipitaciones, mientras que los períodos subsiguientes tuvieron por el contrario abundantes precipitaciones y estuvieron libres de heladas tardías (gráficos 1, 2 y 3).

En estas condiciones climáticas, los efectos de los distintos tratamientos produjeron diferencias significativas en el crecimiento en At y en supervivencia (S). A diferencia de los ensayos 2-1 y 2-2 se encontraron diferencias significativas en S entre los tratamientos de control de malezas (ANAVA I, tabla 16) y la fertilización (ANAVA II, tabla 16). La mortandad de plantas comenzó a observarse a los 60 DDT y se incrementó sucesivamente hasta los 180 DDT, siendo los tratamientos T- y QM fertilizados los que resultaron con menores supervivencias. Al comienzo de la estación de crecimiento los casos más frecuentes de plantas muertas correspondieron a las parcelas fertilizadas (QMS2F y QMO2F), que se fueron incrementando hacia el verano, mientras que la mortandad en las parcelas T- tuvo un incremento gradual desde los 90 DDT en adelante. En los períodos de crecimiento subsiguientes la supervivencia se estabilizó en los valores alcanzados durante el primer año.

Las diferencias de crecimiento en altura al primer año ocurrieron tanto entre clones como entre tratamientos de control y fertilización. Las mayores alturas se lograron en el tratamiento con imazaquín y luego en los tratamientos con simazina u oxifluorfen fertilizados; el clon “Stoneville 66” tuvo un crecimiento superior al clon ‘Conti 12’ (ANAVA II; tabla 16). Las alturas medias de las plantas en T- fueron las más bajas del ensayo, aunque por falta de repeticiones no se pudieron incluir en los análisis estadísticos del primer año ni en los subsiguientes. En las respuestas al segundo y cuarto años de crecimiento se observó una consolidación de las tendencias observadas al primer año, ya que en ambas mediciones los mayores crecimientos en altura se registraron en las parcelas del clon “Stoneville 66” y en los tratamientos con imazaquín, o con simazina u oxifluorfen fertilizados (ANAVA I y II, tabla 17).

### **Ensayos a escala de usuario del año 2000.**

#### Ensayos 2-4 y 2-5.

Los períodos de desarrollo cubiertos por estos experimentos se caracterizaron por la ocurrencia de abundantes lluvias a nivel local y regional (gráfico 2), que determinaron condiciones de crecimiento marcadamente húmedas respecto de aquellas imperantes en los ensayos realizados con anterioridad.

*Evolución de la comunidad de malezas y síntomas de fitotoxicidad en el cultivo:*

En los relevamientos se observaron diferencias importantes en las coberturas y composiciones específicas de las comunidades de malezas entre las distintas parcelas, si bien se registraron escasas especies nuevas (tabla 18) pues la mayoría de las malezas presentes ya habían sido encontradas en los ensayos 2-1, 2-2 y 2-3 (tabla 4). Esta mayor diversidad y variación de coberturas se debió por un lado al aumento del tamaño de parcela utilizado, así como también a la disposición de los bloques en sectores del Establecimiento distantes en algunos casos a más de 10 km entre sí, y con diferente historia de uso y características de sitio.

**Tabla 18.** Nuevas especies de malezas encontradas en los ensayos 2-4 y 2-5, período 2000 – 2001.

Nombre científico	Nombre vulgar	Origen <sup>1</sup>	Ciclo <sup>2</sup>	Abundancia <sup>3</sup>
<i>Anthemis cotula</i>	manzanilla silvestre	E	A	2
<i>Cardamine bonariensis</i>	-	N	P	1
<i>Conium maculatum</i>	cicuta	E	A/B	2
<i>Convolvulus arvensis</i>	correhuela	E	P	1
<i>Datura ferox</i>	chamico	E	A	1
<i>Portulaca oleracea</i>	verdolaga	E	A	2
<i>Trifolium pratense</i>	trebol rojo	E	B/P	1
<i>Triodanis perfoliata</i> var. <i>biflora</i>	-	N	A	1
<i>Xanthium cavanillesii</i>	abrojo	N	A	2

(1) N (especie nativa), E (especie exótica).

(2) ciclo de vida: A (anual), B (bienal), P (perenne).

(3) escala de abundancia media durante los ensayos: 1 (rara), 2 (frecuente), 3 (abundante), 4 (muy abundante).

A los 60 DDT (24 octubre de 2000) las parcelas testigo negativo (T-) tuvieron una cobertura media del 77 %, con dominancia de dicotiledoneas (vicia, manzanilla silvestre, abrojo, nabón, cardos, enredadera anual, violeta silvestre, cicuta, *Veronica persica*, quínoa, vira vira, *Lamium amplexicaule*, cerraja, nabo, trebol blanco, *Triodanis perfoliata* var. *biflora*, *Anagallis arvensis* y malva silvestre), y con menor participación de gramíneas (raigrás, cebadilla criolla, sorgo de Alepo y gramón). En ambos ensayos se encontraron diferencias significativas en la eficacia de control de los tratamientos (tabla 19). En las parcelas TM del

ensayo 2-4 la cobertura y composición encontrada fue similar a T- y la eficacia nula, pues hasta esta fecha no se habían realizado controles de malezas. En las parcelas TM del ensayo 2-5 por el contrario ya se había efectuado la primera pasada con rastra de discos y carpida, con una eficacia muy pobre. Este defasaje en la realización de los tratamientos TM no fue casual, sino que respondió a la planificación de tareas propia del Establecimiento en condiciones reales de trabajo. La planificación mencionada se respetó hasta la finalización de los ensayos. Los tratamientos QM del ensayo 2-4 alcanzaron eficacias de control superiores al 60% (aunque pobre según EWRC), con escapes de dicotiledóneas (cardos, cerraña, violeta silvestre y manzanilla silvestre) y de gramíneas con coberturas similares (raigrás, sorgo de Alepo y gramón). En el ensayo 2-5 el tratamiento con mayor eficacia fue QMA2, mientras que QMI2 y TM fueron similares. Los escapes de dicotiledóneas y gramíneas otoño-invernales (raigrás y cebadilla criolla) fueron más frecuentes en QMI2, sobre todo en aquellos bloques en donde ya había malezas emergidas al momento de aplicar los tratamientos con herbicidas preemergentes en invierno de 2000. En el ensayo 2-4 las plantas del tratamiento QMA2 en la parcela instalada sobre un hapludol éntico (tabla 2) presentaron hojas pequeñas y ligeramente cloróticas, además de un menor crecimiento en altura respecto de los demás tratamientos. Por tratarse de síntomas dudosos, no fueron atribuidos inicialmente a fitotoxicidad por atrazina.

En el relevamiento de los 120 DDT (27 de diciembre de 2000) la cobertura media de las parcelas T- disminuyó al 45% por la fructificación y senescencia de algunas especies otoño-invernales. La cobertura verde remanente estuvo compuesta por cardos, quínoa, abrojo, sorgo de Alepo, gramón, verbena, trebol blanco, cerraña, sanguinaria y malva silvestre. Las eficacias de los tratamientos de control fueron muy variables entre ensayos y bloques, y sin diferencias significativas. En el ensayo 2-4 la mayor eficacia se observó en las parcelas TM, ya que recientemente se había efectuado el primer control de malezas con rastra de discos y azada. A pesar de haberse aplicado el graminicida, los tratamientos QM tuvieron eficacias negativas, sobre todo en el caso de QMI2 por causa de los escapes de dicotiledóneas (cardos, malva silvestre y manzanilla silvestre) y chufa. En el ensayo 2-5 las malezas recuperaron la cobertura en las parcelas TM (con escapes de chinchilla, cardos, quínoa, sanguinaria, gramón, sorgo de Alepo, nabo y chufa) y por ello la eficacia fue nula. En los tratamientos QM las eficacias fueron positivas, debido a la reducción de cobertura por la aplicación del graminicida del 9 de noviembre y a la senescencia de especies otoño-invernales. En ambos ensayos el graminicida fue muy efectivo en el control de las gramíneas emergidas.

**Tabla 19.** Respuesta de crecimiento de los clones ‘Conti 12’ y ‘Stoneville 66’, y eficacia de control en los tratamientos de los ensayos 2-4 y 2-5.

Tratamientos de control de malezas	Crecimiento y supervivencia <sup>a</sup> 2000 - 2001		Crecimiento y supervivencia <sup>a</sup> 2001 - 2002		Eficacia de control <sup>a</sup> 2000 - 2001				Eficacia de control <sup>a</sup> 2001 - 2002			
	At	S	At	S	60	120	180	240	0	60	120	180
	M	%	m	%	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
<b>Ensayo 2-4, ‘Conti 12’.</b>												
1. T-	1,11 a	92,7	1,93 a	91,6 a								
2. TM	1,32 b	99,4	2,57 b	99,4 bc	4,8 a	65,8	82,2 b	-1,1	-28,1	-12 a	50,1	-46,2
3. QMA2	1,73 c	95	3,15 c	93,8 ab	68,8 b	-9,3	28 a	18,1	18,1	66 b	33,8	0,4
4. QMI2	1,62 c	100	2,90 c	99,4 c	66,7 b	-58,5	23,5 a	2,3	3,5	48,3 b	56,9	-27,6
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)											
Friedman ( <i>T</i> <sup>2</sup> )	0,0015	ns	0,0015	0,041	0,049	ns	0,049	ns	ns	0,049	ns	ns
<b>Ensayo 2-5, ‘Stoneville 66’.</b>												
1. T-	1,13 a	76,6 a	1,93 a	75,5 a								
2. TM	1,73 b	82,2 ab	3,15 b	81,6 ab	37,9 a	0,3	16,3	-8,2	-1,3	86,5 c	-64,5	-36 b
3. QMA2	2,17 c	96,1 b	4,14 c	96,1 b	61,4 b	29	3,2	16,9	-4,3	64,7 b	-21	-122,9 a
4. QMI2	2,02 c	94,4 b	3,88 c	93,3 b	35,4 a	25,3	-12,1	-0,33	-11	59,1 a	-10,9	-110 a
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)											
Friedman ( <i>T</i> <sup>2</sup> )	0,0015	0,045	0,0015	0,040	0,049	ns	ns	ns	ns	<0,0001	ns	0,049

<sup>a</sup> dentro de cada columna se muestran las medias de los tratamientos; letras distintas representan diferencias significativas entre medias de rangos (test de Friedman *T*<sup>2</sup>).

En esta fecha se manifestaron con claridad síntomas de fitotoxicidad por atrazina en la misma parcela QMA2 mencionada en el relevamiento anterior (ensayo 2-4, bloque III, sobre un hapludol éntico). Los mismos tuvieron una alta incidencia (afectaron el 78% de las plantas de la parcela) y su severidad se incrementó desde muy leve en las partes bajas y de media loma (9,4% de tallos y hojas afectados), hasta valores del 52% en las lomas de textura de suelo más gruesa, con el 27 % de las estacas muertas. Los síntomas se caracterizaron por la ocurrencia de abscisión foliar acrópeta y la aparición en hojas maduras de márgenes y área intervenial necróticas (fotografía 9), frecuentes en este tipo de intoxicación (“quemado” o “leaf burning”, Akinyemiju y Dickmann, 1982c; Gunsolus y Curran, 1998).



**Fotografía 9.** Plantas del clon ‘Conti 12’ con manifestación de fitotoxicidad por atrazina; Ensayo 2-4, 7 de diciembre de 2000.

En los 180 DDT (22 de febrero de 2001) la cobertura verde de las parcelas T- fue del 56%, siendo las especies más abundantes sorgo de Alepo, malva silvestre, gramón, cardos, quínoa y cola de zorro y secundariamente trebol blanco, cerraña, sanguinaria, vinagrillo y vira vira. En el ensayo 2-4 la mayor eficacia de control se observó en el tratamiento TM, por haberse realizado la segunda desmalezada con rastra de discos y azada, mientras que los tratamientos QM fueron similares, con una eficacia nula. Las especies escapadas en los tratamientos QM fueron cardos, malva silvestre, vara de oro, correhuela, verdolaga, nabón y chufa; esta última especie se observó con mayor abundancia en las parcelas QMA2. En el ensayo 2-5 no se había efectuado aún el segundo control en las parcelas TM, y en los

tratamientos QM las eficacias fueron muy bajas o negativas, con escapes de cardos, malva silvestre, chamico, chinchilla, cola de zorro, pasto cuaresma, sorgo de Alepo y gramón.

La severidad de los síntomas de fitotoxicidad por atrazina del ensayo 2-4 fueron menores en este relevamiento, ya que los ápices de muchas plantas se recuperaron y las hojas basales afectadas se secaron y cayeron. La severidad media para esta parcela fue del 2%, y la mortandad media del 13%, aunque la subparcela más afectada (loma arenosa) tuvo valores del 8% y 40% de severidad y mortandad, respectivamente.

A los 240 DDT (26 de abril de 2001) las parcelas T- tuvieron una cobertura media del 58%, compuesta por: raigrás, gramón, cardos, chufa, abrojo, cicuta, nabo, lengua de vaca, trebol blanco y sorgo de Alepo. Algunas de estas especies se encontraban en fase de floración - fructificación, mientras que otras tenían plantas en estado vegetativo y de tamaño variable. En los dos ensayos las eficacias de los tratamientos fueron nulas o negativas (tabla 19), y sin diferencias significativas. En los tratamientos TM y QM las comunidades estuvieron dominadas por dicotiledóneas (nabo, cardos, cerraja, cerraja brava, verbena, trebol rojo, manzanilla silvestre y alfilerillo), con menor abundancia de gramíneas (raigrás, cebadilla criolla y gramón) y chufa. Las especies de ciclo otoño-invernal tuvieron escapes de distintos tamaños, desde cohortes de plántulas pequeñas hasta cohortes avanzadas. Las plantas con fitotoxicidad del ensayo 2-4 mantuvieron el estado general del censo anterior.

El 10 de agosto de 2001 (0 DDT) se efectuaron las aplicaciones invernales de herbicidas en los dos ensayos, y por primera vez se utilizaron mezclas de tanque de los herbicidas preemergentes (atrazina, imazaquín) con glifosato. De este modo se unificaron las pulverizaciones con herbicidas totales de mediados de invierno con las aplicaciones posteriores de preemergentes.

En este relevamiento las parcelas T- tuvieron un 53% de cobertura viva promedio. Las gramíneas fueron en general dominantes (raigrás y cebadilla criolla), y junto con los cardos tuvieron las plantas de mayor tamaño. Como especies de menor abundancia y con plantas más pequeñas se encontraron: manzanilla silvestre, cerraja, chufa, enredadera anual, cicuta, abrojo, nabo, trebol blanco, lengua de vaca, alfilerillo y verbena. Todos los tratamientos de control tuvieron eficacias nulas o negativas, sin diferencias significativas. Las especies de malezas en los tratamientos TM y QM fueron similares a las encontradas en T-, pero con dominancia de las dicotiledóneas por sobre las gramíneas. Los cardos y el nabo fueron las malezas más

abundantes, acompañadas por las especies ya mencionadas para T- y con la aparición de vicia, *Lamium amplexicaule*, *Cardamine bonariensis*, vira vira, verdolaga y nabón.

A los 60 DDT (4 de octubre de 2001) las parcelas T- tuvieron un 73,5% de cobertura verde, compuesta en proporciones similares por dicotiledóneas (trebol blanco, vicia, cardos, vira vira, abrojo, cicuta, cerraja, alfilerillo, nabón, manzanilla silvestre, *Triodanis biflora*, cerraja brava y lupulina) y gramíneas (raigrás, cebadilla criolla, *Festuca arundinacea*, sorgo de Alepo y gramón). La eficacia de los controles QM fue muy pobre a pobre según la escala EWRC (tabla 19), con escapes de cardos, manzanilla silvestre, raigrás, cebadilla criolla, apio silvestre, vicia, sorgo de Alepo y gramón. A pesar de estos escapes, ambos tratamientos provocaron una reducción importante de cobertura verde respecto del censo anterior. En el ensayo 2-4 no se habían efectuado las labores de control en las parcelas TM, por lo que este tratamiento tuvo una eficacia negativa y diferencias significativas respecto de los controles QM (tabla 19). En el ensayo 2-5 en cambio ya se habían realizado las pasadas con rastra de discos y azada, con lo que el tratamiento TM tuvo la mayor eficacia de control, con diferencias significativas respecto de QMA2 y QMI2. Los únicos casos de síntomas de fitotoxicidad se observaron en el tratamiento QMA2 y en los bloques I (3 plantas afectadas) y II (1 planta afectada) del ensayo 2-5. La severidad de los síntomas fue leve (fotografía 10) y su aparición estuvo vinculada a plantas cuyas cortezas fueron desgarradas por roces con el botalón de la pulverizadora, que provocaron heridas por las que ingresaron los herbicidas. Por sus características se trataría predominantemente de síntomas de intoxicación por glifosato, ya que se vieron afectados en forma sistémica los ápices de la rama dominante y no hubo áreas necróticas (“quemado”) en hojas maduras. La totalidad de las plantas afectadas se recuperó gradualmente en el curso de la estación de crecimiento.

En el relevamiento del 14 de diciembre de 2001 (120 DDT) la cobertura en las parcelas T- se mantuvo en niveles similares al censo anterior (68%). La mayoría de las especies otoño-invernales se encontró en fases de floración - fructificación (raigrás, cebadilla criolla, nabo, nabón, cardos y manzanilla silvestre), mientras que las de ciclo primavera-estival incrementaron su cobertura (sorgo de Alepo, gramón, chinchilla y vara de oro). Las eficacias de control de los tratamientos fueron muy variables dentro de cada ensayo y entre ensayos, sin diferencias significativas. En el ensayo 2-4 todas las eficacias fueron positivas y pobres a muy pobres, mientras que por el contrario en el ensayo 2-5 las mismas fueron negativas (tabla 19). Estas diferencias entre las eficacias de los dos ensayos se debieron en

parte al distinto momento de realización de los controles TM (tempranos en el caso del ensayo 2-5 y tardíos en el ensayo 2-4). Los escapes en las parcelas QM de los dos ensayos estuvieron dominados por dicotiledóneas (nabo, lupulina, cerraja, quínoa, vara de oro, chinchilla, vicia, trebol blanco, vira vira y cardos) y chufa, ya que el tratamiento con quizalofop-*P*-etil del 8 de noviembre de 2001 tuvo un buen control sobre gramíneas. La totalidad de las plantas afectadas por herbicidas del ensayo 2-5 se habían recuperado sin mostrar síntomas de fitotoxicidad.



**Fotografía 10.** Manifestación de fitotoxicidad durante el segundo año de crecimiento en parcelas QMA2, ensayo 2-5: Planta del clon “Stoneville 66” con clorosis, malformación y crecimiento reducido en hojas jóvenes de la rama dominante (izq.) y detalle de rama dominante (der.); 4 de octubre de 2001.

A los 180 DDT (28 de febrero de 2002) la cobertura verde promedio en las parcelas T-disminuyó al 30%, ya que la mayoría de las especies componentes se encontraba en fase de senescencia y los meses de enero y febrero tuvieron un 50% menos de precipitaciones respecto de la media histórica (gráfico 2). Las especies más importantes de la cobertura remanente fueron sorgo de Alepo y gramón. Las eficacias observadas en los tratamientos de control fueron nuevamente nulas o negativas, muy variables y sin diferencias significativas en ambos ensayos (tabla 19). En las parcelas QM los escapes estuvieron compuestos por dicotiledóneas (malva silvestre, vara de oro, cardos, vira vira, quínoa y chinchilla) y rebrotes de sorgo de Alepo y gramón. Varias especies otoño-invernales, como los cardos, tuvieron escapes adelantados (plantas grandes en estado vegetativo) en esta fecha.

### *Respuesta de los clones “Stoneville 66” y ‘Conti 12’ a los tratamientos:*

En ambos ensayos las mayores alturas luego del primer año de crecimiento se produjeron en los tratamientos QM, sin diferencias significativas entre sí, pero superiores a los tratamientos TM y T- (tabla 19). Estas diferencias se mantuvieron luego del segundo ciclo de crecimiento. La supervivencia (S) en tanto tuvo un comportamiento distinto según el ensayo considerado. En el período 2000-2001 no aparecieron diferencias significativas para el clon ‘Conti 12’ en el ensayo 2-4, mientras que luego del segundo año las menores supervivencias se observaron en las parcelas T- y las parcelas QMA2, en este último caso relacionadas con la fitotoxicidad causada por el herbicida atrazina (tabla 19; fotografía 9). En el ensayo 2-5 con “Stoneville 66” se detectaron diferencias significativas ya durante el primer ciclo de crecimiento, que se mantuvieron en el período posterior. El tratamiento con menor supervivencia fue T-, mientras que los que lograron el mayor porcentaje de prendimiento fueron los tratamientos QM. La mortandad observada en las parcelas TM se debió tanto a interferencia por malezas como a daños mecánicos producidos por las pasadas con rastra de disco y carpidas con azada.

### **Parcelas demostrativas del período 2001 - 2004 y ensayo exploratorio de 2002.**

#### Parcelas demostrativas a escala de producción.

Como se mencionara en el capítulo 2.B y con el fin de avanzar en la etapa de transferencia de los sistemas de control ensayados, a partir de 2001 se efectuaron parcelas demostrativas en campo de 5 ha de superficie (tabla 20), en donde los tratamientos de control QM fueron puestos a prueba y optimizados en forma progresiva. Los resultados más importantes que se obtuvieron en cada parcela se sintetizan a continuación.

#### Parcela demostrativa del año 2001.

En esta parcela se hicieron por primera vez pruebas extensivas en campo de los tratamientos QMA2 y QMI2, incluyéndose además en las evaluaciones al clon ‘Guardi’. Se introdujeron asimismo modificaciones en cuanto a los productos intervinientes en la

preparación del caldo, en la configuración de la pulverizadora y en los parámetros de aplicación, buscando aumentar la eficacia de control de los tratamientos y la disminución de los costos de pulverización.

**Tabla 20.** Parcelas demostrativas según el año de realización, clones, tratamientos y tipos de suelos:

<b>Año</b>	<b>Clones evaluados</b>	<b>Tratamientos QM</b>	<b>Suelos</b>
2001	“Stoneville 66” ‘Conti 12’ ‘Guardi’	QM I 2 QM A 2	hapludol típico
2002	“Stoneville 66” ‘Conti 12’ ‘Guardi’	QM I 2	hapludoles típicos hapludoles énticos
2003	“Stoneville 66” “Stoneville 67” ‘Conti 12’ ‘Guardi’	QM I 2 modificado (se redujo la dosis de glifosato de 1,2 a 0,72 kg i.a. · ha <sup>-1</sup> )	hapludoles típicos
2004	“Stoneville 66” ‘Conti 12’ ‘A 568/1’ ‘Guardi’	QM I 2 modificado	hapludoles típicos hapludoles énticos

Además del corrector de pH y secuestrante de cationes (Corrector H NOVA) que se venía utilizado como acondicionador de aguas en las mezclas de tanque, se incorporó otro coadyuvante con propiedades antievaporantes y antideriva (Antideriva NOVA) con el fin de minimizar los efectos del viento sobre los abanicos de pulverización. Se probaron asimismo dos variantes de configuración de la pulverizadora: con botalón corto (4 m de longitud) y dos picos para aplicar sobre dos bandas por pasada (fotografía 1) y con un botalón largo (10,5 m de longitud) con cuatro picos, para aplicar sobre cuatro bandas (fotografía 11). Los parámetros de aplicación también fueron modificados: se incrementó el ancho de la banda pulverizada desde 1,3 a 1,4 m y se elevó la velocidad de avance hasta 3,1 km · h<sup>-1</sup>, lo que derivó en la reducción de la tasa de aplicación desde 324 a 272 l · ha<sup>-1</sup>.

La pulverización de las mezclas de glifosato y herbicidas preemergentes se llevó a cabo el 30 de agosto de 2001, sobre las estacas en dormición de los tres clones. Se efectuaron dos aplicaciones de graminicida durante la primera estación de crecimiento y una en la siguiente. La primavera de 2001 se caracterizó por la ocurrencia de abundantes precipitaciones (gráfico 2) que superaron en más de un 100% al promedio histórico.



**Fotografía 11.** Sistemas de control químico - mecánicos (QM) en parcela demostrativa 2001: aplicación invernal de herbicidas en bandas con botalón largo y cuatro bandas por pasada (izq.) y aspecto de la parcela demostrativa al 23 de enero de 2002 (der.).

Los resultados observados fueron:

- la eficacia de control lograda con los tratamientos fue equivalente a la registrada en los ensayos 2-4 y 2-5, sin que se encontraran nuevas especies de malezas.
- la incorporación del glifosato en mezcla de tanque con los preemergentes permitió alcanzar buenos controles de malezas al comienzo de la primavera, a pesar de algunos sectores de la parcela tenían entre un 30 y un 40 % de cobertura verde de malezas al momento de aplicar los herbicidas; asimismo el agregado del coadyuvante antideriva mejoró la calidad de la pulverización por disminución de la deriva, sin que se observara incompatibilidad en el mezclado con los demás agroquímicos. No se observaron efectos apreciables de la disminución de la tasa de aplicación sobre las eficacias de control de los tratamientos.
- durante la primera estación de crecimiento se registraron síntomas de fitotoxicidad en el tratamiento QMA2 debidos al herbicida atrazina (fotografía 12). La incidencia de los síntomas fue general (afectó a los tres clones) y su severidad variable según el sector de la parcela. La mayoría de las plantas se recuperó de los síntomas hacia el otoño de 2002. No se observaron síntomas de fitotoxicidad atribuibles a imazaquín ni a glifosato.



**Fotografía 12.** Síntomas de fitotoxicidad por atrazina en la parcela demostrativa 2001: plantas de los clones ‘Guardi’ (arriba izq.), ‘Conti 12’ (arriba der.) y “Stoneville 66” (abajo izq.) con síntomas leves y planta del clon “Stoneville 66” con síntomas agudos y defoliación total (abajo der.); 14 de diciembre de 2001.

- el conjunto tractor - pulverizadora con botalón corto tuvo un buen comportamiento cuando transitó con mayor velocidad ( $3,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Con el botalón largo en cambio las irregularidades del terreno hicieron variar significativamente la altura de los picos de los extremos respecto del suelo, y por ende el ancho de banda pulverizada, desaconsejándose su uso cuando se trata como en este caso de botalones fijos al chasis de la pulverizadora.

### Parcelas demostrativas del año 2002.

En la realización de estas parcelas se volcaron las experiencias adquiridas durante el año 2001: se utilizaron los mismos clones en similares condiciones de sitio, pero sólo se evaluó el tratamiento QMI2 y la pulverizadora fue equipada con el botalón corto. Se efectuaron también cambios menores a los parámetros de aplicación, incrementando la velocidad de avance hasta  $3,9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y reduciendo la tasa de aplicación hasta  $260 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

#### Resultados:

- la eficacia de control observada se mantuvo en niveles similares a los logrados con la parcela anterior y los ensayos 2-4 y 2-5; la reducción de la tasa de aplicación y el incremento de la velocidad de avance no disminuyeron las eficacias de control (fotografía 13).



**Fotografía 13.** Parcelas demostrativas año 2002: plantación del clon “Stoneville 66” sobre un hapludol típico, 24 de setiembre de 2002 (izq.) y plantación del clon ‘Conti 12’ sobre un hapludol éntico, 25 de octubre de 2002.

- se observaron síntomas de fitotoxicidad atribuibles al herbicida glifosato en los sectores implantados con los clones ‘Conti 12’ y ‘Guardi’ (fotografía 14). Los síntomas se detectaron en octubre de 2002 y tuvieron una incidencia aproximada del 60% con severidades variables; estos síntomas estuvieron ausentes en los sectores implantados con el clon “Stoneville 66”. La totalidad de las plantas intoxicadas revirtió los síntomas hacia fines del verano de 2003, aunque las estacas más afectadas tuvieron pérdidas en altura de entre el 20 y el 30 % luego del

primer año de crecimiento. Síntomas similares también aparecieron cuando el tratamiento QMI2 se empleó en el ensayo 2-6 (véase más adelante).



**Fotografía 14.** Fitotoxicidad causada posiblemente por glifosato en parcelas demostrativas del año 2002: Plantas de los clones ‘Conti 12’ (arriba izq.) y ‘Guardi’ (abajo izq.) del tratamiento QMI2 con la totalidad de los brotes afectados por el herbicida y a la derecha plantas testigo de cada clon sin la aplicación de herbicidas; 25 de octubre de 2002.

Parcelas demostrativas del año 2003.

En estas parcelas los principales cambios se orientaron a evitar la aparición de fitotoxicidad por glifosato, cuyos síntomas se habían observado en las parcelas de 2002 y en el ensayo 2-6: se redujo de 1,2 a 0,72 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> la dosis de glifosato componente del tratamiento QMI2, y como medida complementaria se dejó transcurrir como mínimo diez días desde el momento de implantación de las estacas en campo hasta la aplicación invernal de herbicidas. En esta oportunidad se incorporó el clon *P. deltoides* “Stoneville 67” a las pruebas, para evaluar su comportamiento ante la aplicación de herbicidas.

#### Resultados:

-el nivel de control logrado fue en general comparable al de las parcelas anteriores (fotografía 15). En una parcela sin embargo se observaron abundantes escapes de cardos hacia los 120 DDT y en sectores localizados, que fueron controlados en forma manual con machete en enero de 2004. La realización de esta tarea demandó 1,3 jornales · ha<sup>-1</sup>.

- no se observaron síntomas de fitotoxicidad en ninguno de los clones ensayados.



**Fotografía 15.** Parcelas demostrativas del año 2003: estado de la parcela del clon “Stoneville 66”; 3 de diciembre de 2003.

### Parcelas demostrativas del año 2004.

Las parcelas de 2004 incluyeron un nuevo clon (*P. × canadensis* 'A 568/1') y sirvieron para evaluar el comportamiento de las boquillas Teejet AI 9505EVS y AIUB8504VS. Ambos modelos tienen un efecto antideriva mejorado respecto de la serie DG y en el caso de las boquillas AIUB se trata de abanicos planos con perfil excéntrico (Teejet, 2004) que permitieron efectuar la pulverización de dos bandas completas por pasada cuando las plantaciones tuvieron más de 1,5 m de altura.

#### Resultados:

- las eficacias de control y los escapes observados fueron similares a los de las parcelas de 2003 (fotografía 16) con la excepción de madreselva y zarzamora, dos especies perennes nuevas que se encontraron en sectores localizados de las parcelas (tabla 21). Fue necesario realizar un control con machete de los escapes de cardos hacia mediados del verano, así como también de madreselva y zarzamora que no fueron afectadas por los herbicidas.

**Tabla 21.** Nuevas especies de malezas encontradas en las parcelas demostrativas 2004.

Nombre científico	Nombre vulgar	Origen <sup>1</sup>	Ciclo <sup>2</sup>	Abundancia <sup>3</sup>
<i>Lonicera japonica</i>	madreselva	E	P	2
<i>Rubus ulmifolius</i>	zarzamora	E	P	2

(1) N (especie nativa), E (especie exótica).

(2) ciclo de vida: A (anual), B (bienal), P (perenne).

(3) escala de abundancia media durante los ensayos: 1 (rara), 2 (frecuente), 3 (abundante), 4 (muy abundante).

- no se detectaron síntomas de fitotoxicidad por los tratamientos con herbicidas en ninguno de los clones ensayados.

- ambos modelos de boquilla tuvieron un buen comportamiento en condiciones de campo. El modelo AIUB sin embargo, por presentar un ángulo de abanico reducido (85°), requiere de

alturas de trabajo mayores a 1 m para lograr un ancho de banda de 1,4 m, lo cual limitó su eficacia como boquilla antideriva.



**Fotografía 16.** Parcelas demostrativas 2004: control de malezas obtenido en la parcela de “Stoneville 66” (izq., 22 de setiembre de 2004) y vista de la parcela del clon ‘A 568/1’ (der., 30 de setiembre de 2005) con un año de edad pulverizada con abanicos planos excéntricos.

#### Ensayo 2-6.

Este ensayo se llevó a cabo en la etapa final de experimentación sobre sistemas de control de malezas y tuvo tres objetivos principales. En primer lugar se realizaron nuevamente tratamientos T- y T+, pero esta vez con modificaciones en las técnicas empleadas para controlar las malezas en T+. Así, en lugar de utilizar carpidas repetidas alrededor de las plantas como en el ensayo 2-1, los controles se hicieron con herbicidas aplicados en forma dirigida (fotografía 3) y sobre la totalidad de la parcela (incluyendo entrefilas); con esto se buscó reducir la cobertura de malezas evitando los disturbios físicos sobre el suelo, para de este modo obtener mejores estimaciones del crecimiento del cultivo libre de interferencia. El segundo objetivo fue comparar el crecimiento de los álamos en un sistema QM respecto de un sistema QT, resultante de efectuar los tratamientos químicos en cobertura total en lugar de en bandas. Por último se buscó información adicional sobre los efectos de la fertilización localizada en los distintos sistemas de control y sus posibles interacciones.

Durante la primera temporada de crecimiento del ensayo ocurrieron abundantes precipitaciones (gráfico 3) que determinaron excesos de humedad en el perfil e incluso períodos de anegamiento temporarios. Por este motivo la aplicación de la primera dosis de urea que estaba prevista para finales de setiembre tuvo que ser demorada hasta el 11 de diciembre de 2002. La segunda temporada en cambio tuvo una primavera húmeda y con registros de lluvias normales para el sitio, mientras que el verano fue seco.

*Evolución de la comunidad de malezas y síntomas de fitotoxicidad en el cultivo:*

La comunidad de malezas fue marcadamente homogénea en los distintos bloques y parcelas. La composición de especies resultó muy similar a la encontrada en los ensayos anteriores (tablas 4 y 18), ya que sólo se relevaron cuatro especies nuevas (tabla 22), que tuvieron una participación secundaria en las coberturas.

**Tabla 22.** Nuevas especies de malezas encontradas en el ensayo 2-6.

<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre vulgar</b>	<b>Origen<sup>1</sup></b>	<b>Ciclo<sup>2</sup></b>	<b>Abundancia<sup>3</sup></b>
<i>Leonurus sibiricus</i>	cuatro cantos	E	B	2
<i>Morus alba</i>	mora	E	P	1
<i>Solanum diflorum</i>	revienta caballos	N	P	1
<i>Wedelia glauca</i>	sunchillo	N	P	1

(1) N (especie nativa), E (especie exótica).

(2) ciclo de vida: A (anual), B (bienal), P (perenne).

(3) escala de abundancia media durante los ensayos: 1 (rara), 2 (frecuente), 3 (abundante), 4 (muy abundante).

Los cambios ocurridos en las parcelas de los distintos tratamientos se correspondieron en sus aspectos más importantes con la evolución que tuvieron las comunidades en los ensayos anteriores. Es por ello que en este ensayo se aporta una síntesis de los relevamientos realizados durante la primera y segunda temporadas de crecimiento.

Período de crecimiento 2002 - 2003:

Al comienzo del ensayo el 13 de agosto de 2002 la cobertura verde de malezas en el sitio era mínima. A partir de esa fecha se efectuaron registros de cobertura en las bandas y en las entrefilas, para así poder comparar las eficacias de control logradas sobre estas últimas por los tratamientos QM y QT (tabla 23). En las parcelas T- y hacia los 60 DDT las malezas alcanzaron coberturas verdes cercanas al 100% (fotografía 17), dominadas por especies de dicotiledóneas. A partir de ese momento ocurrieron fluctuaciones en la cobertura debidas a cambios fenológicos y de especies componentes, observándose un incremento gradual de la participación de gramíneas hacia los 300 DDT. Los tratamientos químicos dirigidos que se realizaron en las parcelas T+ disminuyeron la cobertura verde respecto de T- entre un 15 y un 93% según las fechas, sin que se pudieran alcanzar controles absolutos (tabla 23). No obstante esto el tratamiento se consideró altamente efectivo en cuanto a evitar la interferencia por malezas, ya que en la mayoría de los casos las coberturas estuvieron dadas por especies que por sus hábitos rastreros determinaron altas coberturas con baja biomasa por m<sup>2</sup> (alfilerillos, verdolaga, *Anagallis arvensis*, ombusillo y matas aisladas de trebol blanco) y posiblemente bajo potencial de interferencia a las densidades observadas.



**Fotografía 17.** Parcelas principales del ensayo 2-6 a los 60 DDT de la primera temporada de crecimiento: testigo positivo (T+; arriba izq.), testigo negativo (T-; arriba, der.), control químico mecánico (QM; abajo, izq.) y control químico total (QT; abajo, der.).

**Tabla 23.** Eficacia de control de malezas en las entrefilas y las bandas para los distintos tratamientos del ensayo 2-6 durante el período de crecimiento 2002 - 2003.

Tratamientos	Eficacia de control									
	2002 - 2003 <sup>a</sup>									
a - c: control de malezas	60 DDT entre filas	60 DDT bandas	120 DDT entre filas	120 DDT bandas	180 DDT entre filas	180 DDT bandas	240 DDT entre filas	240 DDT bandas	300 DDT entre filas	300 DDT bandas
	%									
<b>a. QM I2</b>	11,1 a	73,2 a	90 c	15 a	20,4 b	16,6 a	12,9 b	10,2 a	15,6 b	8,3 a
<b>b. QT I2</b>	81,1 c	82 ab	10,5 a	13,8 b	10,1 a	11,9 a	7,8 a	10,5 b	5 a	6,6 a
<b>c. T +</b>	80,9 b	80,3 b	50 b	57,2 c	15,5 ab	22,1 b	93,2 c	92,1 c	49,1 c	61,4 b
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)									
<b>ANAVA</b>										
<b>control de malezas</b>	<0,0001	0,014	<0,0001	<0,0001	0,016	0,0095	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

<sup>a</sup> dentro de cada columna se muestran las medias de los tratamientos, pero letras distintas representan diferencias significativas entre medias de rangos (test de Friedman  $T^2$ ).

**Tabla 24.** Eficacia de control de malezas en las entrefilas y las bandas para los distintos tratamientos del ensayo 2-6 durante el período de crecimiento 2003 - 2004.

Tratamientos	Eficacia de control									
	2003 - 2004 <sup>a</sup>									
a - c: control de malezas	0 DDT entre filas	0 DDT bandas	60 DDT entre filas	60 DDT bandas	120 DDT entre filas	120 DDT bandas	180 DDT entre filas	180 DDT bandas	240 DDT entre filas	240 DDT bandas
	%									
<b>a. QM I2</b>	21,3 a	4,7 a	55,8 c	25,2 a	12,5 b	11,9 b	-49,7 a	-30,5 a	-27,9 a	7 b
<b>b. QT I2</b>	12,6 a	16,2 b	9,8 a	17,3 a	-12,9 a	-7 a	-30,6 b	-28,3 a	31,6 b	6,8 a
<b>c. T +</b>	27,5 b	54,8 c	51,6 b	54,8 b	8,4 c	19,6 c	-17,5 b	20,3 b	74,2 c	80,1 c
	<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)									
<b>ANAVA</b>										
<b>control de malezas</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

<sup>a</sup> dentro de cada columna se muestran las medias de los tratamientos, pero letras distintas representan diferencias significativas entre medias de rangos (test de Friedman  $T^2$ ).

Las eficacias de control logradas por los sistemas QM y QT sobre las bandas de plantación fueron similares a los 60, 180 y 300 DDT, mientras que el control QT tuvo eficacias significativamente mayores a los 120 y 240 DDT. Las eficacias alcanzadas por los tratamientos según la escala EWRC fueron regulares a los 60 DDT, para luego caer a valores mínimos pero siempre positivos (tabla 23). En las entrefilas en tanto se detectaron diferencias significativas en todas las fechas de relevamiento: a los 60 DDT el control QT tuvo una mayor eficacia que QM pues no se habían efectuado las labores con rastra de disco hasta ese momento, pero luego de realizadas el control QM siempre fue más eficaz que el control QT. Las principales especies que escaparon al control en las bandas QM y en las parcelas QT fueron dicotiledóneas (cardos, vara de oro, falsa biznaga, malva silvestre, nabo), con coberturas importantes desde los 120 DDT en adelante. Los herbicidas tuvieron un buen control de gramíneas, por lo que los escapes de estas especies fueron secundarios, y compuestos en muchos casos por pasto cuaresma. En las entrefilas de las parcelas QM en cambio se incrementó gradualmente la cobertura de gramón y sorgo de Alepo, que pasaron a dominar las entrefilas luego de los 180 DDT. A nivel de las sub-sub-parcelas con distintas dosis de urea se observó una tendencia a encontrar los escapes más desarrollados de malezas en las inmediaciones de las plantas fertilizadas. Esta característica se percibió con especies como raigrás a los 90 DDT y cardos a los 180 DDT.

Los escapes avanzados o senescentes de cardos, vara de oro, falsa biznaga, malva silvestre y nabo que ocurrieron en los sistemas QM y QT dificultaron las aplicaciones del graminicida, ya que muchas veces se engancharon en el botalón así como también se interpusieron entre los abanicos de pulverización y las gramíneas, impidiendo la llegada de las gotas a estas últimas. Estos efectos fueron más importantes en el tratamiento QT por no incluir pasadas con rastra en las entrefilas, aunque también estuvieron presentes en las bandas de QM.

En el relevamiento de los 60 DDT se encontraron síntomas de fitotoxicidad por glifosato en las plantas de los clones 'Conti 12' y 'Guardi' de los tratamientos QM y QT, similares a los citados en la parcela demostrativa de 2002 (fotografía 14). La incidencia de los síntomas fue del 76,5%, con una severidad media del 30%. Todas las plantas afectadas evolucionaron favorablemente, llegando a un estado asintomático en el relevamiento realizado a los 120 DDT y sin que se registrara mortandad debida al herbicida. Hubo sin embargo un 8,1% de estas plantas (12 plantas) que tuvieron síntomas más severos y pérdidas de crecimiento: la comparación de los crecimientos en altura de este grupo de plantas respecto de otras estacas asintomáticas de los mismos tratamientos reveló que las pérdidas medias en

altura atribuibles a los efectos del glifosato fueron del 30,5 % luego del primer año. Una vez identificadas, estas 12 plantas fueron evaluadas por separado y sus respuestas excluidas de los promedios por parcela que se emplearon en los ANAVA.

Período de crecimiento 2003 - 2004:

En este período las eficacias de control observadas tuvieron mayor variabilidad que en la temporada anterior y presentaron tendencias menos definidas. En general las mayores diferencias en cobertura verde respecto de T- se obtuvieron en las parcelas T+ (tabla 24). Las eficacias de control logradas con los tratamientos QM y QT fueron menores que en el período anterior (muy pobres a nulas) e incluso negativas. En las entrefilas no se encontraron diferencias significativas a los 0 DDT, mientras que a los 60 y 120 DDT las pasadas con rastra de discos del control QM fueron más efectivas que los herbicidas del control QT debido a que en este último tratamiento ocurrieron más escapes de dicotiledóneas (cardos, trebol blanco, lupulina). En los períodos siguientes la tendencia se invirtió a favor del tratamiento QT, debido al incremento en cobertura verde de gramón, sorgo de Alepo y pasto cuaresma en las entrefilas disquedadas de QM. El control en las bandas fue nulo según la escala EWRC en todas las fechas, aunque resultó mejor en QT a los 0 DDT y lo contrario ocurrió en los 120 y 240 DDT.

En los relevamientos realizados a los 120 y 180 DDT se observó nuevamente un mayor crecimiento en altura de las malezas alrededor de las plantas de las parcelas fertilizadas. Las especies más frecuentes en los escapes mencionados fueron raigrás y cardos.

Durante este período no se encontraron nuevos síntomas de fitotoxicidad por herbicidas. Las pérdidas de crecimiento en altura de las 12 plantas que resultaron más afectadas el año anterior fueron menores (del 18,7 % respecto de las plantas sanas) luego de la segunda temporada y resultaron del 11,2% en promedio al finalizar el período 2004 - 2005.

*Respuesta de los clones “Stoneville 66”, ‘Conti 12’ y ‘Guardi’ a los tratamientos:*

La sobrevivencia resultó la única variable de respuesta en donde no se encontraron diferencias significativas, siendo del 100% en todos los tratamientos. Este porcentaje se mantuvo tanto en las parcelas T- con interferencia completa de malezas, como en los

tratamientos QM y QT en donde se observó fitotoxicidad por herbicidas pero las plantas afectadas se recuperaron.

**Tabla 25.** Respuesta de los clones ‘Stoneville 66’, ‘Conti 12’ y ‘Guardi’ en los distintos tratamientos del ensayo 2-6 durante el período de crecimiento 2002 - 2005.

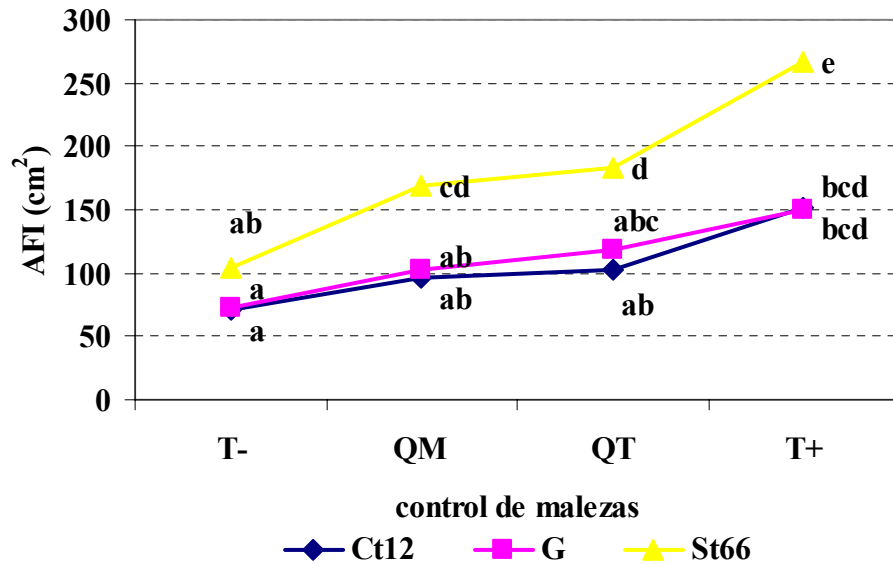
Factores:	Crecimiento <sup>a</sup>							
	período 2002 - 2005							
	2003			2004		2005		
	AFI	At	Vcc	At	Vcc	At	AB	fustes / planta
	cm <sup>2</sup>	m	dm <sup>3</sup>	m	dm <sup>3</sup>	m	dm <sup>2</sup>	
<b>a. T-</b>	82,5 a	2,04 a	0,24 a	3,39 a	1,75 a	6,22 a	0,24 a	1,15 a
<b>b. QM I2</b>	122,5 ab	2,65 b	1,09 b	5,19 b	7,85 b	8,56 b	0,65 b	1,48 b
<b>c. QT I2</b>	134,6 ab	2,91 b	1,19 b	6,12 b	12,36 c	9,77 bc	0,97 c	1,84 c
<b>d. T +</b>	189,3 b	3,35 c	2,15 c	7,08 c	19,47 d	10,34 c	1,21 c	1,90 c
<b>1. Stoneville 66</b>	180,4 b	2,74 b	1,06 a	5,31 b	6,85 a	8,81 b	0,64 a	1,01 a
<b>2. Conti 12</b>	105,4 a	2,30 a	1,04 a	4,78 a	7,39 a	7,89 a	0,69 a	2,08 c
<b>3. Guardi</b>	110,9 a	3,17 c	1,40 b	6,25 c	16,83 b	9,47 c	0,97 b	1,69 b
<b>I. 0</b>	123,2 a	2,56 a	0,90 a	5,12 a	8,63 a	8,37 a	0,67 a	1,48
<b>II. 22,5</b>	129,1 ab	2,71 b	1,12 ab	5,38 b	9,99 b	8,69 b	0,77 b	1,65
<b>III. 45</b>	135,8 ab	2,83 bc	1,36 b	5,66 c	11,40 c	8,93 b	0,81 b	1,61
<b>IV. 67,5</b>	140,8 b	2,84 c	1,27 b	5,62 c	11,41 c	8,90 b	0,82 b	1,63
<i>P</i> (ns = <i>P</i> >0,10)								
<b>ANAVA</b>								
control de malezas	0,011	0,0001	0,0003	0,0001	<0,0001	0,0005	0,0001	<0,0001
clon	<0,0001	<0,0001	0,0039	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
fertilización	0,008	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns
control de malezas x clon	0,036	0,044	ns	0,041	<0,0001	ns	0,088	-
control de malezas x fertilización	ns	ns	ns	0,022	0,049	ns	0,004	-
clon x fertilización	ns	ns	ns	0,044	0,0052	0,044	ns	-
control de malezas x clon x fertilización	ns	0,078	ns	ns	ns	ns	ns	-

(\*) g . planta<sup>-1</sup> de N en forma de urea.

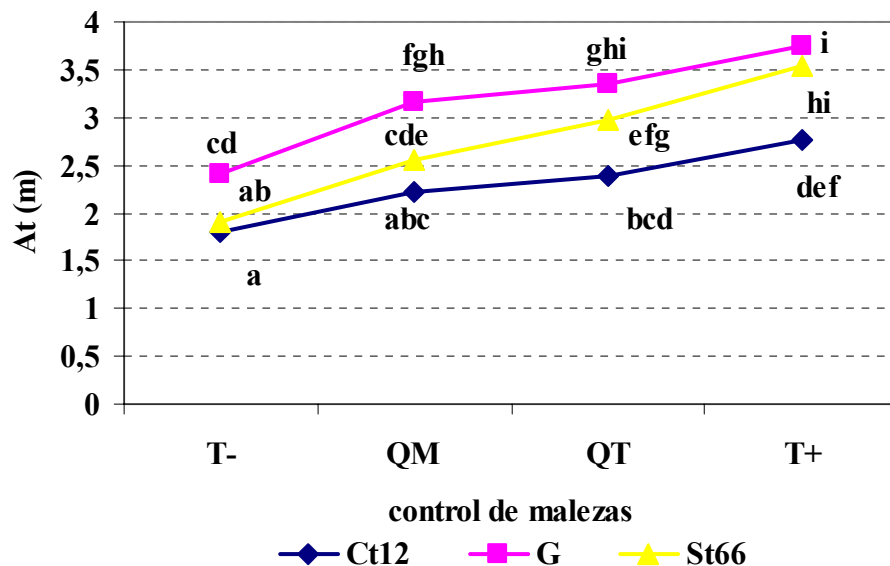
<sup>a</sup> las medias dentro de cada columna seguidas de letras distintas presentan diferencias significativas (test de Tukey HSD; 0,05), excepto en la variable fustes por planta para la que se muestran las medias de los tratamientos, pero letras distintas representan diferencias significativas entre medias de rangos (test de Friedman *T*<sup>2</sup>).

Al promediar la primera estación de crecimiento se detectaron diferencias significativas en el tamaño de las hojas (AFI) según los tres factores analizados (tabla 25): las plantas que fueron fertilizadas con 67,5 g de N tuvieron AFI mayores que aquellas sin fertilización; a su vez se encontraron mayores AFI en el clon “Stoneville 66” y en las parcelas testigo positivo (T+) respecto de las T-, sin diferencias significativas entre QM y QT. La interacción entre los factores clon y control de malezas fue significativa, provocada por la

diferencia en los incrementos del AFI entre el clon “Stoneville 66” (*P. deltoides*) y los clones ‘Conti 12’ y ‘Guardi’ (ambos *P. × canadensis*) ante niveles crecientes de control de malezas (gráfico 6).



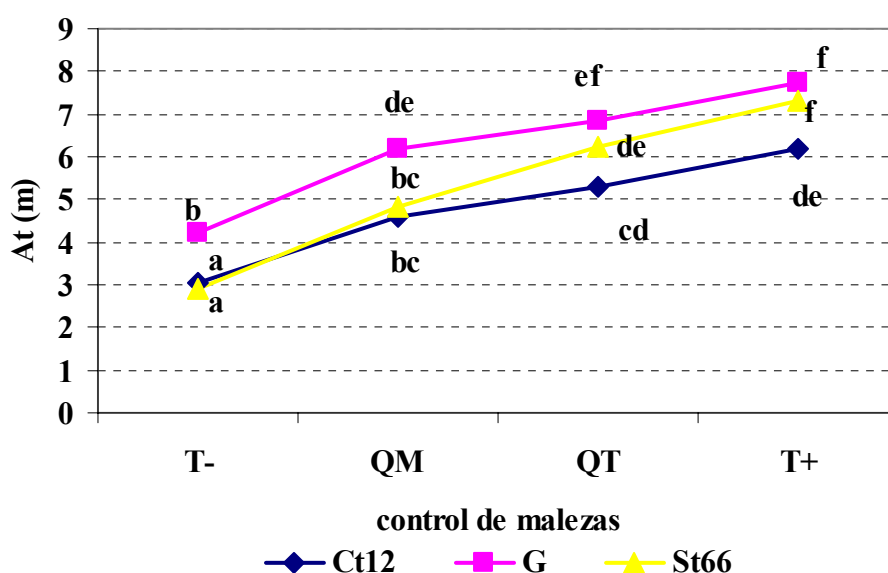
**Gráfico 6.** Área foliar individual (AFI, cm<sup>2</sup>) para los clones “Stoneville 66”(St66), ‘Conti 12’ (Ct12) y ‘Guardi’ (G) en los distintos tratamientos de control de malezas. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); 7 de febrero de 2003.



**Gráfico 7.** Altura total (At, m) para los clones “Stoneville 66” (St66), ‘Conti 12’ (Ct12) y ‘Guardi’(G) en los distintos tratamientos de control de malezas. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2003.

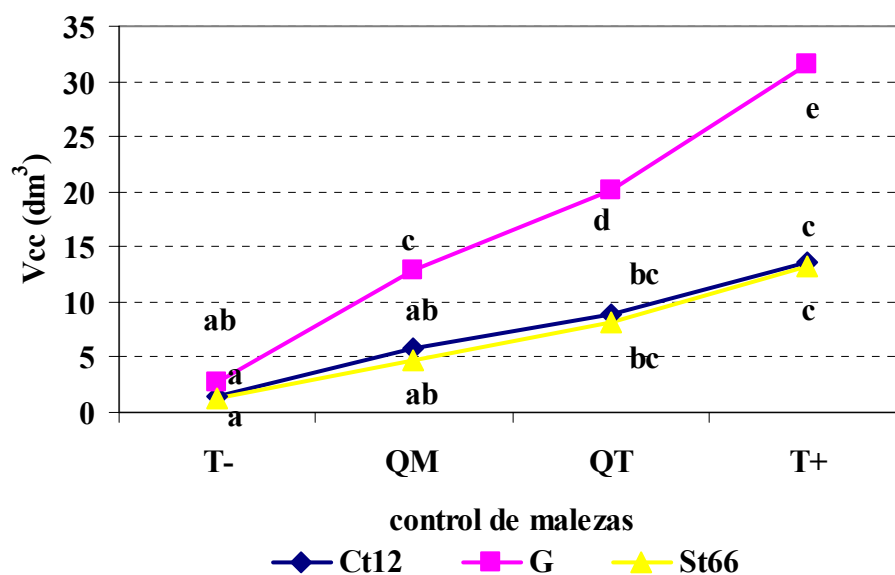
Una vez finalizada la primera temporada los controles de malezas QM y QT lograron alturas totales (At) y volúmenes de leño con corteza (Vcc) superiores a T-, aunque sin diferencias significativas entre sí, mientras que los mayores valores se obtuvieron en las parcelas T+. El clon ‘Guardi’ superó a los demás materiales tanto en At como en Vcc. La fertilización con 67,5 g de N provocó incrementos significativos en ambas variables respecto del tratamiento sin fertilización, los que en menor medida también aparecieron para las At entre las dosis de 22,5 y 45 g de N respecto del testigo. Nuevamente las diferencias en los patrones de respuesta en At principalmente de los clones ‘Conti 12’ y ‘Guardi’ respecto de “Stoneville 66” provocaron una interacción significativa con el control de malezas (gráfico 7).

En la temporada 2003 - 2004 las tendencias observadas en las respuestas se acentuaron, a la vez que se detectaron en ambas variables interacciones significativas entre factores. Los crecimientos en At y Vcc de los tratamientos QM y QT continuaron superando a T- en forma significativa, pero sin alcanzar los valores de T+. En el Vcc la diferenciación entre tratamientos fue mayor, y por primera vez se encontró una respuesta superior de QT respecto de QM (tabla 25). El clon ‘Guardi’ fue nuevamente el material más destacado, con At y Vcc superiores a los otros clones. Las dosis de 67,5 y 45 g de N por planta determinaron diferencias significativas de At y Vcc respecto de la dosis de 22,5 g y a su vez todas las dosis tuvieron crecimientos mayores que las parcelas sin fertilizar.



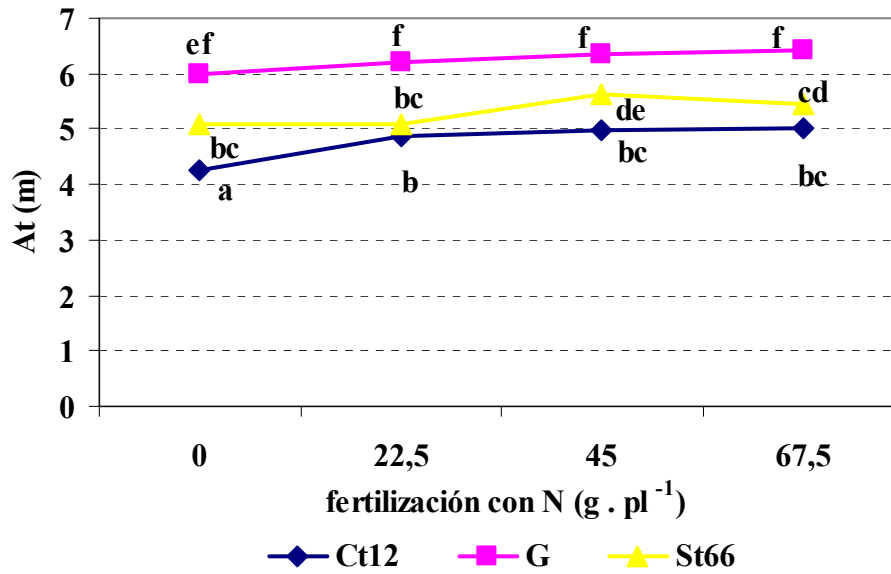
**Gráfico 8.** Altura total (At, m) para los clones “Stoneville 66” (St66), ‘Conti 12’ (Ct12) y ‘Guardi’(G) en los distintos tratamientos de control de malezas. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2004.

Todas las interacciones entre dos factores resultaron significativas (tabla 25) y pusieron en evidencia contrastes marcados en los comportamientos de los clones para las dos variables de crecimiento que se evaluaron. Así, la interacción clon - control de malezas para At (gráfico 8) tuvo un patrón muy similar a la interacción entre estas variables que se encontró durante el primer año (gráfico 7), mientras que para Vcc los comportamientos fueron distintos, ya que la interacción estuvo dada por la respuesta diferencial del clon ‘Guardi’ (gráfico 9). En el análisis de la interacción clon - fertilización también se observan estas diferencias, pues los clones que tienen mayores variaciones en At según las dosis de fertilizante fueron “Stoneville 66” y ‘Conti 12’ (gráfico 10), mientras que lo contrario ocurre para el Vcc, en donde ‘Guardi’ tuvo las mayores respuestas (gráfico 11). La fertilización a su vez tuvo efectos diferentes según el control de malezas realizado en la parcela: las diferencias logradas con el aporte de N fueron mayores en los tratamientos QM y QT, en tanto que en los testigos fueron en general no significativas (gráficos 12 y 13).

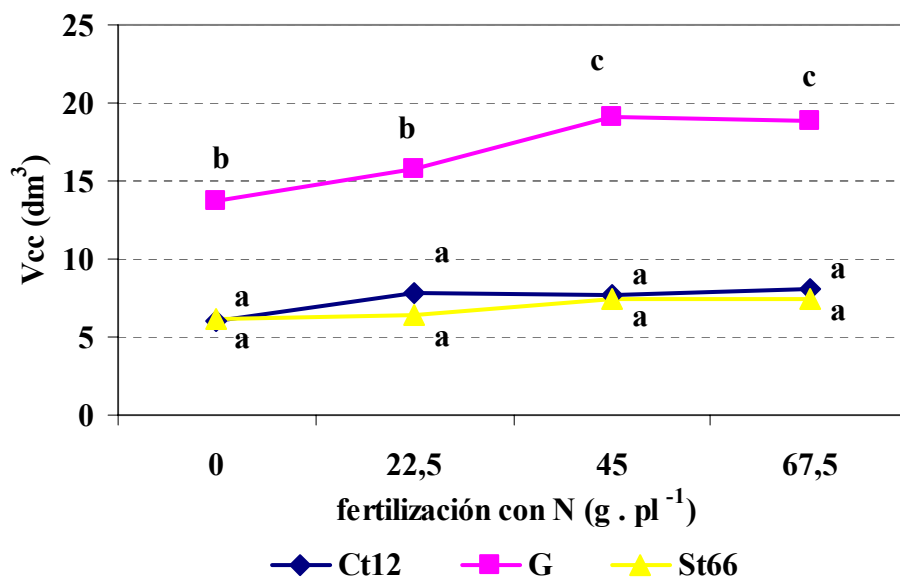


**Gráfico 9.** Volumen de leño con corteza (Vcc, dm<sup>3</sup>) para los clones “Stoneville 66” (St66), ‘Conti 12’ (Ct12) y ‘Guardi’(G) en los distintos tratamientos de control de malezas. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2004.

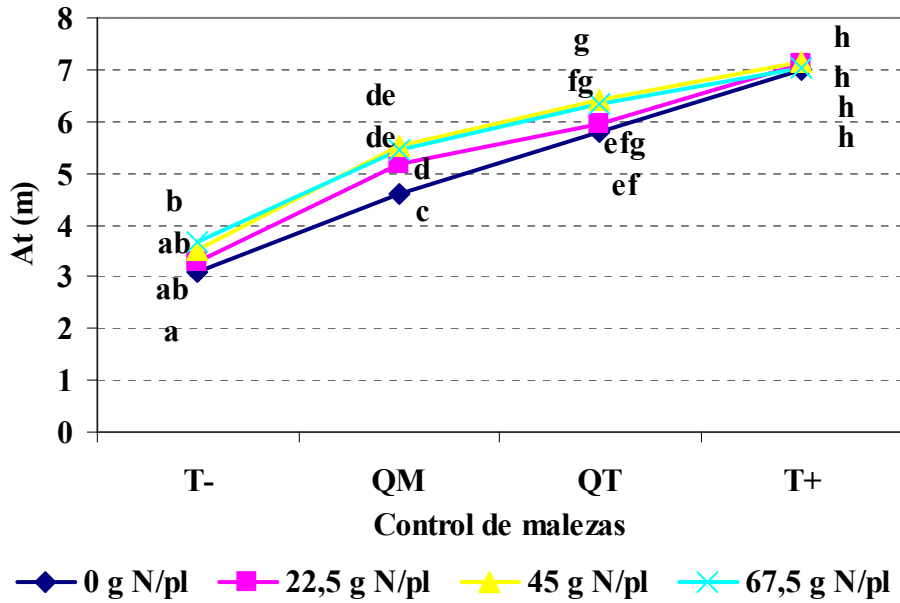
Luego del tercer año de crecimiento las respuestas en At según los tratamientos de control de malezas y los clones fueron similares al año anterior, mientras que para el factor fertilización las dosis de N tuvieron crecimientos semejantes entre sí, aunque mayores que el testigo sin fertilizar.



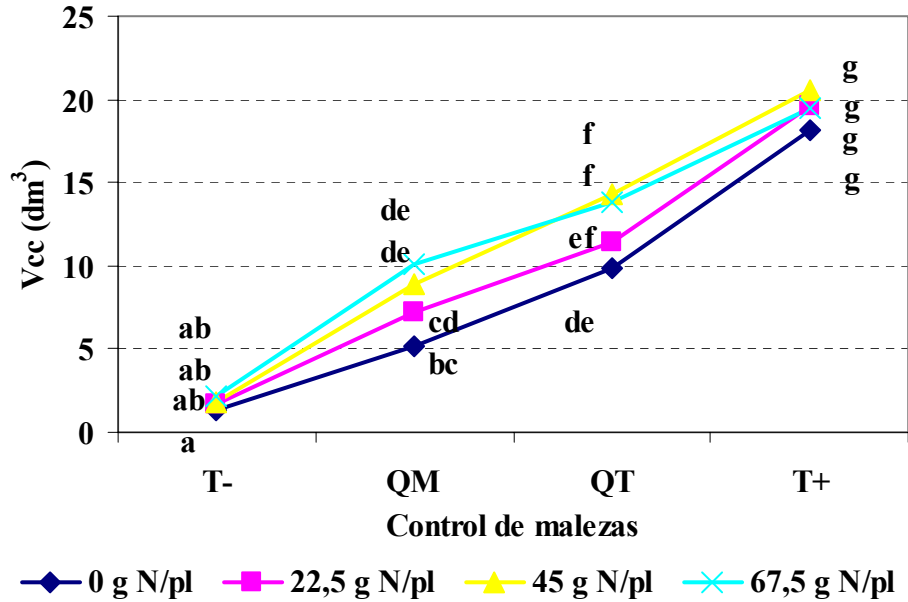
**Gráfico 10.** Altura total (At, m) para los clones ‘Stoneville 66’ (St66), ‘Conti 12’ (Ct12) y ‘Guardi’(G) ante diferentes dosis de N en forma de urea. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2004.



**Gráfico 11.** Volumen de leño con corteza (Vcc, dm<sup>3</sup>) para los clones ‘Stoneville 66’ (St66), ‘Conti 12’ (Ct12) y ‘Guardi’(G) ante diferentes dosis de N en forma de urea. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2004.



**Gráfico 12.** Altura total (At, m) de los tres clones según diferentes dosis de N y tratamientos de control de malezas. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2004.

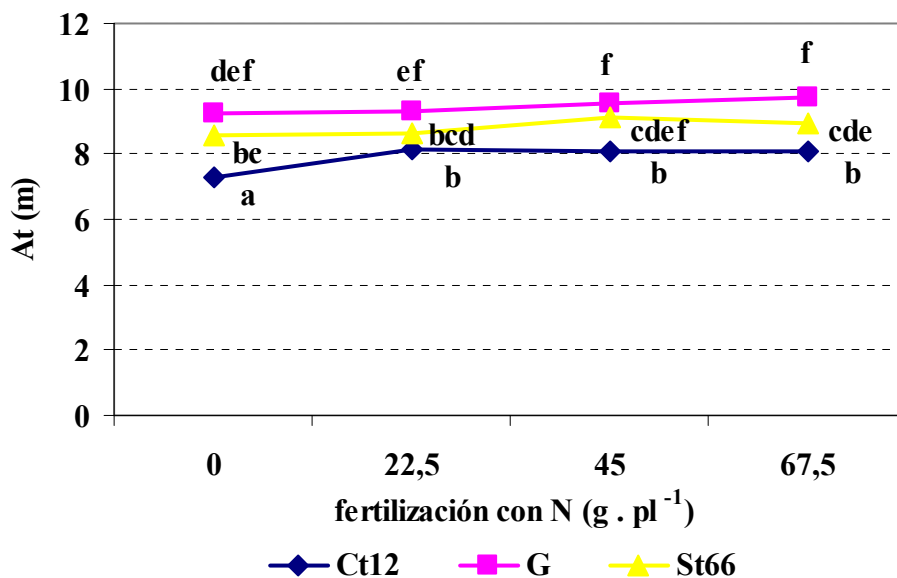


**Gráfico 13.** Volumen de leño con corteza (Vcc, dm³) de los tres clones según diferentes dosis de N y tratamientos de control de malezas. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2004.

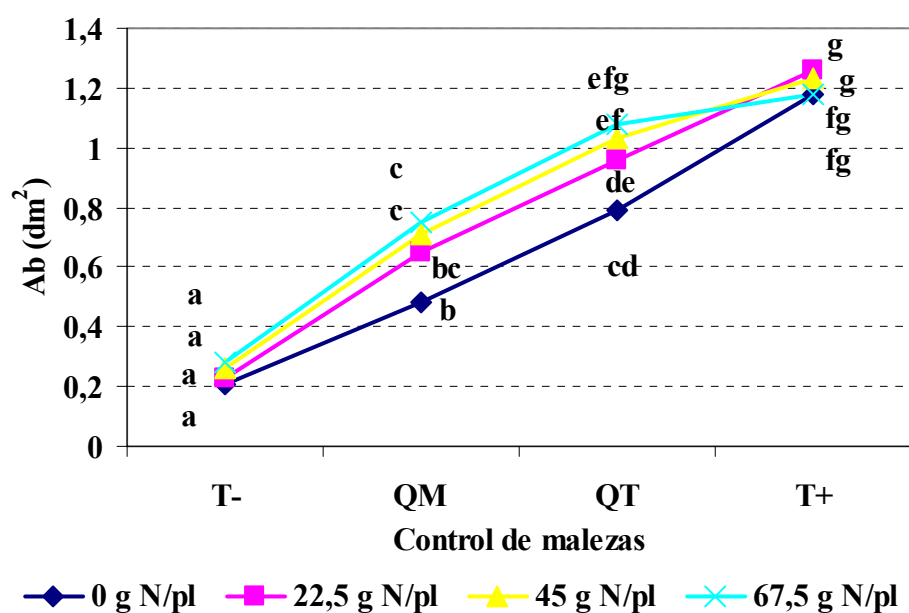
Un comportamiento similar se encontró para el área basal (AB), aunque en esta variable ocurrieron diferencias significativas entre los tratamientos QT y QM (tabla 25).

En este período se determinaron sólo dos interacciones significativas. La interacción clon - fertilización para la variable At (gráfico 14) fue similar a la encontrada en 2004 (gráfico 10), y la interacción fertilización - control de malezas para AB también tuvo semejanzas con las halladas para At y Vcc el año anterior (gráficos 12 y 13).

Por último se evaluó la influencia del material clonal, la fertilización y el control de malezas sobre la arquitectura de copa del cultivo, a través del relevamiento del número de fustes o guías principales por planta. Los clones ‘Guardi’ y en particular ‘Conti 12’ produjeron en promedio más fustes por planta que “Stoneville 66”. Se encontró también una tendencia a que el cultivo tuviera más fustes ante niveles crecientes de control de malezas, mientras que no hubo efectos significativos de la fertilización sobre el número de fustes. Debido al método estadístico empleado para analizar esta variable no pudieron evaluarse las posibles interacciones entre los factores involucrados.



**Gráfico 14.** Altura total (At, m) para los clones “Stoneville 66” (St66), ‘Conti 12’ (Ct12) y ‘Guardi’(G) ante diferentes dosis de N en forma de urea. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2005.



**Gráfico 15.** Area basal por planta (AB,  $\text{dm}^2$ ) de los tres clones según diferentes dosis de N y tratamientos de control de malezas. Letras distintas representan diferencias significativas entre medias (test de Tukey HSD; 0,05); invierno de 2005.

## 2. D. Discusión.

### Composición específica de las comunidades y su variación en el tiempo.

En los relevamientos efectuados durante los ensayos se registraron 65 especies de malezas, de las cuales siete fueron muy abundantes en cuanto a frecuencia y cobertura (falsa biznaga, cebadilla criolla, falso cardo negro, cardo negro, gramón, raigrás y sorgo de Alepo), seguidas en importancia por otras 14 especies (malva silvestre, nabo, quínoa, vira vira, chufa, lupulina, enredadera anual, vara de oro, cerraja, chinchilla, trebol blanco, verbena, vicia y violeta silvestre) (tablas 4, 18, 21 y 22); la mayoría de ellas se corresponde con las especies encontradas en los trabajos de Borzone y Saint Andre (1993), Delle Coste y Di Lázaro (1969) y Echeverría y Martinuzzi (1991), tratándose de malezas cosmopolitas y / o muy difundidas en cultivos agrícolas del país (Marzocca, 1986). Algunas de estas especies son malezas características de alfalfares y campos de pastoreo, así como también plantas forrajeras (trebol blanco, trebol rojo, raigrás, festuca, falaris, vicia), que posiblemente formaron parte de pasturas o verdes y permanecieron en los sitios para posteriormente recolonizarlos. La presencia de este tipo de malezas se explicaría en que las actividades productivas tradicionales

que se llevaron a cabo en el Establecimiento María Dolores hasta finales de la década del 70 fueron la agricultura y la ganadería, y que su transformación en un campo forestal es relativamente reciente. Desde el punto de vista de su estrategia de vida la mayoría de las especies mencionadas corresponde a plantas ruderales, un grupo funcional que generalmente domina las etapas serales iniciales de las sucesiones secundarias luego del aprovechamiento de los bosques (Booth *et al.*, 2003) y que es frecuente en plantaciones jóvenes de salicáceas ubicadas en sitios agrícolas (Sage, 1999). Las plantas ruderales tienden a maximizar la reproducción y el crecimiento, y están adaptadas a ambientes disturbados pero potencialmente productivos. Se trata de hierbas anuales, con reproducción precoz y alta producción de semillas pequeñas, que generalmente forman un banco de semillas (Grime, 1989). Algunas especies herbáceas perennes como cebadilla criolla, gramón, sorgo de Alepo, chufa, vara de oro, trebol blanco y verbena comparten algunos de los caracteres mencionados, pero poseen otros que corresponderían tanto a plantas competitivas como a tipos tolerantes al estrés, pudiendo ser clasificadas como ruderales - competitivas o ruderales - tolerantes (Grime, 1989).

Se sabe sin embargo que cuando se producen cambios de cultivo y consecuentemente de las prácticas de manejo, ocurren también cambios en las comunidades de malezas, en respuesta a las modificaciones en el ambiente (Martínez-Ghersa *et al.*, 2000). En función de ello autores como Aldrich y Kremer (1997) consideran que cada sistema productivo o práctica nuevos tendrán finalmente su propio complemento de malezas. La dominancia de las malezas propias de sistemas agropecuarios que se observó en los experimentos indicaría que el ingreso y la propagación de nuevas especies de malezas con el cultivo forestal no han sido significativos hasta el momento en términos de frecuencia y cobertura, y que las malezas de los cultivos agropecuarios precedentes pudieron revegetar los sitios después de 20 años de silvicultura, ya sea a partir del banco de propágulos (semillas, bulbos, rizomas, estolones) o de la lluvia de semillas. Se carece de datos para evaluar cuáles de estas especies se han visto favorecidas en su abundancia por las plantaciones de álamos y cuáles perjudicadas. Si bien como se dijo la composición de las comunidades aparece marcadamente influenciada por el uso de los sitios previo a la silvicultura, es de destacar la presencia incipiente de algunas malezas características de plantaciones de álamo en el Delta del Paraná como madreSelva, mora y zarzamora (Toscani, 1994), lo que constituye una evidencia de que con el cultivo de álamos se introdujeron desde el Delta y / o se están propagando malezas nuevas para la región. La introducción de algunas de ellas como la zarzamora puede haber ocurrido a través de la llegada de maquinaria o material de plantación (estacas) contaminados con propágulos.

Por sus caracteres (especies perennes, leñosas y de dispersión ornitócora) estas malezas corresponden a un grupo funcional diferente a las anteriormente citadas (Balandier *et al.*, 2006), a la vez que presentan una marcada similitud en forma de crecimiento y fenología con respecto a *Populus* spp..

Las parcelas testigo negativo (T-) y los distintos tratamientos de control permitieron en tanto observar los cambios ocurridos en la composición específica y la cobertura de las distintas especies durante la sucesión secundaria luego de que la preparación de los sitios eliminara las comunidades preexistentes. En las parcelas T- se observaron tendencias en la sucesión similares a las documentadas por Omanici *et al.* (1995) y Boccanelli *et al.* (1999) para otras regiones de la pampa húmeda en donde se interrumpieron los disturbios por labranzas debidos a cultivos. Las comunidades que revegetaron los sitios fueron dominadas inicialmente por malezas anuales no gramíneas (cardos, vira vira, falsa biznaga, lupulina), generalmente exóticas, que perdieron gradualmente dominancia a partir del segundo año en favor de gramíneas anuales (raigrás), anuales – bienales (cebadilla criolla) o perennes (gramón, sorgo de Alepo). En praderas norteamericanas (Boccanelli *et al.*, 1999) y del Reino Unido (Clay y Dixon, 1997) se han documentado patrones sucesionales similares, aunque con otras especies involucradas. En las parcelas T- se encontraron cuatro especies propias de la comunidad clímax regional, la estepa graminosa (Cabrera y Zardini, 1979): pasto miel, *D. viridiflavescens*, vinagrillo y cebadilla criolla, que con excepción de la última fueron poco abundantes. Según Omanici *et al.* (1995) las especies como *D. viridiflavescens* y *Stipa* spp. se incorporan en las etapas sucesionales más avanzadas (cuarto y quinto años) e incrementan sus coberturas hacia los 7 a 10 años de sucesión, no obstante lo cual muchas dicotiledoneas pioneras continúan presentes en etapas serales avanzadas. En los ensayos de esta tesis los cardos fueron generalmente las dicotiledóneas más frecuentes luego de dos años de exclusión de tratamientos en muchas parcelas T-, lo que coincide con los resultados de Boccanelli *et al.* (1999) que encontraron que *Carduus acanthoides* conservó la dominancia por sobre las gramíneas en muchas parcelas aún después de 10 años de clausura. Se encontraron asimismo similitudes con Boccanelli *et al.* (1999) y con Omanici *et al.* (1995) en cuanto al comportamiento del sorgo de Alepo y el gramón respectivamente, pues estas especies también mantuvieron su presencia en las parcelas T- desde el comienzo y hasta la finalización de los ensayos. En las parcelas QM y TM los tratamientos alteraron en diverso grado la sucesión secundaria descrita para T-, influyendo no sólo sobre la presencia, abundancia y secuencia de aparición de especies de malezas, sino también sobre la cobertura verde total, que con frecuencia resultó mayor respecto de las parcelas T-. Así, los herbicidas preemergentes

afectaron principalmente a las dicotiledóneas anuales otoño-invernales al comienzo de la estación de crecimiento y no actuaron o tuvieron un control parcial sobre gramíneas como raigrás, festuca, sorgo de Alepo y gramón. Es por ello que luego de un período inicial con coberturas verdes menores a T-, las gramíneas pasan a dominar estas parcelas ya que se desarrollan con escasa interferencia de dicotiledóneas. Debido a esta respuesta de las gramíneas, con frecuencia las parcelas QM tuvieron mayores coberturas verdes que T-. La selectividad de los herbicidas se puso de manifiesto nuevamente con las aplicaciones de graminicida, que controlaron parcialmente a este grupo de malezas pero en cambio no afectaron los escapes de dicotiledóneas, las que posteriormente se desarrollaron con escasa interferencia por parte de las gramíneas. Estos cambios pueden interpretarse como demostrativos de la influencia que pueden ejercer los herbicidas sobre la estructura poblacional de las malezas y la composición de la comunidad (Martínez-Ghersa *et al.*, 2000). La resultante de la secuencia completa de tratamientos fue que la sucesión se detuvo en las etapas iniciales, caracterizadas por el mantenimiento de parte del suelo sin cobertura vegetal, la dominancia de dicotiledóneas anuales y la presencia secundaria de gramíneas anuales y perennes. Los tratamientos en las parcelas TM en tanto controlaron principalmente a las dicotiledóneas y gramíneas anuales, favoreciendo la persistencia y propagación de sorgo de Alepo y gramón, cuya dominancia correspondería a una etapa seral más avanzada. Los antecedentes disponibles para los cardos y en particular el cardo negro (*Cirsium vulgare*), explicarían el comportamiento observado para estas especies y también podrían corresponderse con el de otras malezas dicotiledóneas anuales encontradas en los ensayos. Así, según Klinkhamer y de Jong (1993) el cardo negro por sus requerimientos lumínicos es característico de la fase inmediatamente posterior al aprovechamiento de los bosques en el Reino Unido, y aumenta su frecuencia cuando se disminuye la competencia de gramíneas por la aplicación de herbicidas; esta especie tiene asimismo dificultades para recuperarse de los laboreos primaverales en el suelo como las pasadas de disco en las entrefilas de los tratamientos QM de esta tesis, lo que explica que allí sea desplazado por otras malezas con capacidad de rebrote como sorgo de Alepo y gramón.

### **Interacciones de los álamos con las malezas: magnitud y signo de los efectos netos.**

En todos los ensayos realizados, las parcelas T- se iniciaron con el 95 al 100% del suelo desnudo, el cual fue rápidamente cubierto por las malezas hasta alcanzar valores de

entre 50 - 95 % de cobertura verde hacia los 60 DDT dependiendo del sitio y el año. A partir de ese momento las coberturas verdes fueron variables debido a la alternancia de especies y sus diferencias fenológicas, pero el suelo restante siempre estuvo cubierto por partes secas de plantas u hojarasca dando como resultado que la cobertura vegetal total fuera del 100%. Estos resultados denotan la capacidad de revegetación de las comunidades y consecuentemente las posibilidades de interactuar con el cultivo de álamo.

Se han definido diez tipos posibles de interacciones que pueden tener lugar entre plantas, en donde los efectos para ambas especies pueden ser neutros (neutralismo), positivos (mutualismo, protooperación), o: neutros para una especie y positivos para la otra (comensalismo), negativos para una especie y positivos para otra (parasitismo), neutro para una especie y negativo para otra (amensalismo por alelopatía) o negativos para ambas (competencia) (Radosevich *et al.*, 1997). Las interacciones con efectos positivos se agrupan como procesos de “facilitación” o “principio productivo de facilitación”, mientras que las interacciones con efecto negativo se denominan en conjunto procesos “competitivos” o “principio productivo de competencia” (Radosevich *et al.*, 1997). Otros autores agrupan las interacciones negativas, como parasitismo, alelopatía y competencia, bajo la denominación de interferencia (Aldrich y Kremer, 1997). Las distintas interacciones pueden ocurrir en forma simultánea y por ende los efectos de los procesos competitivos pueden sumarse o ser parcialmente compensados por los efectos de los procesos de facilitación.

Una vez establecidos el cultivo y las malezas en las parcelas T-, se crearon las condiciones para la ocurrencia de uno o más tipos de interacciones. Para poner en evidencia y cuantificar los efectos de las malezas sobre los álamos se previó la utilización de contrastes entre los tratamientos T- y T+ de los ensayos 2-1 y 2-6. Con esta metodología es posible comparar el desarrollo del cultivo libre de interacciones con malezas (T+), respecto de la situación con interacción plena con malezas (T-), y en base a ello determinar el efecto neto sobre el cultivo de todas las interacciones que tuvieron lugar. De acuerdo con este criterio si en las parcelas T- los álamos tienen un crecimiento menor que en las parcelas T+ esto significará que las interacciones negativas fueron mayores que las positivas y prevalecieron sobre el efecto neto, mientras que si el crecimiento en T- es mayor que en T+, se interpretará que las interacciones positivas alcanzaron más relevancia que las negativas (Radosevich *et al.*, 1997). La metodología es relativamente sencilla y capaz de generar información de interés para los productores y técnicos, pues muestra las consecuencias sobre el cultivo de la interacción con las malezas. Una de las principales limitantes del método es sin embargo que

no permite discriminar la magnitud de cada tipo de interacción, así como tampoco de qué manera son utilizados los recursos del sitio por parte de las malezas y el cultivo.

Las primeras parcelas testigo positivo (T+) de esta tesis (ensayo 2-1, años 1998 a 2000) se llevaron a cabo mediante carpidas repetidas con azada alrededor de las plantas y cortes con machete de la vegetación restante en los espacios entre plantas (fotografía 4). Con el empleo de esta técnica se buscó evitar el uso de herbicidas que pudieran intoxicar a los álamos y a su vez mantener el suelo sin disturbios por labranzas en las entrefilas. Se partió así del supuesto de que el cuidado de una superficie circular de 1,3 m de diámetro libre de malezas alrededor de las plantas, equivalente a la mayor área desmalezada por Frochot (1984), sería suficiente para lograr el crecimiento sin interferencias. También se consideró que la existencia de cobertura verde en las entrefilas no afectaría los álamos, por su baja altura y ubicación distante del cultivo. Luego del primer año de crecimiento sin embargo, se pusieron en evidencia inconvenientes importantes en la técnica: si bien fue posible mantener en un nivel mínimo la cobertura vegetal alrededor de las plantas, la realización de más de ocho carpidas provocó la formación gradual de una concavidad en las inmediaciones de las estacas, eliminando la parte superior del perfil del suelo y restando profundidad de enraizamiento a las plantas. Se atribuye principalmente a este hecho, sumado posiblemente a la interferencia de las malezas de las entrefilas, que los álamos tuvieron un desarrollo marcadamente inferior al esperado y con crecimientos muy similares a las parcelas T-. Todos los tratamientos restantes (TM y QM) tuvieron mayor desarrollo que ambos testigos. Una vez que se detectaron estos problemas, las consecuencias sobre el crecimiento de las estacas ya eran irreversibles, y por ende el tratamiento T+ del ensayo 2-1 tuvo que ser descartado como tratamiento testigo de referencia.

Los problemas descritos fueron subsanados posteriormente en el ensayo 2-6, en donde se mejoraron las técnicas de control y fue posible obtener información válida sobre el crecimiento de los clones sin interferencia de malezas (fotografías 3 y 17). En este ensayo los mayores valores de todas las variables de crecimiento se obtuvieron en las parcelas T+, seguidos por los tratamientos QT y QM, mientras que los menores valores ocurrieron en las parcelas T-. Las pérdidas porcentuales calculadas a partir de la diferencia entre ambos tratamientos y tomando como base a T+ fueron, luego del primer año, del 56% en el tamaño de hojas o área foliar individual (AFI), 39% en altura total (At) y 88% en volumen de leño con corteza (Vcc); se incrementaron a valores del 52% en At y 91% en Vcc al segundo año y fueron del 39% en At, 80% en área basal (AB) y 39% en el número de fustes por planta al

tercer año de crecimiento. La supervivencia de plantas, al contrario del crecimiento, no fue afectada por las malezas.

Los ensayos restantes carecieron de parcelas T+, pero tuvieron en todos los casos parcelas T-, ya que fueron necesarias para la obtención de las coberturas verdes de referencia empleadas en los cálculos de eficacia de control. Se recurrió entonces a la comparación del crecimiento y la supervivencia de las estacas T- con los mejores tratamientos de control en cada ensayo, para obtener información complementaria acerca de las interacciones malezas - cultivo. En los cinco ensayos realizados y durante 6 años de experimentación se observó que los efectos de las malezas fueron similares a los del ensayo 2-6: las parcelas con interacción plena con malezas (T-) tuvieron menores crecimientos, y en algunos casos menores supervivencias, que todos los tratamientos de control evaluados, ya sea mecánicos (TM) o químico-mecánicos (QM). Para At, las pérdidas medias por interferencia fueron del 49,5 % al primer año post-plantación (n= 5 ensayos), 55,2 % al segundo año (n= 5), 30,9 % al tercer año (un ensayo), 51,3 % al cuarto año (n= 2) y 20,5% al sexto año (un ensayo). En los experimentos 2-3, 2-4 y 2-5 las malezas afectaron además la supervivencia de estacas, provocando un 40,4 % de mortandad de plantas al primer año (n= 3), y un 14,6 % al segundo año (n= 2). Como se vió en el ensayo 2-6, las pérdidas fueron mayores en variables como Vcc (90% al primer año y 95% al segundo) y biomasa de leño con corteza (87% al primer año y 94% al segundo año) (ensayo 2-1).

Las pérdidas observadas en el Establecimiento “María Dolores” fueron mayores que las reportadas por Woessner (1972) y similares a las publicadas por Clay y Dixon (1997), Buhler *et al.*, (1998), Dickmann y Stuart (1983) y Frochot (1984). Woessner (1972) registró disminuciones de crecimiento en At del 19,5% sin variaciones en la supervivencia, mientras que Clay y Dixon (1997) establecieron pérdidas de supervivencia y biomasa de tallos al segundo año del 80% y 90% respectivamente. Buhler *et al.* (1998) y Dickmann y Stuart (1983) reportan pérdidas de crecimiento intermedias, del 50 y 75% respectivamente, en tanto que Frochot (1984) observó pérdidas al segundo año del 55% en At y 90% en biomasa de leño en tallo y ramas. Las diferencias entre los distintos antecedentes y a su vez las de éstos con los resultados de esta tesis, son esperables por cuanto resultan de distintas combinaciones de calidad de sitio, clones y comunidades de malezas. Las mayores pérdidas pueden ser consecuencia de calidades de sitio pobres, clones susceptibles y / o comunidades más agresivas en términos de interferencia. En el trabajo de Clay y Dixon (1997) por ejemplo, las pérdidas elevadas fueron atribuidas a la combinación de dos factores: la abundancia de *Cirsium arvense*, una maleza perenne, en las parcelas T- y la ocurrencia de una temporada de

crecimiento con bajas precipitaciones. Estos autores también notaron que cuando las parcelas T- fueron dominadas por malezas anuales en lugar de *C. arvense*, la muerte de plantas fue menor (54%). Si se cotejan los porcentajes de pérdida tanto de los ensayos como de los antecedentes, se observan marcadas diferencias entre las magnitudes ocurridas para cada variable, siendo en todos los casos menores las pérdidas registradas en At que en Vcc. Este comportamiento se ha observado en otras especies forestales como *Betula pendula* (Ferm *et al.*, 1994), *Alnus* spp. (Bulloch y Gilchrist, 1989) y en coníferas (Wagner, 2000; Watt *et al.*, 2003). Es por ello que en general el crecimiento en altura es considerado menos “sensible” a la interferencia por malezas que otras variables como el diámetro basal, el área basal, y el volumen o biomasa de leño, y por ello la disminución del crecimiento en altura se asocia con la ocurrencia de un nivel importante de estrés por interferencia (Wagner, 2000). En las coníferas la diferencia de comportamiento entre altura y volumen de leño se debe a que el crecimiento en altura es uno de los destinos de fotosíntesis de mayor prioridad, sobre todo en condiciones de competencia por radiación, en contraste con la actividad cambial de baja prioridad y por ende rápidamente sacrificada cuando el árbol encuentra limitantes ambientales (Wagner, 2000).

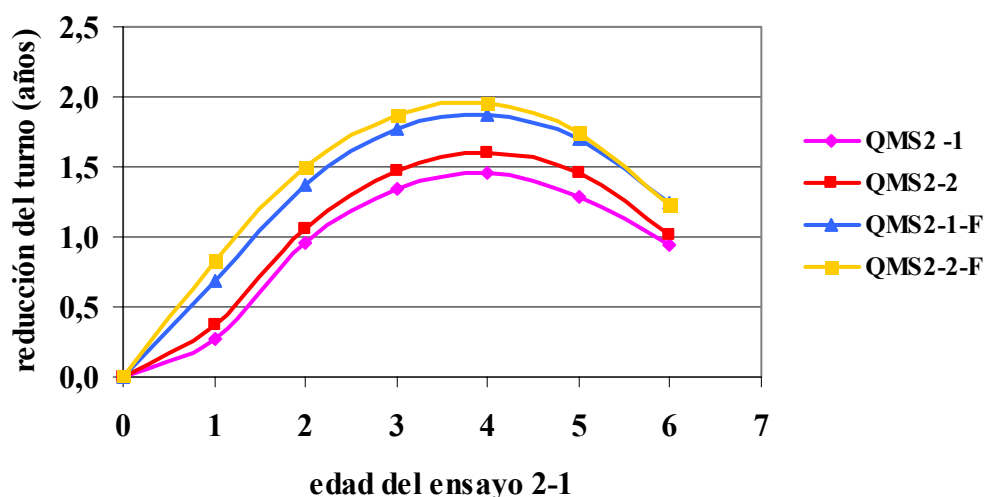
La determinación de mermas tanto en Vcc, como en otras variables menos sensibles como la At e incluso la supervivencia es una evidencia de que en los sitios y para los clones estudiados en “María Dolores”, la interferencia de las malezas adquirió magnitudes substanciales, y provocó pérdidas comparables con los valores más elevados encontrados en los antecedentes para *Populus* spp.. En un ensayo con *Pinus ponderosa* Wagner *et al.* (1989) determinaron que los umbrales de respuesta en la supervivencia del cultivo se ubicaron en niveles de interferencia de malezas mucho mayores que los de las variables de crecimiento, con lo cual la ocurrencia de mortandad sería indicativa de altos niveles de interferencia por malezas. Otra prueba en este sentido es que las consecuencias de la interferencia sobre el crecimiento en At trascendieron el período de establecimiento de dos años, conservando su significancia hasta la mitad del turno (tabla 12, gráfico 4). Efectos similares del control de malezas se han documentado al promediar la rotación en *Pinus radiata* (Mason y Milne, 1999), *P. taeda* (Nilsson y Allen, 2003; South *et al.*, 2006) y *P. taeda* y *P. echinata* (Cain, 1997). En las investigaciones mencionadas los tratamientos de control de malezas produjeron incrementos en el crecimiento de los árboles respecto de las parcelas sin control equivalentes a un adelantamiento del turno de entre medio año y tres años.

Las respuestas en el mediano y largo plazos como las mencionadas han sido descritas y modeladas por diversos autores y para distintas especies forestales. Esta problemática ha

recibido considerable atención, pues se busca conocer (entre otras cosas) si los efectos de tratamientos como el control de malezas, la preparación del sitio o la fertilización logran, al momento del aprovechamiento del bosque, diferencias de rendimiento o acortamientos del turno que cubran o superen sus costos de ejecución. Según Nilsson y Allen (2003) se han descrito cuatro tipos generales de respuesta, denominadas A, B, C y D. Otros autores hacen alusión a la respuestas A y B como tipos 2 y 1 respectivamente (Snowdon, 2000; 2002; Mead, 2005; South *et al.*, 2006) y a la respuesta D como tipo 3 (Richardson, 1993; South *et al.*, 2006), pero las características de los modelos son muy similares. La respuesta tipo “A” a una práctica cultural dada tiene lugar cuando las diferencias iniciales de crecimiento en favor de los árboles tratados respecto de los no tratados se hacen cada vez más grandes con el paso del tiempo; como resultado de ello las trayectorias de crecimiento se tornan divergentes. En la respuesta tipo “B” en cambio, se producen diferencias iniciales en favor de los árboles tratados, pero éstas se mantienen en lugar de incrementarse y así luego del período inicial las trayectorias siguen paralelas hasta confluir en el turno o posteriormente. La respuesta tipo “C” puede interpretarse como una variante de “B”, en la cual las diferencias de crecimiento iniciales se pierden en la medida que la plantación se desarrolla, dando como resultado que ambas curvas de crecimiento confluyan antes del cumplimiento del turno. La respuesta de tipo “D” tiene características similares a “C” al comienzo, pero se diferencia en la segunda parte del turno cuando los árboles tratados pasan a tener un crecimiento acumulado menor al de los no tratados (Nilsson y Allen, 2003). En distintos trabajos se han documentado casos en donde las prácticas de control de malezas, ya sea realizadas en la preparación del sitio o posteriormente por medios mecánicos, químicos o mixtos, han producido alguno de los tipos mencionados. Las respuestas más frecuentes son las del tipo “B”, principalmente donde las malezas involucradas son herbáceas (South *et al.*, 2006).

Cuando las respuestas son analizadas económicamente, las ganancias producidas por los tratamientos como el control de malezas o la fertilización se ponderan comúnmente a través de los incrementos que producen en el rendimiento al cumplirse el turno, cuya duración se asume constante (Kimberley *et al.*, 2004). Este método resulta difícil de aplicar cuando se carece de los datos al turno y se cuenta sólo con las respuestas iniciales ocurridas en rodales jóvenes. En esas circunstancias la proyección de las ganancias porcentuales observadas al inicio o al promediar la rotación pueden resultar en sobreestimaciones de las ganancias reales al turno, pues estos porcentajes declinan en la medida que se incrementan la altura total o volumen en pie aún en respuestas de tipo “A” (South *et al.*, 2006). El método del “cambio de edad” por el contrario expresa los efectos de los tratamientos en términos de acortamientos

del turno provocados por avances en el crecimiento del rodal, y cuando se trata de respuestas tipo “B” estima las ganancias de una manera más estable y precisa que el método porcentual (South *et al.*, 2006). El análisis del crecimiento acumulado en altura de algunos tratamientos QM del ensayo 2-1 (gráfico 4) muestra un patrón similar al tipo “B” mencionado, sobre todo a partir las trayectorias del crecimiento en altura seguida por los tratamientos QMS2-1 y QMS2-2 respecto de T-. Sin embargo, los acortamientos del turno calculados en base a diferencias de  $A_t$  para esos tratamientos no se encuentran aún estabilizados al sexto año (gráfico 16), por lo que también es posible que esté ocurriendo una respuesta de tipo “C”. Pese a ello, si se realiza el análisis del gráfico 16 desde el punto de vista de las pérdidas causadas por malezas, se puede interpretar que en “María Dolores” la interferencia de malezas (en T-) provocó, hasta el sexto año post plantación, un atraso en el desarrollo de los álamos de aproximadamente un año respecto de QMS2. Más aún, debido a que en este tratamiento sólo se alcanzó un control parcial de malezas, es muy probable que los atrasos en el turno de estos rodales por interferencia sean mayores a un año. El análisis precedente puede no obstante verse modificado si en lugar de  $A_t$  la variable que se utiliza es el  $V_{cc}$  (South *et al.*, 2006), dado el comportamiento diferente que éstas tienen y cuya fundamentación se desarrollara precedentemente.



**Gráfico 16.** Estimaciones de reducción del turno respecto de T-, alcanzadas por distintas variantes del sistema QMS2 hasta el sexto año de crecimiento; ensayo 2-1.

Leyendas: QMS2 (tratamiento químico mecánico con 2,75 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de simazina en sus variantes con uno y dos años de control de malezas sin fertilización (QMS2-1; QMS2-2) y con aplicación localizada de fertilizantes (QMS2-1-F; QMS2-2-F).

## **Naturaleza de las interacciones e interpretación de las respuestas del cultivo.**

Los resultados discutidos hasta aquí muestran de manera consistente que los efectos netos de las interacciones que ocurrieron entre las malezas y los álamos resultaron negativos para el cultivo en todos los ensayos realizados en esta tesis. Como se dijo anteriormente, en un sistema cultivo - malezas como el estudiado pueden haber ocurrido varios tipos de interacciones, ya sea en forma simultánea como alternadas durante el período de experimentación. El modo más simple de explicar las pérdidas de crecimiento y supervivencia documentadas para “María Dolores” sería adjudicarlas sólo a la ocurrencia de procesos competitivos, aunque es necesario seguir una argumentación más compleja e integral, que considere la existencia tanto de procesos competitivos como de facilitación, pero en donde hubo predominancia de los efectos negativos por sobre los positivos. En plantaciones de álamo existen algunas evidencias acerca de efectos positivos de consociaciones con leguminosas, como retención de N en el perfil por coberturas verdes de *Lotus corniculatus* (McLaughlin *et al.*, 1985) o aumentos del N disponible en el suelo en consociaciones con alfalfa (Powell y Bork, 2004). Un elemento en favor de la segunda vía de discusión surge entonces a partir de la participación de leguminosas como lupulina, trebol blanco, vicia, trebol de olor blanco y trebol rojo, en las comunidades de malezas de los ensayos. La presencia de estas especies, por su capacidad de fijación de N atmosférico y sus posibles aportes de ese elemento al suelo, llevan a pensar que las mismas podrían haber establecido interacciones positivas (comensalismo, protooperación) con los álamos; lo anterior sería factible particularmente en los casos de la lupulina y el trabol blanco, cuyos hábitos rastreros hacen que estas malezas difícilmente compitan por radiación con el cultivo. No resulta claro sin embargo si la abundancia de estas especies y la duración de los ensayos fueron suficientes para producir efectos significativos en el cultivo. Es necesario considerar además que, aún asumiendo que estas interacciones positivas hayan efectivamente ocurrido, las leguminosas mencionadas pueden haber competido por otros recursos con las estacas de álamo, por lo que sus efectos netos también pudieron resultar negativos. Powell y Bork (2004) por ejemplo comprobaron que en la consociación de *P. tremuloides* con alfalfa sucedieron procesos de competencia antes que de facilitación, y que pese a que la leguminosa aumentaba el N disponible en el suelo el efecto neto sobre el crecimiento del cultivo forestal resultó negativo.

De las tres interacciones negativas que posiblemente tuvieron lugar en los ensayos el parasitismo puede descartarse o considerarse muy poco probable, ya que ninguna de las 65 especies relevadas en los ensayos tiene esa forma de vida. El análisis causal de las pérdidas

observadas quedaría de este modo restringido principalmente a la alelopatía y la competencia por recursos productivos propiamente dicha.

Contrariamente a lo que ocurre con el parasitismo, resulta probable que una parte de las pérdidas registradas en los experimentos de esta tesis se haya originado a partir de interacciones de tipo alelopático, ya que existen antecedentes que documentan el potencial alelopático en muchas de las malezas que se encontraron en forma frecuente en los ensayos, como avena guacha, quínoa, cebollín, pasto cuaresma, lechuga salvaje, raigrás, sanguinaria, *Polygonum persicaria*, verdolaga, lengua de vaca, gramón y sorgo de Alepo (Radosevich *et al.*, 1997). La alelopatía se define como la influencia directa de una planta sobre otras a través de la liberación de compuestos químicos al medio (Booth *et al.*, 2003). En cultivos forestales Smith *et al.* (2001) encontraron que lixiviados de gramón y festuca provocaron reducciones significativas en el crecimiento en altura, diámetro basal, área foliar y biomasa total de plántulas de nuez pecan (*Carya illinoensis*), siendo estos resultados similares a las pérdidas causadas por festuca a plántulas de *Liquidambar styraciflura* (Walters y Gilmore, 1976) y *Juglans nigra* (Todhunter y Beineke, 1979). Las interacciones alelopáticas y de competencia ocurren en general en forma simultánea y sus efectos sobre el crecimiento del cultivo son similares, por lo que muchos autores las denominan en conjunto como interferencia. La diferenciación de los efectos de las interacciones mencionadas es metodológicamente compleja (Radosevich *et al.*, 1997; Aldrich y Kremer, 1997) y no se puede realizar mediante ensayos en campo como los aquí efectuados, sino que requiere de experimentos específicamente diseñados para tal fin.

La competencia en tanto es una interacción negativa en la que las plantas ejercen demandas simultáneas sobre los recursos del ambiente (radiación, agua, nutrientes) que en conjunto exceden sus niveles de disponibilidad. La competencia y sus mecanismos han sido estudiados y demostrados a través de tres enfoques (Radosevich *et al.*, 1997): la asociación del agotamiento de los recursos con la presencia y abundancia de malezas, el estudio de los cambios morfológicos y fisiológicos que se producen en el cultivo y las malezas por el agotamiento de los recursos y finalmente la correlación entre la abundancia de las malezas, el agotamiento de los recursos y los cambios morfofisiológicos en el cultivo. En esta discusión sólo es posible abordar el segundo de los enfoques mencionados a través de la interpretación de los cambios morfológicos ocurridos en las plantas de álamo, pues se carece de mediciones directas de los niveles de nutrientes, radiación y agua en cada densidad observada de malezas.

Para ello se recurrirá a aquellos resultados obtenidos en los ensayos que, por los tratamientos utilizados, las comunidades presentes o por las condiciones climáticas particulares, permitan definir en forma indirecta las situaciones más claras de competencia por recursos específicos. Es necesario aclarar además que en la mayoría de las situaciones productivas los cultivos se encuentran compitiendo en forma simultánea por recursos subterráneos (agua, nutrientes) y por recursos aéreos (radiación), encontrándose interacciones complejas entre sus efectos y respuestas (Booth *et al.*, 2003). No obstante ello y de la estrecha integración que existe entre los distintos órganos de las plantas, algunos autores separan la competencia que se localiza en los sistemas radicales de las de tallos y hojas, en busca de una mayor simplicidad en los análisis.

En los distintos ensayos se obtuvo evidencia que indicaría la ocurrencia en general de niveles relativamente bajos o medios de competencia por radiación entre los álamos y las malezas, con algunas situaciones puntuales de competencia elevada. Si bien esta tesis se centró en el relevamiento de las coberturas de malezas y carece de registros de las alturas medias alcanzadas por las mismas, en la mayoría de los experimentos realizados (ensayos 2-1, 2-2, 2-3, 2-6, parcelas demostrativas 2001 y 2002), se observó que aún en las parcelas T- las comunidades de malezas produjeron un sombreado lateral de las estacas durante la primera estación de crecimiento (fotografías 6 y 17), sin que se llegara a un sombreado total o supresión. Los álamos superaron en altura a las malezas a partir de ese período (fotografía 18). La capacidad de las plantas para crecer en altura y expandir un canopeo elevado por sobre las restantes es un atributo esencial en la competencia por la radiación (Aldrich y Kremer, 1997), y en este sentido el cultivo de álamo logró superar a sus competidoras en la mayoría de las situaciones ensayadas. Las condiciones mencionadas de sombreado lateral no implican sin embargo ausencia de competencia por la radiación, así como tampoco de las posibles respuestas derivadas de las modificaciones en la calidad de la radiación producidas por el canopeo de malezas (enriquecimiento de la radiación difusa en las longitudes de onda del rojo lejano)(Rajcan y Swanton, 2001). En estas situaciones las respuestas más comunes de las plantas son un aumento en la tasa de crecimiento en altura por mayor elongación de los entrenudos, menor ramificación lateral y aumento del área foliar específica (AFE) (Radosevich *et al.*, 1997). En la totalidad de los ensayos de esta tesis los crecimientos en altura de las plantas de álamo en las parcelas T- fueron inferiores a los de los restantes tratamientos (parcelas T+, o TM, QM, QT con distinto grado de control de malezas), lo que podría estar indicando la ausencia de respuesta en altura al sombreado lateral o que dicha respuesta sólo compensó una parte de las pérdidas de crecimiento por alelopatía o

competencia por recursos subterráneos. Similarmente, las AFE de las parcelas T- en el ensayo 2-1 no tuvieron diferencias significativas con los restantes tratamientos, a la vez que los valores muestran una tendencia a disminuir en T- en lugar de incrementarse. El ensayo 2-6 en tanto proporciona quizás la evidencia más firme respecto de la posible influencia del sombreado lateral sobre el cultivo, ya que en este ensayo se registraron reducciones significativas en el número de guías o fustes por estaca ante niveles decrecientes de control de malezas. Las plantas con menor cantidad de guías se obtuvieron en las parcelas T- (tabla 25). Esta respuesta ha sido documentada en plantaciones de *Salix* spp. ante la competencia de malezas (Sage, 1999).



**Fotografía 18.** Parcelas T- del ensayo 2-6 al finalizar la primera estación de crecimiento (izq.) y al promediar la segunda estación de crecimiento (der.).

Las condiciones descritas pueden extenderse a la mayoría de las las situaciones de competencia por radiación encontradas. Sin embargo, en algunas parcelas de los ensayos 2-3, 2-4, 2-5 y parcelas demostrativas 2003 se registraron condiciones de alta competencia, que provocaron elevadas mortandades en las estacas de álamo. En los ensayos 2-4, 2-5 y parcelas demostrativas 2003 estas situaciones estuvieron determinadas por la emergencia temprana y la abundancia local de malezas con marcada capacidad de crecimiento en altura (hasta 2,5 m), como cardos, quínoa, cicuta, abrojo y cuatro cantos, que en algunas parcelas T- suprimieron en forma completa al cultivo provocando niveles de mortandad superiores al 70%. En el ensayo 2-3 la supresión de las estacas no tuvo lugar en las parcelas T-, sino en las parcelas QMS2F y QMO2F (control químico-mecánico con simazina u oxifluorfen, fertilización localizada). En estas parcelas la sequía primaveral de 1999 habría disminuido la actividad de los preemergentes aumentando la frecuencia de escapes de cardos. Estas especies a su vez

habrían captado parte del N aportado con la fertilización en las inmediaciones de las estacas y superado sin mayores consecuencias las heladas tardías ocurridas. Las plantas de álamo en tanto sufrieron repetidos retrasos a partir de los daños causados por las heladas, y las plantas sobrevivientes finalmente fueron superadas en altura y suprimidas por los cardos (fotografía 8). Situaciones similares se han documentado en otros trabajos, en donde mejoras en la fertilidad del suelo por adición de fertilizantes han provocado que la competencia por recursos subterráneos entre plantas disminuya y en cambio se incrementen los procesos competitivos por radiación (Wilson y Tilman, 1995).

De acuerdo con la información desarrollada hasta aquí se desprende que la competencia por radiación con las malezas no habría sido la principal determinante de las pérdidas de crecimiento de los álamos. La competencia intraespecífica por ese recurso también puede descartarse durante los 2 primeros años de crecimiento, debido a las distancias de plantación utilizadas en los ensayos. La discusión queda entonces orientada a la interferencia de las malezas respecto de recursos subterráneos (alelopatía, competencia por agua y nutrientes).

La competencia entre plantas por un recurso individual del suelo (agua o N por ejemplo) es difícil de determinar en condiciones de campo, ya que la competencia por uno de esos recursos puede afectar también los mecanismos de la planta para obtener los restantes (Aldrich y Kremer, 1997; Radosevich *et al.*, 1997). Por sus características el agua y el N disueltos en distintas formas tienen una dinámica similar en el suelo (Casper y Jackson, 1997) y están estrechamente asociados en las interacciones competitivas, en tanto que otros macronutrientes como P y K son por distintas razones menos móviles y dependientes de procesos de difusión (Aldrich y Kremer, 1997). En algunas situaciones experimentales puede recurrirse a tratamientos (riego, fertilización), así como identificar condiciones climáticas o de fertilidad específicas (años lluviosos, suelos con muy baja o muy alta capacidad nutricional), para inferir por cuáles recursos se habrían establecido las mayores interferencias.

Durante el período de investigación en campo se obtuvieron evidencias a partir del crecimiento de tallos y hojas de los álamos, que reflejarían la existencia de distintas intensidades de interferencia por recursos subterráneos. Para ello se utilizaron diferentes variables como la supervivencia, el crecimiento en altura total (At) y volumen de leño con corteza (Vcc), integradoras del desarrollo de las plantas, y otras más específicas aunque relacionadas como el área foliar total (AFT), el área foliar individual (AFI), el área foliar específica (AFE) y la concentración de nutrientes en hojas. Las situaciones en donde la interferencia por agua y nutrientes habrían producido mortandad de estacas fueron escasas, de

modo similar a lo ocurrido con la competencia por radiación. Los ejemplos más claros se observaron en las parcelas T- del ensayo 2-3, que tuvieron supervivencias muy bajas respecto de los tratamientos con control de malezas. La competencia por agua y nutrientes explicaría también una parte de la mortandad de estacas ocurrida en las parcelas T- de los ensayos 2-4 y 2-5. En la mayoría de los casos sin embargo las plantas de álamo sobrevivieron y respondieron a la interferencia mediante diversos mecanismos de ajuste. A nivel foliar la tendencia general observada en los ensayos 2-1 y 2-6 fue la formación de hojas más pequeñas (menor AFI), escleromorfias (menor AFE) y una menor superficie fotosintética por planta (menor AFT) en las parcelas T- (interferencia plena de malezas) respecto de aquellas en donde se realizaron controles de malezas. En los álamos el AFI y el AFT son variables muy sensibles al estado hídrico y nutricional de las plantas (Aird, 1962; Harrington *et al.*, 1997; Van Volkenburgh y Taylor, 1996) y de estrecha relación con el crecimiento en Vcc (Marron y Ceulemans, 2006). Otras respuestas que se manifestaron con mayor intensidad en las parcelas T- fueron el cese anticipado del crecimiento en altura por formación de yemas invernales y también el amarillamiento - caída de las hojas estival en progresión acrópeta. El crecimiento apical en los álamos es muy afectado por deficiencias hídricas (Liu y Dickmann, 1992), mientras que la abscisión de las hojas basales constituye un mecanismo de ajuste del AFT de algunos álamos para restaurar el balance hídrico ante condiciones de estrés (Blake *et al.*, 1996; Harvey y van den Driessche, 1999; Chen *et al.*, 2002). Las reducciones mencionadas en el AFT y también en la duración del área foliar por abscisión de hojas basales se habrían originado ante deficiencias hídricas y / o de nutrientes ocurridas a nivel del sistema radical de las estacas, condiciones que pueden producir un mayor direccionamiento de fotoasimilados hacia la formación de raíces en detrimento del tallo y las hojas (Pregitzer y Friend, 1996; Wilson y Tilman, 1995). A partir de esta reducción del aparato fotosintético se habrían desencadenado a su vez complejas interacciones y reajustes entre la parte aérea y radical de las plantas, en busca de nuevas posiciones de equilibrio entre sí y respecto de los recursos disponibles.

Las pérdidas de crecimiento mencionadas parecen haber sucedido tanto por la competencia por agua como por nutrientes, según puede inferirse a partir de los resultados del primer año de crecimiento en el ensayo 2-1. Allí, las plantas del tratamiento T- fueron las que presentaron los mayores desbalances nutricionales (mayor suma de índices DRIS), con índices negativos para N y P (deficiencia) y positivos para K (exceso) (tabla 9). Efectos similares fueron encontrados por Ferm *et al.* (1994) en *Betula pendula* y por Aird (1962) en álamos. Debido a que los resultados del ensayo 2-1 se produjeron durante una temporada con

lluvias relativamente escasas (gráfico 1), puede asumirse que en el período ocurrió también competencia por agua y que esto a su vez podría haber afectado la absorción de nutrientes. Este efecto es más probable para el N, quedando el P como el nutriente limitante posiblemente menos influenciado por la disponibilidad de agua y más propenso a una competencia directa entre los álamos y las malezas. Los incrementos en el crecimiento logrados ante la fertilización con N y P de las plantas en el tratamiento QMS2 son en este sentido demostrativos de que estos dos nutrientes, o alguno de ellos, se encontraba en un nivel limitante en dichas parcelas, en tanto no puede determinarse si dicha limitación se debió a la competencia con las malezas, si estuvo impuesta por la calidad del sitio o por ambas causas. Asimismo, un síntoma común observado en éste y otros ensayos fue el contraste de coloración de follajes entre las parcelas T- y parcelas con control de malezas, con un verde claro en las primeras y un verde más intenso y oscuro en las segundas. Esta variación en la intensidad de verde debida a la interferencia con malezas se ha observado en otros ensayos (Gilchrist, 1989) y está generalmente asociada con la concentración de clorofila en el mesófilo de las hojas siendo indicativa del estado nutricional de la planta (Stanturf *et al.*, 2001). En el ensayo 2-6, y a diferencia del ensayo 2-1, se registraron abundantes precipitaciones durante los dos primeros períodos de crecimiento (gráfico 3), por lo que puede suponerse que la competencia por agua habría sido menor. Según lo esperado las parcelas T- tuvieron los menores crecimientos, las parcelas T+ los mayores y los tratamientos QM y QT se ubicaron en niveles intermedios entre ambos. Estos incrementos en el crecimiento habrían sucedido principalmente por disponibilidades crecientes de nutrientes en la medida en que se incrementaron los controles de malezas desde T- (sin control) hasta T+ (control absoluto). Las respuestas obtenidas ante la fertilización con urea fueron significativas, aunque la existencia de interacciones con el control de malezas definió tres situaciones diferentes: en las parcelas T- los álamos tuvieron respuestas de escasa magnitud o no respondieron al aporte de N, en las parcelas T+ no se encontraron respuestas y fue en las parcelas QM y QT en donde la adición de urea provocó los mayores incrementos en el crecimiento (gráficos 12, 13 y 15). Si bien los álamos son árboles muy exigentes en cuanto a la fertilidad nitrogenada (Stanturf *et al.*, 2001), del comportamiento observado se infiere que la importancia del N como factor limitante en este experimento fue variable según el grado de interferencia de las malezas. Así, en las parcelas T- la escasa respuesta obtenida indicaría que en esa situación habría existido otro factor limitante del crecimiento (posiblemente otro nutriente) de mayor relevancia que el N, y / o que el nivel de dicho factor estuvo determinado al menos en parte por la competencia. Cuando las malezas fueron controladas en forma parcial por los tratamientos QM y QT este

factor o factores habrían estado disponibles para los álamos y en esas circunstancias el N pasó a ser limitante (Aird, 1962), prueba de lo cual son las respuestas a la fertilización con urea observadas. Finalmente, ya en situaciones de máxima disponibilidad de recursos subterráneos en las parcelas T+, aparece nuevamente otro factor o factores como los limitantes sin que ocurra respuesta al N; en este caso la limitación está determinada por la calidad de sitio.

Tomando en cuenta las pérdidas porcentuales de crecimiento (diferencia entre T+ y T-) sufridas en el ensayo 2-6 por los álamos, se observa que la comunidad de malezas en dicho experimento tuvo efectos de distinta magnitud según la variable considerada (45 a 60% de pérdidas en At y 90% en Vcc durante 2004), así como también ocurrieron algunas diferencias entre los clones. Durante el primer año el clon “Stoneville 66” tuvo reducciones en el área foliar individual (AFI) y en At mayores en un 10% a las de ‘Conti 12’ y ‘Guardi’; luego del segundo año este clon registró nuevamente las mayores pérdidas en At, aunque finalmente las disminuciones del rendimiento expresadas en volumen de leño con corteza (Vcc) fueron muy similares entre los materiales y del orden del 90%. Las pérdidas de crecimiento indican que, en lo referente a la producción de madera, los clones mostraron una tolerancia similar ante la interferencia causada por esta comunidad de malezas. La ocurrencia de lluvias abundantes durante el ensayo puede haber atenuado las diferencias de comportamiento esperadas entre estos álamos, teniendo en cuenta que se incluyó un clon de *P. deltoides* (“Stoneville 66”) que por su origen parental y región de selección sería más exigente en condiciones de humedad que los clones de *P. × canadensis* (‘Conti 12’ y ‘Guardi’), adaptables a condiciones de mayor estrés hídrico (FAO, 1980). *Populus nigra*, uno de los progenitores de ‘Conti 12’ y ‘Guardi’, es conocido por su elevada tolerancia a diversos condicionantes ambientales (Marron y Ceulemans, 2006). De haberse realizado este ensayo en temporadas más secas o en hapludoles énticos con menor capacidad de almacenaje de agua como los del ensayo 2-4, es probable que la diferenciación del comportamiento de los clones hubiera sido mayor. Si bien las pérdidas porcentuales en Vcc fueron muy similares, los clones parecen haber respondido a la interferencia con mecanismos ligeramente diferentes. En el clon “Stoneville 66” la reducción del AFI habría tenido mayor importancia en la disminución del área foliar total (AFT) que en los clones ‘Conti 12’ y ‘Guardi’, mientras que en estos últimos las pérdidas de crecimiento en diámetro habrían influido más que en “Stoneville 66” en la reducción del Vcc. Marron y Ceulemans (2006) encontraron que en condiciones de crecimiento similares *P. deltoides* produce menor cantidad de hojas que *P. nigra* aunque de mayor tamaño (mayor AFI), y además que *P. deltoides* tiene un mayor crecimiento en At que *P. nigra*; los híbridos

interespecíficos mostraron en general características intermedias entre progenitores, en lugar de efectos sinérgicos.

Es preciso mencionar que, aunque en forma esporádica, en el transcurso de los ensayos y parcelas demostrativas se observaron situaciones en las cuales las malezas ejercieron daños físicos directos sobre las plantas de álamo. Esta circunstancia, que podría considerarse un caso de amensalismo, sucedió cuando se registraron escapes de cardos en cercanías de las estacas. El roce de las espinas foliares y caulinares de los cardos provocado por el viento produjo abundantes heridas necróticas en las hojas jóvenes de los álamos, con disminución apreciable del área foliar; efectos similares se han registrado en sitios ventosos de Nueva Zelanda, en donde las hojas de cortadera (*Cortaderia selloana*) provocaron daños sobre los plantines de *Pinus radiata* (Richardson, 1993). Otro tipo de daño físico propio de las enredaderas se originó a partir de los escapes de madreSelva que treparon a las plantas, ya que los tallos de la maleza se transformaron en puntos de estrangulamiento de la corteza de los álamos, provocando en forma visible deformaciones en el crecimiento.

### **Los nuevos sistemas químico - mecánicos y su efectividad de control.**

La experimentación en campo con los nuevos tratamientos de control de malezas se llevó a cabo en tres etapas sucesivas: fase exploratoria inicial, ensayos a escala de usuario y parcelas demostrativas; en cada una de ellas se obtuvieron resultados que permitieron a su vez realizar mejoras en los tratamientos durante las etapas subsiguientes. La efectividad alcanzada por los tratamientos se evaluó mediante el análisis conjunto de las eficacias de control logradas sobre las malezas y las respuestas del cultivo de álamo en cuanto a crecimiento y fitotoxicidad.

#### *Ensayos de la fase exploratoria inicial (ensayos 2-1, 2-2 y 2-3)*

Las eficacias de control relevadas en los tratamientos durante la primera temporada post-plantación fueron bajas en los tres ensayos, con valores de 8 y 9 según la escala EWRC, que corresponden a controles nulos o muy pobres. En general no hubieron diferencias significativas entre preemergentes y / o dosis, así como tampoco entre el tratamiento mecánico de referencia (TM) y los nuevos sistemas químico - mecánicos (QM); el único tratamiento que se destacó en el primer año de crecimiento fue QMI1 en el ensayo 2-3,

mientras que en los ensayos 2-1 y 2-2 las eficacias medias de QMS2, QMO2 y QMD fueron en algunas fechas superiores a las restantes, aunque sin diferencias significativas. Las eficacias halladas a los 60 DDT fueron muy bajas o en algunos casos negativas, y debidas en general a la cobertura de gramíneas primavera-estivales; los valores de eficacia se incrementaron entre los 120 y 180 DDT por el control ejercido sobre esas malezas con las aplicaciones de graminicida, para luego disminuir nuevamente en otoño e invierno por el incremento en cobertura de las dicotiledóneas y secundariamente rebrotes de gramíneas. Las aplicaciones de graminicida tuvieron escapes de sorgo de Alepo y gramón, que se produjeron tanto por el ingreso de rizomas y estolones desde las entrefilas disqueadas hacia las bandas pulverizadas (Dickmann y Stuart, 1983) como por rebrote de las plantas previamente tratadas. Las condiciones en las cuales se realizaron los tratamientos en POE fueron particularmente desfavorables para la actividad del graminicida, ya que las malezas se encontraban bajo estrés hídrico por la falta de precipitaciones y / o bajas temperaturas. A pesar de emplearse un aceite coadyuvante las condiciones de aplicación fueron inadecuadas y provocaron que la eficacia de los graminicidas disminuyera sensiblemente, lo que habría facilitado el rebrote de sorgo de Alepo (Monks *et al.*, 1998) y de gramón (Bedmar, 1999). La decisión de los momentos de aplicación de los graminicidas constituyó una situación de compromiso, ya que mientras las plantas de sorgo de Alepo y gramón cumplían con los tamaños máximos recomendados para realizar los tratamientos, con estolones de 10-15 cm de longitud en gramón según Bedmar (1999) y alturas de 25-40 cm en el sorgo de Alepo según CASAFE (1997), su estado fisiológico era inadecuado. Esta situación se repitió con frecuencia en otros ensayos y parcelas demostrativas.

Si bien se prevía la ocurrencia de escapes de algunas especies, así como de fluctuaciones en las coberturas a lo largo de la temporada, los valores de eficacia obtenidos resultaron inferiores a los esperados y además mostraron una débil correlación con el crecimiento observado en las estacas. Así y a pesar de los numerosos tratamientos y fechas de relevamiento con registros negativos, todos los controles tanto TM como QM provocaron incrementos significativos en el crecimiento y la supervivencia de los álamos respecto de las parcelas T-, sin que sucedieran problemas de fitotoxicidad relevantes. Es decir que de acuerdo con la escala utilizada, la mayoría de los tratamientos y fechas no tuvo control de malezas o éste fue muy pobre, mientras que por otro lado los álamos respondieron en forma significativa a los tratamientos. Este comportamiento entre las eficacias y las ganancias de crecimiento tuvo lugar en muchos de los ensayos realizados y puede haberse originado por distintas

causas, entre ellas la variabilidad observada en los experimentos y las limitantes propias de la metodología empleada.

En primer lugar debe mencionarse la variabilidad registrada en la composición y cobertura de las malezas entre las parcelas permanentes. Los registros se efectuaron sobre dos parcelas por tratamiento (2,6 m<sup>2</sup> de terreno fotografiados en total), cantidad que resultó insuficiente para captar y manejar la variabilidad presente. Esta sería una de las razones por las cuales los análisis de eficacia tuvieron coeficientes de variación (CV%) que en general fueron superiores al 60%. Ante un número constante de repeticiones los CV elevados derivaron en una baja precisión de los ensayos para esta variable. Zedaker *et al.* (1993) consideran que los ensayos forestales de control de malezas con tres o cuatro repeticiones tienen en general baja potencia por esta razón, y recomiendan el incremento del tamaño de muestreo. Por otro lado para los cálculos de eficacia se utilizaron exclusivamente valores de cobertura viva a partir de observaciones verticales, que en algunos casos brindan estimaciones deficientes de otras variables más estrechamente relacionadas con los efectos de las malezas como la biomasa aérea y la biomasa total. Si bien la cobertura y la biomasa aérea están correlacionadas, se ha visto que en general la biomasa aérea o total reflejan mejor la estructura de las comunidades vegetales (Chiarucci *et al.*, 1999). En contraste, los registros de cobertura son en general más rápidos y económicos de obtener que las correspondientes de biomasa. Por otro lado en las estimaciones de cobertura no se discriminaron las especies constituyentes, con lo cual dos valores similares pudieron estar conformados por especies diferentes, y consecuentemente de distinta habilidad competitiva respecto de los álamos.

Otras limitantes derivan de la ecuación de eficacia empleada, ya que en ella las reducciones de cobertura por control de malezas son expresadas en forma relativa respecto de la cobertura en T-. Por lo anterior las fluctuaciones de la cobertura viva en T- debidas a factores ajenos a los sistemas de control, como fenológicos o sucesionales, tienen una marcada influencia sobre los cálculos y provocaron en muchos casos valores negativos. La baja frecuencia de observaciones (una cada 60 días) resultó además otra falencia de la metodología empleada, ya que un intervalo de observaciones menor habría permitido conocer con más detalle la evolución de las coberturas en períodos considerados críticos para el cultivo, por ejemplo desde los 0 DDT hasta los 60 DDT.

Un problema adicional derivó de la valoración realizada por la escala de EWRC respecto de cada nivel de eficacia. Si bien la inclusión de una escala de amplia difusión y aceptación como la mencionada se consideró necesaria para discutir los datos mediante un patrón de referencia, el criterio y los rangos de eficacia utilizados para la calificación de los

resultados debería considerarse según el contexto en el cual la escala es empleada. Lo anterior queda evidenciado en los tratamientos que provocaron incrementos significativos en el crecimiento, pese a que de acuerdo con EWRC la categoría correspondiente es “sin control”. Así, lo que en muchas situaciones agrícolas pueden considerarse tratamientos “sin control”, en otras condiciones productivas como la abordada en esta tesis pueden constituir tratamientos promisorios que representen progresos respecto de la situación testigo que se busca mejorar.

A partir de los registros de cobertura obtenidos resulta claro sin embargo que los tratamientos TM y QM sólo efectuaron un control parcial de las malezas, y que tuvieron escapes de similares magnitudes. La carencia en estos ensayos de un tratamiento T+ válido significó que no se pudiera determinar cuán eficientes fueron los tratamientos en términos de respuesta del cultivo, aunque las bajas eficacias de control observadas indicarían que los sistemas TM y QM evaluados en esta etapa habrían producido crecimientos sensiblemente inferiores al máximo teórico alcanzable sin interferencia de malezas. No obstante ello todos los sistemas de control de malezas provocaron que los álamos tratados tuvieran mayor altura, área de copa, área foliar total y biomasa aérea que los no tratados, proporcionando a dichas plantas una ventaja respecto de las plantas testigo en la competencia por radiación con las malezas.

Las respuestas a la fertilización con N y P al primer año fueron dispares según la variable y el ensayo analizado. En el ensayo 2-1 la fertilización tuvo la misma supervivencia de estacas que los restantes tratamientos (100%) y provocó mejoras altamente significativas en la mayoría de las variables respecto del control QM sin fertilización, produciendo plantas más vigorosas, de mayor tamaño y más competitivas por recursos aéreos (mayores At, AC, AFI y AFT). En el ensayo 2-3 en cambio, la fertilización provocó incrementos significativos en altura, aunque de menor magnitud que los del ensayo 2-1, en tanto que la mortandad de estacas se incrementó hasta el 56,3%, mientras que en las no fertilizadas fue del 9,4%. Esta disparidad en los resultados aparece directamente relacionada con las condiciones climáticas contrastantes ocurridas en ambos ensayos durante el primer año de crecimiento, pues los experimentos se ubicaron en sectores adyacentes, y tuvieron además clones (“Stoneville 66”) y tratamientos (QMS2, QMS2F) en común. Las respuestas en el ensayo 2-1 fueron importantes a pesar de la relativa escasez de lluvias, y acordes con los antecedentes disponibles. Los álamos son plantas exigentes en cuanto a la fertilidad química de los sitios (Aird, 1962; Stanturf *et al.*, 2001; van den Driessche, 1999, van den Driessche *et al.*, 2003) y en suelos con baja capacidad de N y P como los de estos ensayos (tablas 1 y 2) la respuesta a

la fertilización es altamente probable. Los datos del ensayo 2-1 confirmaron asimismo los resultados de Aird (1962) y van den Driessche (1999), en el sentido de que las aplicaciones localizadas de fertilizantes son efectivas para la obtención de respuestas con bajas dosis por hectárea como las empleadas en los ensayos de “María Dolores”. En el ensayo 2-3 por otro lado coincidieron la ocurrencia de heladas tardías repetidas con la escasez de precipitaciones (gráficos 1 y 2), afectando particularmente a los sistemas QM con fertilización. La escasez de humedad durante finales de invierno y comienzos de la primavera habría disminuido la eficacia de los herbicidas preemergentes simazina y oxifluorfen, incrementándose los escapes de especies dicotiledóneas, entre ellas de especies nitrófilas como los cardos y la quínoa.

Paralelamente las heladas tardías afectaron a las estacas de álamo que se encontraban emitiendo brotes, provocando la muerte de los mismos y la disminución de reservas internas por la necesidad de rebrotar. Debido a que las malezas mencionadas son resistentes a las bajas temperaturas, el efecto conjunto resultante de las heladas, la sequía y la fertilización fue favorecer selectivamente a las malezas otoño-invernales, que de este modo habrían captado los fertilizantes aplicados y suprimieron a las estacas de álamo (fotografía 8). En las circunstancias mencionadas la fertilización puede además haber perjudicado a las estacas de álamo en forma directa, pues según los antecedentes la aplicación de N puede acentuar el estrés hídrico de las plantas en condiciones de sequía (van den Driessche *et al.*, 2003), así como estimular el crecimiento y disminuir la concentración de carbohidratos actuando como predisponente del daño por heladas (Jonsson, 2000). Las observaciones de Aird (1962) y van den Driessche (1999) respecto a que la aplicación localizada de fertilizantes permite direccionar los nutrientes al cultivo evitando su captación por las malezas resultaron válidas en el ensayo 2-1, pero no en las condiciones particulares del ensayo 2-3 con controles de malezas deficientes y heladas tardías.

La fitotoxicidad de los herbicidas en condiciones de campo fue uno de los aspectos que más se tuvieron en cuenta en el diseño de los sistemas de control QM y sobre el cual se plantearon numerosos interrogantes. Si bien existe abundante bibliografía sobre el uso de herbicidas en álamos, los resultados publicados por otros autores son difíciles de extrapolar a las condiciones que se estudiaron en esta tesis, ya que se ha comprobado que el comportamiento de un determinado principio activo depende de interacciones entre la dosis utilizada, las condiciones climáticas y de sitio y el clon de álamo implantado (Akinyemiju y Dickmann, 1982a; Palmer, 1991; Stanturf *et al.*, 2001). La dosis es muchas veces determinante del éxito del tratamiento, ya que si resulta excesivamente baja se puede disminuir la eficacia de control a niveles no aceptables, y cuando en cambio se eleva se incrementan los costos y

los riesgos de fitotoxicidad. Si bien los herbicidas preemergentes evaluados en la primera etapa se eligieron de entre los más seguros y difundidos en las plantaciones comerciales de álamo a nivel internacional, muchos de ellos como la atrazina (Gilchrist, 1981), la simazina (Akinyemiju y Dickmann, 1982a, b; Gilchrist, 1988), la terbutilazina (Gilchrist, 1992), el diurón (Lawrie y Clay, 1989), el imazaquín (Ford y Rousseau, 1993) y el oxifluorfen (Gilchrist, 1989) han provocado fitotoxicidad en ciertos clones de álamo y bajo determinadas condiciones climáticas y de sitio. Según Lawrie y Clay (1989) la atrazina y la terbutilazina resultaron en general más fitotóxicas que la simazina. Los clones de álamo han mostrado asimismo distinta susceptibilidad a una misma dosis de principio activo. Ford y Rousseau (1993) encontraron que en general los híbridos de *P. trichocarpa* x *P. deltoides* resultaron más tolerantes que clones de *P. deltoides* al imazaquín, aunque dentro de estos últimos también se encontraron biotipos altamente tolerantes. Akinyemiju y Dickmann (1982a) estudiaron la susceptibilidad de clones de *P. deltoides*, *P. × canadensis* (ambos agrupados en la sección Aigeiros) e híbridos de *P. maximowiczii* x *P. trichocarpa* (sección Tacamahaca) y concluyeron que las estacas jóvenes fueron más susceptibles a la simazina que al diurón. Además los álamos de la sección Aigeiros resultaron con mayor tolerancia a la simazina respecto de los de la sección Tacamahaca, y de modo similar a lo encontrado por Ford y Rousseau (1993) la variación en la tolerancia fue importante dentro de dichos grupos. Esta diferencia de comportamiento ante las triazinas se debió a la existencia de selectividad fisiológica por mecanismos de detoxificación en los clones tolerantes (Akinyemiju *et al.*, 1983). En Argentina el único antecedente específico fue obtenido por Borzone y Saint Andre (1993) quienes llevaron a cabo un ensayo utilizando atrazina como preemergente y fenoxaprop-*P*-etil y haloxifop-metil como graminicidas postemergentes con el clon *P. deltoides* ‘Harvard’ (“I 63/51”), sin que se encontraran síntomas de fitotoxicidad para ninguno de los herbicidas mencionados.

Esta diversidad observada en los antecedentes y sus probables combinaciones hicieron que los resultados de los ensayos 2-1, 2-2 y 2-3 tuvieran un margen de incertidumbre importante. Debido al desconocimiento de la tolerancia que pudieran tener los clones “Stoneville 66” y ‘Conti 12’ a los herbicidas preemergentes, se esperaba que la mayor fuente de selectividad para esos principios activos fuera posicional (Dickmann *et al.*, 1977). Se especuló entonces con que los herbicidas quedarían retenidos y actuarían en la capa superior de suelo del perfil mientras que las estacas desarrollaban su sistema radical en mayores profundidades. En el caso del graminicida en cambio se prevía la ocurrencia de selectividad fisiológica, ya que el principio activo quizalofop-*P*-etil inhibe la enzima acetilCoA

carboxilasa de las gramíneas, mientras que esta enzima presentaría una modificación en las dicotiledóneas que la hace menos sensible (Cobb, 1992).

La selectividad de los tratamientos en sentido amplio fue comprobada durante el primer año de crecimiento de las estacas, ya que ninguno de los tratamientos con herbicidas preemergentes provocó síntomas de fitotoxicidad excepto el oxifluorfen. Asimismo las aplicaciones en POE del graminicida resultaron inocuas para los álamos, en coincidencia con el trabajo de Borzone y Saint-Andre (1993). La explicación más probable para la fitotoxicidad por oxifluorfen es que los síntomas se habrían originado más bien por la salpicadura de los brotes con gotas de agua y suelo contaminado durante las lluvias (Stanturf *et al.*, 2001) antes que por falta de selectividad posicional, ya que este principio activo es muy poco móvil en el suelo y no actúa a nivel radical (De Liñán Vicente, 1997). Dado que los álamos se recuperaron rápidamente de esta intoxicación, podría concluirse que el crecimiento y la supervivencia del cultivo durante el primer año en estos tres ensayos no se vieron afectados en forma significativa por los herbicidas. A pesar de ello pueden haber ocurrido intoxicaciones leves y asintomáticas, en cuyo caso las eventuales pérdidas de crecimiento habrían sido compensadas por las ganancias derivadas de la disminución de la interferencia por malezas. En los experimentos tampoco se encontraron evidencias de que la selectividad fuera diferente entre los clones utilizados. En el caso del graminicida esto podría deberse a que ambos materiales son altamente tolerantes por causas fisiológicas, en tanto que en los herbicidas preemergentes la selectividad se asociaría a un factor posicional que habría actuado de modo similar para los dos clones.

Hacia el final de la temporada 1998-1999 todas las parcelas QM de los ensayos 2-1 y 2-2 tuvieron escapes establecidos de especies otoño-invernales (cardos, falsa biznaga y cerraja entre otras) en las bandas tratadas con herbicidas. Las coberturas y tamaños de plantas alcanzados por estas malezas en junio de 1999 representaron una dificultad imprevista para la aplicación de los herbicidas preemergentes que debía realizarse en agosto de ese mismo año. En primer lugar existían dudas de que los preemergentes pudieran controlar los escapes y evitar que se desarrollen en la primavera siguiente, ya que no todos los principios activos tenían actividad de postemergencia. Aún en dicho caso su eficacia disminuye en la medida que las malezas adquieren mayor tamaño, pues se trata de principios activos con efectos de postemergencia temprana (CASAFE, 1997). La cobertura de estas malezas impedía además la llegada de los herbicidas al suelo, para controlar allí las nuevas emergencias y ejercer un efecto residual (Willoughby, 1996). Por estas razones fue necesario recurrir a la aplicación de  $0,96 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de glifosato o de  $0,75 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de glufosinato de amonio como

tratamientos de amplio espectro (Willoughby, 1996; Clay y Dixon, 1996), aplicándose también el glifosato al comienzo del segundo año de crecimiento en el ensayo 2-3. Ambos herbicidas resultaron seguros para las plantas de álamo en las dosis empleadas, y redujeron la cobertura verde de malezas con valores de eficacia positivos a los 0 DDT del segundo año. El glufosinato de amonio tuvo menor eficacia que el glifosato posiblemente por su efecto sistémico más reducido, ya que algunas malezas pudieron rebrotar luego de ese tratamiento. La aplicación de los herbicidas totales significó en el ensayo 2-2 la incorporación de dos nuevos tratamientos (subparcelas con glifosato o glufosinato de amonio), en tanto que en el ensayo 2-1 dió comienzo a la diferenciación en subparcelas que tuvieron un año de control de malezas en las bandas (control realizado sólo durante 1998-1999) respecto de las subparcelas con dos años de control.

Las eficacias observadas durante el segundo año tuvieron comportamientos diferentes en los tres ensayos y fueron nuevamente muy bajas o negativas. La excepción estuvo dada por los registros de invierno (junio), en donde se encontraron los valores máximos: las eficacias llegaron a ser regulares (categoría 6 de EWRC) en el ensayo 2-2, en tanto que en el ensayo 2-3 se alcanzaron controles muy buenos a excelentes (categorías 3 y 2). Dentro de esta situación general los preemergentes más destacados fueron QMO2 (ensayo 2-1), QMA1 y QMD (Ensayo 2-2) y QMI1 (ensayo 2-3). Entre los herbicidas totales el glifosato tuvo en general eficacias más altas que el glufosinato de amonio. No obstante las bajas eficacias generales, los tratamientos de control de malezas TM, QM y QM con fertilización, acentuaron las diferencias con T- en los tres ensayos y en la mayoría de las variables de crecimiento. Este hecho puso en evidencia nuevamente las falencias encontradas para la cuantificación de la interferencia de las malezas a partir de las estimaciones de cobertura y de eficacia de control.

En el ensayo 2-1 aparecen por primera vez alturas totales (At), áreas foliares totales (AFT) y biomasa de hojas (Bsh) significativamente mayores en QMO2 que en el tratamiento mecánico TM, como evidencia de un mejor control de malezas en este sistema QM y / o la disminución de daños en las raíces debidas a las labores mecánicas. Los datos de este ensayo revelaron también la importancia del segundo año de control de malezas para el establecimiento del cultivo, ya que la continuidad de los tratamientos produjo incrementos significativos en el crecimiento respecto de las parcelas con un año de control, mostrando además efectos aditivos con la fertilización localizada (tabla 7). En los ensayos 2-2 y 2-3 también se diferenciaron con más claridad los crecimientos con los diversos herbicidas preemergentes, posiblemente a consecuencia de la acumulación de efectos diferenciales

durante dos temporadas sucesivas. Las respuestas de los álamos a los herbicidas totales son en este sentido destacables, pues las diferencias entre el glifosato y el glufosinato en cuanto al nivel de control se vieron reflejadas en el crecimiento en altura de las plantas, a pesar de que los tratamientos se llevaron a cabo en una sola oportunidad. Lo anterior resalta la importancia que adquiere en los álamos un buen control de malezas al comienzo de la temporada de crecimiento (Stanturf *et al.*, 2001). Otro aspecto a destacar fue la ausencia de síntomas de fitotoxicidad en los tratamientos de los tres ensayos, ya que la segunda aplicación de oxifluorfen no tuvo efectos directos sobre las estacas así como tampoco las pulverizaciones sin protección que se realizaron con glifosato y glufosinato. La ausencia de síntomas por oxifluorfen al segundo año y en plantas de mayor altura refuerza la hipótesis de que los daños anteriores ocurrieron por salpicaduras con partículas de suelo tratadas. En el caso de los herbicidas de amplio espectro estos resultados indicarían que el momento de aplicación y la dosis fueron determinados correctamente, pues dichos activos pueden causar fitotoxicidad cuando las aplicaciones se realizan en forma inadecuada (Clay, 1991; Willoughby, 1996; Clay y Dixon, 1996).

Como se mencionara anteriormente, los efectos de los tratamientos integrados de control trascendieron el período inicial de establecimiento. Los mismos fueron distinguibles luego de transcurridos cuatro años en el ensayo 2-3 (tabla 17) y cumplida la mitad del turno de corta en el ensayo 2-1 (gráficos 4 y 16). Así, en el ensayo 2-3 las parcelas con imazaquín (QMI1) y las parcelas fertilizadas mantienen las diferencias significativas en At con los restantes tratamientos, y un comportamiento similar se comprobó con el DAP y el IV en los sistemas QM fertilizados y con dos años de control de malezas en el ensayo 2-1 (tabla 13). En principio, lo anterior significaría que un productor que incorpore la fertilización o que decida invertir en un segundo año de control de malezas podrá percibir mejoras en el crecimiento del bosque en el mediano plazo. Las implicancias silvícolas y económicas de estas mejoras resultan sin embargo difíciles de precisar en términos de rendimientos finales o de acortamientos del turno. Realizando estimaciones conservadoras de las ganancias por medio del análisis de “cambio de edad” (South *et al.*, 2006) se aprecia que los acortamientos del turno debidos a la fertilización o a un segundo año de control de malezas fueron máximos entre el tercer y cuarto año del ensayo 2-1 y luego comenzaron a disminuir con tendencia confluyente entre sí, sin que se aprecie una estabilización de los mismos (gráfico 16). Este comportamiento en los datos indicaría que los álamos en el Establecimiento “María Dolores” estarían respondiendo a la fertilización o un segundo año de control de malezas con un patrón de tipo “C”, en donde las ganancias obtenidas inicialmente se van perdiendo con anterioridad

a que el rodal alcance el turno de corta. La variación de los acortamientos del turno en función de la edad del ensayo muestra además los errores que podrían cometerse si se asumen como constantes las ganancias iniciales: con la fertilización por ejemplo, el acortamiento del turno llegaba aproximadamente a medio año al comienzo del ensayo, mientras que al promediar la rotación disminuyó hasta un cuarto de año.

Los motivos de esta variación, y en particular las razones por las cuales las parcelas fertilizadas pasaron a tener incrementos corrientes anuales menores que las no fertilizadas (gráfico 5) son hasta el momento difíciles de explicar a partir de la información disponible. En un ensayo similar con *Eucalyptus grandis*, Gaitán *et al.* (2004) observaron que durante el establecimiento los eucaliptos respondieron en forma significativa a la fertilización, y pese a que las diferencias absolutas entre las parcelas fertilizadas y no fertilizadas se incrementaron mostrando una respuesta intermedia entre los tipos “A” y “B”, el análisis estadístico de los rendimientos al turno no pudo detectar efectos significativos del tratamiento. Los autores explican este comportamiento en el aumento del valor crítico para los test de significancia, entendiendo que las respuestas posiblemente sean reales y que el diseño del experimento fue insuficiente para detectar diferencias en el largo plazo (Snowdon y Khanna, 1989). Los resultados obtenidos en el ensayo 2-1 se deberían en parte al comportamiento citado por Gaitán *et al.* (2004) y Snowdon y Khanna (1989), pues los valores críticos para el test de Tukey de la altura total (At) se incrementaron con la edad del experimento, y en 2004 las diferencias en At no fueron significativas para la fertilización ni para el segundo año de control de malezas. Sin embargo, la principal divergencia que se presenta entre éstos y los resultados de Gaitán *et al.* (2004) radica en la tendencia de los datos y sus valores absolutos, pues mientras que en los eucaliptos las diferencias medias en AB y Vcc se incrementan entre tratamientos, lo inverso ocurre en el ensayo 2-1 de esta tesis.

En determinadas situaciones se ha visto que el control de malezas o la fertilización pueden provocar respuestas de tipo “C” o “D” (Nilsson y Allen, 2003). En suelos arenosos y de bajo contenido de materia orgánica, una preparación del sitio intensiva o un control de malezas prolongado y efectivo pueden causar pérdida de nutrientes por lavado y disminuciones del crecimiento de los rodales tratados en el mediano y largo plazos (Richardson, 1993). Se han visto además respuestas de tipo “D” cuando los herbicidas causan fitotoxicidad al cultivo o cuando el control de malezas es efectivo sólo con especies herbáceas y promueve el establecimiento de leñosas u otras especies más competitivas (South *et al.*, 2006). También se han observado estas respuestas cuando las malezas resultan más favorecidas que el cultivo por la fertilización de arranque (Nilsson y Allen, 2003). Ninguna de

estas posibles causas parece aplicarse a las condiciones de desarrollo del ensayo 2-1, pues la preparación del sitio fue igual para todos los tratamientos y el nivel de control de malezas fue bajo. No se encontraron malezas leñosas ni síntomas de fitotoxicidad agudos, y en general fueron los álamos los que reaccionaron a la fertilización en lugar de las malezas. Se podrían plantear sin embargo dos hipótesis explicativas de lo ocurrido basadas en las consecuencias derivadas del “cambio de edad” observado en las parcelas. La primera de ellas plantea que debido al “cambio de edad” o adelantamiento en el crecimiento, las parcelas fertilizadas o con dos años de control de malezas quedaron en diferentes estados de desarrollo (construcción del área foliar, relación biomasa aérea / biomasa subterránea) que las no fertilizadas o con un año de control, y en esas circunstancias habrían tenido una susceptibilidad diferente a adversidades climáticas como las sequías (Snowdon, 2002; com. pers.<sup>1</sup>). El principal inconveniente de esta hipótesis es que la caída en los incrementos corrientes anuales (ICA) en altura de las parcelas fertilizadas coincide con el comienzo de un período de altas precipitaciones (2000 - 2001, gráfico 2) y por ende de baja probabilidad de déficit hídricos, la principal adversidad de la región. La segunda hipótesis en tanto plantea que en las parcelas fertilizadas se adelantó e intensificó la competencia intraespecífica (entre los álamos) (Binkley, 1993) y que la magnitud de la caída en los ICA denotaría la existencia de limitantes de sitio importantes, posiblemente relacionadas con nutrientes.

*Ensayos a escala de usuario, año 2000 (ensayos 2-4 y 2-5)*

Estos ensayos representaron un cambio en la escala de experimentación, mediante el cual se buscó extender los nuevos tratamientos QM a las condiciones productivas reales del establecimiento.

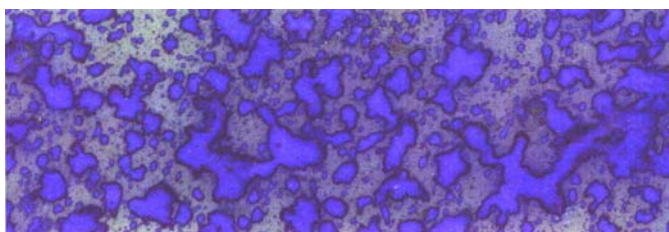
Los trabajos de modificación, calibración y control en campo de la pulverizadora de arrastre “Defensor” recibieron particular atención, pues los tratamientos fueron concebidos para su realización mecanizada y se carecía de antecedentes con este tipo de maquinaria en las plantaciones de la región. Después de probar diversas alternativas iniciales se arribó a una configuración (fotografías 1 y 2) en donde se lograron tasas de aplicación mayores a 300 l · ha<sup>-1</sup> y bajas velocidades de trabajo, junto con la reducción de riesgos de exoderiva. Los tres parámetros estuvieron relacionados entre sí, y se establecieron en función de la rugosidad del terreno, la presencia de residuos de cosecha y las condiciones climáticas ventosas que son

<sup>1</sup> Peter Snowdon, Investigador Científico Senior, CSIRO, Canberra, Australia.

frecuentes en estos sitios. Las tasas de aplicación elevadas, mayores a los valores medios utilizados en aplicaciones agrícolas, apuntaron a mejorar el número de impactos por  $\text{cm}^2$  de suelo, y de este modo contrarrestar los efectos de la existencia de terrones grandes sobre el control de los herbicidas preemergentes. Para la reducción de la deriva se recurrió a la formación de gotas grandes mediante boquillas del tipo antideriva (Pereyra *et al.*, 2005), que también contaron con un perfil de abanico plano uniforme específico para aplicaciones en banda (Bogliani, *et al.*, 2005; Teejet, 2004).

Además de la puesta a punto de la maquinaria, en estos ensayos se introdujeron cambios en los sistemas QM tendientes a mejorar los niveles de control y los costos. De los principios activos evaluados se seleccionaron el imazaquín, la atrazina y el glifosato, pues en los ensayos anteriores tuvieron menores costos y eficacias de control similares a los demás tratamientos. El glifosato fue aplicado por primera vez en mezcla de tanque con los preemergentes, siendo necesaria la utilización de un corrector de pH y quelatizante de iones como coadyuvante para mejorar la calidad del agua (Kissmann, 1997; Agostini, 2005). Las dosis de estos herbicidas, así como la del graminicida quizalofop-*P*-etil, se incrementaron a su vez en un 25% en busca de mayores eficacias de control.

En las aplicaciones en bandas efectuadas durante el primer año (fotografía 1) la maquinaria tuvo un desempeño general satisfactorio en cuanto a su capacidad de tránsito, maniobrabilidad y homogeneidad de la aplicación sobre las filas de plantación (fotografía 19); las pulverizaciones en media banda del segundo año (fotografía 2) también se efectuaron en forma correcta, aunque surgió la necesidad de acortar la longitud de la barra para evitar que los extremos de la misma alcanzaran las plantas de las filas y provocaran daños en su corteza (fotografías 2 y 10).



**Fotografía 19.** Tarjeta de papel sensible con marcas de impactos producidos por las gotas de pulverización (en color azul) sobre las bandas del control QM; aplicación de preemergentes en el Ensayo 2-4.

Si bien es dificultosa la comparación de los resultados entre los sucesivos ensayos, por existir diferencias entre los sitios y los años de realización, en los ensayos 2-4 y 2-5 se pudieron apreciar ciertas mejoras en las eficacias de control a los 60 DDT respecto de los experimentos 2-1, 2-2 y 2-3; no obstante ello en fechas posteriores se reiteraron los escapes de dicotiledóneas, que redujeron las eficacias incluso hasta valores negativos y enmascararon los altos niveles de control logrados sobre las gramíneas. Los problemas en el control de las dicotiledóneas se presentaron en ambos tratamientos, pero tuvieron mayor intensidad en las parcelas QMI2; los escapes de dicotiledóneas estarían relacionados con la presencia de cohortes avanzadas de plántulas en el momento en que se aplicaron los preemergentes. Si bien la atrazina y el imazaquín presentan actividad en POE, su acción es reducida y requiere de coadyuvantes para su maximización (De Liñán Vicente, 1997), por lo que el control en POE de estos productos resulta por sí solo insuficiente cuando la frecuencia de plántulas es elevada. La obtención de un buen control inicial de dicotiledóneas es muy importante además para el control de gramíneas subsiguiente. Se observó que los escapes de dicotiledóneas dificultan en gran medida la aplicación del graminicida al obstruir el avance del botalón con los picos, y además por interceptar gotas que de esa manera no alcanzan el objetivo. Las especies de gramíneas que se ven mayormente favorecidas por el efecto descrito son aquellas de hábitos rastreros, como el gramón y el pasto cuaresma. La aplicación de glifosato en mezcla de tanque con los preemergentes al comienzo de la segunda temporada de crecimiento representó un avance significativo, ya que a los 60 DDT se lograron niveles de control similares o superiores a los de ensayos anteriores, pero con una reducción importante en los costos operativos obtenida al aplicar los preemergentes y el herbicida total en una sola pulverización.

Los ensayos de esta etapa aportaron información adicional valiosa respecto del grado de seguridad de los tratamientos hacia los álamos. Los síntomas de intoxicación con atrazina encontrados en el ensayo 2-4 (fotografía 9), pusieron en evidencia que la selectividad posicional del tratamiento QMA2 en hapludoles énticos franco arenosos (tabla 2) se debilita o se pierde cuando ocurren lluvias intensas (gráfico 2), con efectos negativos y significativos sobre la supervivencia del cultivo. Desde este punto de vista, y dada la similitud en las eficacias de control logradas, el tratamiento QMI2 resultaría más conveniente por su seguridad. La ausencia de fitotoxicidad de la mezcla de preemergentes con glifosato sobre plantas sanas, reveló que este tipo de aplicación resulta factible, aunque deben extremarse los recaudos para evitar que se produzcan heridas en la corteza por las cuales los herbicidas pueden penetrar e intoxicar a las plantas (fotografía 10). Exceptuando las parcelas de QMA2

con fitotoxicidad, los resultados de los ensayos 2-4 y 2-5 confirmaron la tendencia observada en el ensayo 2-1, en el sentido de que los tratamientos QM permiten lograr mejoras significativas en altura total respecto del tratamiento TM (tabla 19).

*Parcelas demostrativas del período 2001 - 2004 y ensayo exploratorio de 2002.*

Las parcelas demostrativas de los años 2001 a 2004 tuvieron como punto de partida el estado de avance logrado con los ensayos 2-4 y 2-5. A partir de esa experiencia se buscó en forma sucesiva optimizar los sistemas QM, preparándolos para su transferencia a los productores. En esta etapa se evaluaron nuevos clones, y se encararon cambios en los tratamientos y en la técnica de pulverización, tendientes a mejorar el control a través de las combinaciones de agroquímicos, la calidad de la aplicación y la reducción de los costos operativos.

La primera modificación que se incorporó en 2001 fue la inclusión del clon 'Guardi' a las pruebas, y la aplicación de  $1,2 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de glifosato en mezcla de tanque con los preemergentes en la pulverización del primer año. El principal objetivo del glifosato fue reforzar el control en POE del tratamiento y reducir los escapes de dicotiledóneas que se observaron en los ensayos 2-4, 2-5 y anteriores. Junto con este herbicida total se adicionó un coadyuvante antideriva (Kissmann, 1997; Agostini, 2005). En la parcela de 2001 también se incrementó el ancho de banda pulverizada de 1,3 a 1,4 m, se probó un botalón largo para asperjar cuatro bandas por pasada y se aumentó el rendimiento operativo de la pulverizadora (Cazal, 2005) elevando la velocidad de avance hasta  $3,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y reduciendo la tasa de aplicación hasta  $272 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

El incremento en el ancho de banda tratada y la incorporación de glifosato y antideriva produjeron mejoras en la eficacia de control. La creación de bandas más anchas facilitó el empalme con las pasadas de disco en las entrefilas, y a su vez provocó que los escapes de malezas que eventualmente ocurren en la línea de encuentro entre los tratamientos se produjeran a mayor distancia de los árboles. La mezcla con glifosato tuvo un efecto marcado sobre las plántulas de dicotiledóneas y gramíneas invernales presentes en el momento de la aplicación, que aumentó la eficacia de los tratamientos y evitó escapes tempranos de dichos grupos de malezas. Este potenciamiento de la actividad de POE del sistema QM constituyó un importante avance, dado que las primeras cohortes de malezas son en general las que mayores pérdidas por interferencia ocasionan en los cultivos (Zimdahl, 1988; Sattin *et al.*, 1997). La nueva velocidad de avance y la reducción de la tasa de aplicación no afectaron en forma

visible la calidad del tratamiento, con lo que se demostró su factibilidad de uso. El botalón largo (fotografía 11) registró en cambio un excesivo movimiento en sus extremos operando con esta velocidad, y por ende resultó desaconsejable su uso a menos que se lo equipe con mecanismos de estabilización (Bogliani *et al.*, 2005). Uno de los resultados más destacables de la prueba de 2001 fue la reiteración de los síntomas de fitotoxicidad por atrazina, con severidades similares en los tres clones ensayados (fotografía 12). En esta parcela y a diferencia del ensayo 2-4, la aparición de fitotoxicidad estaría asociada principalmente a las abundantes precipitaciones ocurridas en la primavera de 2001 (gráfico 2) y en menor medida a la textura de los suelos. A pesar de haberse efectuado las pruebas sobre un hapludol típico de textura franca, la ocurrencia de lluvias importantes en los meses inmediatamente posteriores a la aplicación habrían superado la capacidad de retención de estos suelos, provocando el lixiviado en profundidad del herbicida y su ingreso a las plantas por vía radical (De Liñán Vicente, 1997). Con esta nueva manifestación de fitotoxicidad quedó comprobado que la dosis de atrazina del tratamiento QMA2 resulta excesivamente alta y poco segura para los suelos del establecimiento, y por ello se excluyó como tal de las parcelas y ensayos subsiguientes.

En función de lo anterior la parcela demostrativa de 2002 se llevó a cabo en su totalidad con el tratamiento QMI2, y se realizaron mejoras en el ancho de trocha y despeje de la pulverizadora, que permitieron introducir dos modificaciones en los parámetros de aplicación: se incrementó nuevamente la velocidad de avance hasta  $3,9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  y se redujo la tasa de aplicación hasta  $260 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Los resultados de 2002 mantuvieron en general las eficacias de control y el desempeño de la maquinaria alcanzados en 2001, aunque se observó por primera vez para el tratamiento QMI2 la aparición de síntomas de fitotoxicidad en los brotes de los clones ‘Conti 12’ y ‘Guardi’ (fotografía 14). Si bien tanto el imazaquin como el glifosato son herbicidas sistémicos con capacidad de ingreso vía foliar e inhibición de la síntesis de aminoácidos (Cobb, 1992; De Liñán Vicente, 1997; Gunsolus y Curran, 1998), los síntomas observados serían indicativos principalmente de fitotoxicidad por glifosato, ya que no se observó la aparición de coloración púrpura en la venación foliar, característica de plantas intoxicadas por imidazolinonas (Gunsolus y Curran, 1998). Asimismo, se presume que el ingreso del herbicida se habría producido por la superficie de corte expuesta en el extremo de la estaca, y desde allí trasladado al resto de la planta. Esta hipótesis se refuerza a partir de los antecedentes existentes y las observaciones efectuadas en el comportamiento de los clones.

Clay y Dixon (1996) comprobaron el ingreso de glifosato a plantas de álamo en condiciones similares de reposo invernal y estacas con cortes expuestos. Estos autores determinaron que era necesario reducir la dosis de glifosato a  $1,44 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  y dejar transcurrir un mes desde la realización del corte en la estaca para evitar la ocurrencia de daños graves por la aplicación del herbicida. Las diferencias aparentes que se observaron en la susceptibilidad de los clones tendrían relación con lo anterior, y se explicarían en función de los tiempos de preparación que tuvieron las estacas y su implantación en el terreno. Las estacas del clon “Stoneville 66” se cortaron con sierra circular e implantaron con diez días de anticipación a la aplicación de los herbicidas, mientras que los materiales ‘Conti 12’ y ‘Guardi’ se prepararon e implantaron dos días antes. En función de ello el herbicida glifosato habría ingresado en estos clones por la superficie de corte, mientras que “Stoneville 66” se mantuvo asintomático por poseer cortes en un estado de cicatrización más avanzado.

El ensayo exploratorio 2-6 realizado en 2002 suministró una nueva repetición espacial y temporal del tratamiento T-, y aportó los primeros resultados válidos del crecimiento de los álamos libre de malezas (T+). Con ello se tuvo además la posibilidad de realizar comparaciones entre los tratamientos T-, QM, QT y T+, desarrollándose bajo las mismas condiciones climáticas, de sitio y de composición de malezas.

En este ensayo se manifestaron nuevamente y en forma nítida los efectos negativos de las malezas sobre el crecimiento de los álamos. Las pérdidas observadas por interferencia fueron algo menores que en experimentos anteriores, debido posiblemente a las abundantes lluvias registradas durante la primera temporada de crecimiento (gráfico 3). En este contexto el sistema de control QT tuvo respuestas en general superiores a QM, logrando crecimientos cercanos al máximo alcanzable sin malezas (T+) (tabla 25; gráficos 6 al 9, 12, 13 y 15). No obstante ello el sistema QT acusó pérdidas al tercer año de un 5,5 % en At y un 19,8 % en AB respecto de T+, evidenciando que todavía existen oportunidades para mejorar diversos aspectos del mismo. Las respuestas de los álamos en QT y QM se habrían originado a partir de una sumatoria de diferencias entre los sistemas, más bien que a contrastes marcados en las coberturas totales de los escapes. Una de estas diferencias estuvo relacionada con las menores coberturas de gramón presentes en las parcelas QT, posiblemente debidas a las aplicaciones totales de graminicida que evitarían los ingresos de estolones que ocurren desde las entrefilas hacia las bandas en el sistema QM. El reemplazo de las pasadas con rastra de disco en las entrefilas por aplicaciones de herbicidas también habría contribuido a las mejoras observadas en el crecimiento, evitando los daños que esta práctica puede producir a las raíces

superficiales (Delle Coste y Di Lazzaro, 1969; Miller, 1999) o a la parte aérea de las plantas (McNabb *et al.*, 1995). Es posible asimismo que las especies de malezas escapadas del sistema QT hayan ejercido una interferencia menor que las especies presentes en el sistema QM, resultando en comunidades diferentes pero con coberturas similares (tablas 23 y 24).

El hallazgo de diferencias significativas entre ambos sistemas tiene a su vez diversas implicancias prácticas. En primer lugar se logró determinar en campo que el aumento en el costo de control que en general deriva de la utilización de un sistema QT (Richardson, 1993; Mc Nabb *et al.*, 1995; Mc Nabb, 1997) se puede traducir en incrementos mensurables en la respuesta del cultivo. Dichos incrementos estarían indicando asimismo la posibilidad de mejorar el sistema QM a partir de un aumento en el ancho de banda tratada más allá de 1,4 m, probablemente con bandas de 1,5 o 1,6 m de ancho. Similarmente, se destacan algunos resultados surgidos de la interacción entre la fertilización y el control de malezas: para el crecimiento en AB por ejemplo, el cultivo respondió a la fertilización con N sólo cuando ésta se realizó en forma conjunta con el control de malezas QM o QT. Además, la combinación del control QT y la fertilización con 67,5 g . planta<sup>-1</sup> de N permitió obtener crecimientos en AB similares a los logrados en T+ sin fertilización. Otro resultado destacable fue la ausencia de respuesta al aporte de N encontrada en T+, la cual puede deberse a la existencia de otro nutriente o nutrientes que actuarían como factor limitante en ese nivel superior de crecimiento. Lo anterior deja planteada la necesidad de encarar un análisis integral del estado nutricional de las plantaciones, que aborde tanto macronutrientes como micronutrientes (Stanturf *et al.*, 2001). Deben mencionarse por último las diferentes capacidades de respuesta observadas en los clones ante los dos sistemas de control de malezas. Si bien los clones tuvieron una tolerancia similar a las malezas cuando las pérdidas se expresaron en términos porcentuales, los incrementos en valor absoluto de variables como el volumen con corteza ante el cambio del sistema QM por el QT fueron marcadamente diferentes. Así, en ‘Conti 12’ y ‘Stoneville 66’ la diferencia fue de aproximadamente 3 dm<sup>3</sup> sin llegar a ser significativa, mientras que en ‘Guardi’ el incremento fue significativo y de 7,2 dm<sup>3</sup> (gráfico 9). Lo anterior muestra que, ante la decisión de invertir en un sistema QT más costoso, es recomendable direccionar los esfuerzos a clones como ‘Guardi’, que pueden duplicar la respuesta respecto de los demás materiales.

En la parcela demostrativa de 2003 los esfuerzos estuvieron dirigidos a la eliminación de riesgos de fitotoxicidad por glifosato en el tratamiento QMI2. En función de ello se redujo la dosis de glifosato en la mezcla hasta 0,72 kg i.a. · ha<sup>-1</sup>, y a partir de la experiencia con el

clon “Stoneville 66” se definió la necesidad de dejar transcurrir un período mínimo de 10 días entre la preparación - plantación de las estacas, y su pulverización; la modificación de la dosis de glifosato originó el tratamiento “QMI2 modificado” (tabla 20).

Los cambios practicados resultaron efectivos, ya que ninguno de los clones evaluados manifestó síntomas de fitotoxicidad por glifosato (esta parcela incluyó además a un clon nuevo, “Stoneville 67”). En tanto, el control de malezas en el período inicial alcanzó eficacias similares a las de parcelas anteriores. Como aspecto saliente de la parcela de 2003 debe mencionarse la elevada cobertura de escapes tardíos de cardos que se observaron en sectores localizados hacia los 120 DDT, siendo éste un problema que se encontró en forma recurrente durante los trabajos de esta tesis. Los escapes tardíos de dicotiledóneas como los cardos representan una dificultad importante para los tratamientos QM, cuyas aplicaciones se realizan sobre las plantas sin protección.

Para poder utilizar herbicidas en este tipo de sistema se depende de la selectividad posicional y el estado de reposo vegetativo de los álamos, o de la selectividad fisiológica del principio activo. Ambos tipos de selectividad fueron utilizados satisfactoriamente en los ensayos, pero son difíciles de obtener cuando se busca controlar escapes de dicotiledóneas en primavera o verano con los álamos en activo crecimiento.

Desde el punto de vista del control químico se pueden plantear inicialmente dos soluciones a este problema: la aplicación dirigida de herbicidas totales y la aplicación de herbicidas selectivos con acción en POE sobre dicotiledóneas. La primera alternativa cuenta con antecedentes a nivel internacional (McC Nabb *et al.*, 1995; Clay y Dixon, 1996; Stanturf *et al.*, 2001) y nacional (Echeverría y Martinuzzi, 1991; Toscani, 1994), siendo utilizada en esta tesis para la realización del tratamiento T+ en el ensayo 2-6 (fotografía 3); la aplicación dirigida de herbicidas como el glifosato presenta como principales ventajas el amplio espectro de control y el bajo costo del principio activo, pero tiene en general un mayor requerimiento de mano de obra, carece de residualidad y debe efectuarse sobre malezas de escasa altura para evitar la deriva hacia los álamos (Clay y Dixon, 1996). La segunda opción se ha desarrollado en base a la utilización de un reducido grupo de herbicidas compuesto principalmente por imazaquin y clopyralid, que pueden ser aplicados sobre el follaje de los álamos (Clay, 1991; Clay y Dixon, 1996; Miller, 1999; Stanturf *et al.*, 2001; Parker, 2005); estos dos herbicidas ejercen control en POE sobre las malezas, y si bien provocan fitotoxicidad en los álamos,

generalmente no afectan el crecimiento del cultivo (Clay y Dixon, 1996; Miller, 1999; Stanturf *et al.*, 2001; Parker, 2005; van Oosten, com. pers.<sup>1</sup>).

La actividad en POE de los tratamientos con imazaquin y clopyralid es sin embargo acotada, pues estos herbicidas controlan sólo una parte del espectro de dicotiledóneas y tienen mayor eficacia sobre plantas pequeñas. Además, la tolerancia de cada clon al imazaquin es muy variable (Ford y Rousseau, 1993) y debe conocerse en forma previa para evitar intoxicaciones agudas. El clopyralid en tanto, es especialmente efectivo en el control de compuestas como el cardo negro (Clay y Dixon, 1998), y por ello la aplicación de este principio activo sobre malezas pequeñas sería la alternativa más adecuada para evitar la ocurrencia posterior de escapes como los encontrados en la parcela demostrativa de 2003. En función de la experiencia reunida en esta parcela, los costos y eficacias de los tratamientos en POE con clopyralid y / o imazaquin podrían ser comparados respecto del costo de realización de una macheteada manual, que demandó entre 1 y 1,3 jornales · ha<sup>-1</sup>.

Las pruebas realizadas durante el período 2004 - 2005 presentaron escasas modificaciones respecto de la parcela de 2003: se aplicó por primera vez el tratamiento QMI2 modificado en el clon 'A 568/1' y se cambiaron las boquillas DG por los nuevos modelos AI y AIUB inducidas por aire (Bogliani, 2005; Teejet, 2004). El clon 'A 568/1' tuvo un desarrollo normal durante el transcurso de la prueba, sin presentar síntomas de fitotoxicidad; con la parcela demostrativa de 2004 se completaron así tres años de ensayos extensivos en campo en donde pudo comprobarse la seguridad del tratamiento QMI2 modificado sobre cinco clones de álamo, incluyendo diversos materiales de *P. deltoides* y de *P. × canadensis*. Las nuevas boquillas AI en tanto tuvieron un buen desempeño en general, pudiéndose apreciar una mejora en cuanto a la reducción de la formación de gotas derivables (Cazal, 2005) respecto del modelo DG. El modelo AI9505EVS de abanico plano uniforme pudo emplearse como reemplazo del modelo DG9505EVS en condiciones equivalentes y sin que fuera necesario modificar la altura del botalón. El modelo de boquilla excéntrica AIUB8504VS resultó útil para disminuir costos mediante la pulverización lateral de dos bandas por pasada, pero sus ventajas como boquilla antideriva quedaron reducidas al tener que elevar el botalón por encima de 1 m del nivel del suelo.

En cuanto a la eficacia de control del tratamiento QMI2, los resultados de mayor

<sup>1</sup>Cees van Oosten, SilviConsult Inc., Nanaimo, Columbia Británica, Canadá.

relevancia estuvieron relacionados con el hallazgo en la parcela de madreSelva y zarzamora como nuevas especies de malezas (tabla 21). En sentido amplio, los “escapes” de estas malezas pueden considerarse dentro del grupo de “escapes” tardíos de dicotiledóneas, ya discutido en referencia con los cardos en la parcela de 2003 y en ensayos anteriores. Sin embargo, desde el punto de vista del modo de vida o “historia de vida”, la zarzamora y la madreSelva constituyen especies potencialmente mucho más problemáticas y diferentes, no solamente en cuanto a su dificultad de control sino también respecto de su capacidad competitiva. Las dicotiledóneas herbáceas, anuales o perennes, son en general competidoras importantes durante los primeros años de establecimiento del bosque, pero posteriormente son suprimidas por los árboles y su influencia deja de ser significativa (Balandier *et al.*, 2006). Por el contrario las plantas arbustivas que desarrollan coberturas densas, como especies de *Rubus*, son capaces de permanecer en el sitio e interferir con los árboles más allá del período de establecimiento (Balandier *et al.*, 2006). En los casos de la zarzamora y la madreSelva se ha observado que pueden permanecer hasta el final de la rotación bajo las plantaciones de álamo, expandiendo su cobertura y logrando una instalación efectiva (Prada, com. pers.<sup>1</sup>; Toscani, 1994). Las plantas arbustivas de este tipo compiten con los árboles inicialmente por la luz (Balandier *et al.*, 2006), aunque posteriormente y aún debajo del canopy pueden provocar daños directos por estrangulamiento de fustes, o daños indirectos derivados de la obstrucción del sotobosque, tales como: el impedimento al tránsito de maquinaria y operarios, las dificultades para el control de incendios y de plagas, y la reducción de capacidad de carga de los sitios para el pastoreo.

En la parcela de 2004 realizada en el Establecimiento “María Dolores” los escapes de zarzamora y madreSelva se originaron a partir de colonias de arbustos preexistentes al ensayo, y que sobrevivieron no sólo a las actividades de aprovechamiento, sino también a la preparación del sitio y específicamente al control QMI2 de malezas. Los “escapes” ocurrieron en especial sobre las bandas, evidenciando una mayor tolerancia al control químico que al control mecánico con pasadas con rastra de disco en las entrefilas. Esta tolerancia observada a los herbicidas estaría dada por la similitud fenológica de estas especies con los álamos. Las experiencias sobre el control de estas malezas desarrolladas en el Delta del Paraná indican que ambas especies, y sobre todo la zarzamora, presentaron tolerancia a diversos herbicidas, siendo necesaria la realización de los tratamientos durante dos o más años para lograr su

<sup>1</sup> Carlos E. Prada, Jefe de Establecimiento María Dolores, Papel Prensa SAICFyM.

control (Toscani, 1994). Si bien las observaciones realizadas durante esta tesis indican que este tipo de malezas ocupa un área reducida respecto del total del establecimiento, las características ya mencionadas de estas especies justifican la elaboración de una estrategia de manejo en el mediano y largo plazos, con una orientación fuertemente preventiva (Aldrich y Kremer, 1997).

Como prácticas específicas que podrían incluirse en dicha estrategia cabe mencionar la realización de controles intensos de estas especies durante la preparación del sitio (Mc Nabb *et al.*, 1995) y como último recurso la puesta a punto de un tratamiento de aplicación dirigida en postemergencia, que podría ensayarse a partir de distintas combinaciones de glifosato con principios activos de acción arbusticida y preferentemente sin actividad por vía radical como el triclopir (Miller, 2003).

## **2.E. Conclusiones.**

La evidencia reunida en los ensayos mostró que las comunidades actuales del Establecimiento “María Dolores” están compuestas básicamente por malezas agrícolas de la región pampeana, en tanto que la presencia de malezas características del cultivo de álamo es todavía incipiente. Las especies dominantes son herbáceas de hábitos ruderales, competitivo - ruderales o tolerantes - ruderales. Los patrones sucesionales que tuvieron lugar en el proceso de enmalezamiento fueron similares a los encontrados en otros sitios de la pampa húmeda. Las etapas serales del primer año estuvieron dominadas por dicotiledóneas, mientras que con posterioridad comienzan a tener mayor participación las especies de gramíneas.

Si bien en estas plantaciones las prácticas de destoconado y rastreado eliminan la cobertura vegetal durante la preparación del sitio, se comprobó que en los meses subsiguientes las malezas recuperan rápidamente la cobertura si no son controladas, alcanzando valores del 50 al 95% a mediados de la primavera y en la primera estación de crecimiento. Esta situación determinó la ocurrencia de interacciones malezas - cultivo con la aparición, en todos los casos, de efectos netos negativos sobre el desarrollo de este último. Se adjudica a dichas interacciones la formación en las estacas de hojas más pequeñas y escleromorfias, menores superficies fotosintéticas, senescencia precoz de hojas y formación anticipada de yemas invernales, respuestas que se interpretan en conjunto como mecanismos de ajuste del cultivo a la interferencia de las malezas.

Estas respuestas tuvieron su correlato en las pérdidas estadísticamente significativas medidas para las dos variables silvícolas más importantes de la fase de establecimiento: la supervivencia y el crecimiento. Si bien la magnitud de las pérdidas tuvo variaciones según los sitios y años ensayados, los resultados muestran que si un productor de la región no realiza controles de malezas deberá hacer frente a pérdidas de crecimiento en los álamos o en los casos más desfavorables, como temporadas con escasas precipitaciones o malezas muy competitivas por la radiación, a pérdidas en supervivencia. Las pérdidas en altura total por interferencia al segundo año fueron del 50% en promedio, mientras que para la supervivencia las mismas alcanzaron el 40% en algunos casos. Se comprobó además que los efectos de las malezas trascienden la etapa de establecimiento y pueden ser significativos aún cumplido el sexto año de crecimiento; a esa edad las pérdidas registradas en altura total fueron del 20%, significando para el productor el retraso de un año en el desarrollo del rodal con malezas respecto de otro que fue desmalezado con el tratamiento mecánico. La información reunida demostró que la importancia tradicionalmente dada por los productores al control de malezas está justificada en la comprobación de las pérdidas que las mismas producen durante la fase de establecimiento, siendo estas pérdidas comparables o superiores a las registradas por enmalezamientos en otras plantaciones de álamo del mundo.

Los resultados iniciales obtenidos con las aplicaciones de herbicidas mostraron que la totalidad de los principios activos y dosis evaluados resultaron seguros hacia los álamos, ya sea por su selectividad posicional o fisiológica. Con ello se obtuvo nueva información referente a la selectividad en álamos de los herbicidas atrazina, simazina, oxifluorfen, diuron, linuron, terbutilazina, alaclor, imazaquin, quizalofop-*P*-etil, glifosato y glufosinato de amonio, ampliando así el espectro de tratamientos disponibles para la región. La determinación de tratamientos químicos selectivos para los álamos en las condiciones del Establecimiento “María Dolores” resultó esencial por cuanto representó la posibilidad de efectuar aplicaciones mecanizadas de herbicidas en bandas y a partir de ello contar con alternativas para reemplazar los desmalezados manuales con azada. Si bien inicialmente los sistemas químicos-mecánicos no representaron mejoras en términos de eficacia de control, el desarrollo de los álamos en algunos sistemas con herbicidas y fertilizantes superó al obtenido con el sistema mecánico, mostrando en este sentido ventajas en favor del control integrado. En estos sistemas los álamos respondieron con un mayor desarrollo en área foliar, altura y diámetro de copas, respecto del testigo enmalezado en primer lugar y también de control mecánico tradicional. Se pudo comprobar asimismo que la incorporación de fertilizantes y la realización de un segundo

año de aplicaciones de herbicidas tiene a su vez efectos positivos y aditivos sobre el crecimiento del cultivo, produciendo incrementos adicionales en altura de entre el 10 % y el 56 % en el caso de los fertilizantes y del 10 % para el segundo año de control. Las trayectorias de crecimiento de las parcelas con controles integrados se diferencian con claridad entre el segundo y cuarto año post - plantación respecto del control tradicional. Estas diferencias tienden sin embargo a desaparecer hacia el sexto año de edad, hecho que demuestra los riesgos de trasladar a futuro las ganancias iniciales obtenidas si no se cuenta con evaluaciones respaldatorias realizadas al cumplimiento del turno.

La evaluación integral de los sistemas alternativos se completó a través de cinco años de experimentación en ensayos a escala de usuario y parcelas demostrativas, instancias en las cuales se mejoraron distintos aspectos de los sistemas como los principios activos y dosis utilizados, los parámetros de aplicación y las características técnicas de la maquinaria. Luego de las sucesivas experiencias se pudo definir un sistema químico-mecánico alternativo con factibilidad de ser transferido a los productores, y que tuvo mayor eficacia de control que el sistema mecánico con ganancias de crecimiento en altura en los álamos de un 18 % al segundo año. El sistema probó además ser seguro en distintos clones de álamo, sitios y condiciones climáticas; sus principales características son:

Sistema mixto químico - mecánico con imazaquin, glifosato y quizalofop-*P*- etil (QM I2 con modificaciones)

*Primer año de crecimiento:*

Componente químico:

- una aplicación invernal de 0,72 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de glifosato en mezcla de tanque con 0,3 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> de imazaquin, y dos aplicaciones de 68 g i.a. · ha<sup>-1</sup> de quizalofop-*P*-etil (primavera y verano). Las pulverizaciones se realizan en bandas de 1,4 m de ancho sobre las filas de plantación; el tratamiento invernal puede efectuarse sobre las estacas sin protección una vez que transcurrieron un mínimo 10 días desde su plantación.

Componente mecánico:

- dos pasadas de disco entre filas por temporada, de 2,1 m de ancho de labor.

*Segundo año de crecimiento:*

Componente químico:

- una aplicación invernal de  $0,72 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de glifosato en mezcla de tanque con  $0,3 \text{ kg i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de imazaquin; una aplicación de  $68 \text{ g i.a.} \cdot \text{ha}^{-1}$  de quizalofop-*P*-etil (primavera); pulverizaciones en bandas de 1,4 m de ancho sobre las filas de plantación.

Componente mecánico:

- dos pasadas de disco entre filas por temporada, de 2,1 m de ancho de labor.

A partir de las pruebas efectuadas en el Establecimiento “María Dolores” se comprobó que es factible ejecutar los tratamientos químicos en bandas en forma mecanizada y sin protección de las estacas. La opción de mecanización menos costosa asume la utilización de una pulverizadora de arrastre sin mecanismos de estabilización de botalón, situación en la cual se recomienda la pulverización de dos bandas o dos medias-bandas por pasada, y la utilización de boquillas antideriva de tipo abanico plano uniforme o abanico plano respectivamente. En las condiciones de preparación de sitio estudiadas el conjunto tractor - pulverizadora pudo transitar en forma adecuada con una velocidad de avance de  $3,9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , efectuando la aplicación con una tasa efectiva sobre la banda de  $260 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  de caldo. Estos parámetros pueden considerarse recomendaciones orientativas para los productores, susceptibles de ser modificadas en función de las condiciones y experiencias particulares de cada establecimiento.

En situaciones en donde el objetivo sea maximizar el crecimiento inicial de la plantación, los datos demostraron que es posible obtener aumentos significativos en el crecimiento de los álamos si junto con el sistema QM I2 realiza una fertilización localizada de arranque con  $45 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de N, o  $45 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de N y  $34 \text{ g} \cdot \text{planta}^{-1}$  de P. También se pueden lograr aumentos adicionales de hasta un 57 % en volumen de leño de los árboles si se ejecuta el sistema químico sobre la totalidad de la superficie, reemplazando las pasadas de disco entre las filas. Debe tenerse en cuenta sin embargo que en estas circunstancias se incrementarán los gastos directos por herbicidas y fertilizantes, y que los beneficios a obtener

más allá de la etapa de establecimiento son inciertos. Por lo anterior estas inversiones adicionales en herbicidas y fertilizantes serían recomendables principalmente para los clones y sitios de mayor potencial productivo.

### **Capítulo 3. Estudios sobre la variación temporal de la competencia y determinación del período crítico para el control de malezas.**

#### **3. A. Introducción.**

Entre los factores básicos que determinan las pérdidas de rendimiento por competencia en un cultivo se encuentran la densidad de las malezas y su variación en el tiempo (Aldrich y Kremer, 1997). La variación temporal de la competencia y sus efectos son frecuentemente abordados mediante la determinación del denominado período crítico de control de malezas, el cual es considerado un componente esencial en un sistema de manejo integrado (Swanton y Weise, 1991). En general, los cultivos presentan un período inicial de crecimiento durante el cual pueden tolerar la presencia de malezas sin que ocurran pérdidas de rendimiento; este período de tolerancia es seguido por otro en donde las malezas comienzan a provocar pérdidas. El período crítico de control de malezas ocurre a continuación del período de tolerancia, y se define como aquel durante el cual las malezas deben ser controladas para prevenir pérdidas de cosecha (Sattin *et al.*, 1997). La finalización del período crítico tiene lugar cuando el cultivo logra un establecimiento efectivo, a partir del cual los controles de malezas adicionales ya no producen incrementos en el rendimiento. La ocurrencia, duración y demás características del período crítico varían en función de las distintas combinaciones de cultivos, malezas y sitios, obedeciendo por tanto a condiciones específicas de cada sistema productivo (Zimdahl, 1988). Se han encontrado casos de cultivos que son susceptibles a las malezas durante casi la totalidad de su ciclo de crecimiento, mientras que en otras situaciones un solo desmalezado resultó suficiente para evitar pérdidas de rendimiento (Radosevich *et al.*, 1997). Para cultivos agrícolas como soja, maíz o girasol y en condiciones de enmalezamiento moderadas o altas, se considera que en general el período crítico de control abarca el primer tercio del ciclo productivo (Sattin *et al.*, 1997). Los antecedentes sobre el tema son escasos para los cultivos forestales en general, mientras que para los álamos se carece de trabajos previos. Wagner *et al.* (1999) y Wagner (2000) han determinado los períodos críticos para distintas especies de coníferas del bosque boreal, encontrando importantes diferencias en las respuestas a períodos variables de control de malezas.

El período crítico es una herramienta de manejo que permite al productor saber en qué momento debe concentrar los esfuerzos de control para evitar las mayores pérdidas de crecimiento (Aldrich y Kremer, 1997; Radosevich *et al.*, 1997), siendo esto particularmente

útil para determinar la oportunidad de ejecución de los controles de postemergencia (Sattin *et al.*, 1997). Los estudios sobre períodos críticos pueden aportar además valiosa información respecto de la competitividad relativa del cultivo y la comunidad de malezas en el sistema (Aldrich y Kremer, 1997), y contribuir a la integración de técnicas de control alternativas (Swanton y Weise, 1991).

Tal como se mencionara en el primer capítulo de esta tesis, una de las mayores desventajas del sistema actual de control de malezas (TM) es su lentitud. Esta característica, sumada a la escasa dotación de operarios permanentes en los establecimientos forestales, determina que las oportunidades y frecuencias con las que se realizan los controles de malezas estén fuertemente condicionadas por limitantes operativas antes que por las necesidades del cultivo (Prada, com. pers.<sup>1</sup>). Esto significa que muchas veces los controles sean inoportunos por su ejecución temprana o tardía, o tengan una frecuencia e intensidad inferior a la necesaria. Asimismo, los sistemas de control QM que se proponen como alternativa también contemplan tareas cuyo momento de realización es variable, como la aplicación de herbicidas de postemergencia y laboreos con rastra de discos. En este contexto el conocimiento del período en el cual los álamos son más sensibles a las malezas permitiría la organización de las prácticas de control de malezas en base a las necesidades temporales específicas de los árboles, lo cual puede contribuir a mejorar su efectividad.

En función de lo anterior esta línea de trabajo tiene como objetivos específicos: **a-** establecer si en las plantaciones de álamo existe un período crítico para el control de malezas y **b-** determinar su duración y características con vistas a su aplicación práctica en la planificación de los tratamientos de control.

### **3. B. Materiales y Métodos.**

La investigación se llevó a cabo a través de la evaluación de un ensayo en campo con el clon “Stoneville 66”, el cual fue establecido en un sector adyacente a los ensayos exploratorios 2-1, 2-2 y 2-3 (Capítulo 2.B). Este experimento (ensayo 3) fue implantado el 20 de agosto de 1998, utilizando las mismas técnicas de preparación del sitio, plantación, distanciamientos y calidad de estacas que en los ensayos mencionados.

<sup>1</sup> Carlos E. Prada, Jefe de Establecimiento María Dolores, Papel Prensa SAICFyM.

Para evaluar los efectos de la variación temporal de la interferencia de malezas sobre el cultivo forestal se realizaron distintos desmalezados manuales con azada en un radio de 0,7 m alrededor de las plantas de álamo. Los desmalezados tuvieron diferentes duraciones y momentos de realización, originándose dos grupos de nueve tratamientos. Los tratamientos del primer grupo conformaron una serie de períodos crecientes de interferencia de malezas desde la fecha de plantación, con duraciones totales de 0 hasta 240 días. Una vez cumplidos dichos períodos se procedió a mantener en un nivel mínimo la cobertura de malezas hasta el final de la estación de crecimiento. Los tratamientos del segundo grupo variaron en forma inversa, es decir que representaron una serie de períodos decrecientes de interferencia (desde 240 a 0 días), en cuyo caso la cobertura de malezas se mantuvo cercana a cero hasta que, una vez cumplido el período del tratamiento, cesaban las carpidas para permitir la reinvasión de malezas. La superficie de todas las entrefilas fue laboreada por igual con rastra de discos en dos ocasiones durante cada estación de crecimiento, en tanto que el área de terreno remanente entre plantas en los distanciamientos de 2,8 m recibió sucesivos cortes con machete en sincronía con las carpidas.

El ensayo correspondió a un experimento de tipo simple, unifactorial, con un diseño completamente aleatorizado y cuatro repeticiones. Cada parcela estuvo constituida por seis plantas sucesivas de una fila, asignándose las cuatro centrales al tratamiento y las dos de los extremos a la bordura de la parcela. Los tratamientos incluidos en el ensayo fueron:

Primer grupo de tratamientos:

Con malezas hasta (días post -plantación)

**A**= 0 días (20 agosto)

**B**= 30 días (20 setiembre)

**C**= 60 días (20 octubre)

**D**= 90 días (20 noviembre)

**E**= 120 días (20 diciembre)

**F**= 150 días (20 enero)

**G**= 180 días (20 febrero)

**H**= 210 días (20 marzo)

**I**= 240 días (20 abril)

Segundo grupo de tratamientos:

Con malezas desde (días post -plantación)

**J**= 0 días (20 agosto)

**K**= 30 días (20 setiembre)

**L**= 60 días (20 octubre)

**M**= 90 días (20 noviembre)

**N**= 120 días (20 diciembre)

**O**= 150 días (20 enero)

**P**= 180 días (20 febrero)

**Q**= 210 días (20 marzo)

**R**= 240 días (20 abril)

La respuesta del cultivo a los tratamientos se estudió durante los dos primeros años posteriores a la plantación, a través de relevamientos de la supervivencia, el crecimiento en altura total y el comportamiento fenológico de las plantas. Se realizaron registros mensuales de supervivencia, como el número de plantas muertas por parcela. Las alturas totales se

midieron el 19 de agosto de 1999 y el 20 de agosto de 2000 con cinta métrica y pértiga altimétrica respectivamente. Los registros fenológicos de brotación, amarillamiento y caída de hojas se realizaron mensualmente, empleando la escala propuesta por Castellani *et al.* (1967). El estado fenológico de cada parcela quedó determinado por el registro que tuviera más del 50% de frecuencia dentro de la misma.

La significancia estadística de las diferencias fenológicas entre tratamientos se evaluó para cada fecha de relevamiento mediante la prueba de Kruskal Wallis. Para poder caracterizar el crecimiento del cultivo en la totalidad del rango de interferencias de malezas se utilizó un enfoque funcional (Sattin *et al.*, 1997) consistente en un análisis de regresión de las alturas totales obtenidas en cada año y para cada grupo de tratamientos (Cousens, 1991; Kropff y van Laar, 1993). Se analizaron distintas funciones, evaluándose su ajuste a los datos a través de los respectivos coeficientes de determinación ajustados ( $R^2$ ) y distribuciones de los residuos. Los análisis estadísticos se efectuaron mediante los programas InfoStat, V. 2004 – U. N. Córdoba (InfoStat, 2004) y Statgraphics Plus para Windows Versión 4.0 (Statistical Graphics Corp., 1999).

### **3. C. Resultados y Discusión.**

El ensayo 3 se llevó a cabo en forma simultánea con los ensayos 2-1 y 2-2, teniendo por tanto las mismas condiciones climáticas durante su desarrollo (véase Capítulo 2. B., pp. 12-13). La supervivencia del cultivo resultó del 100% en todas las parcelas sin que fuera afectada por los grados variables de interferencia de las malezas, mientras que por el contrario se observaron efectos significativos sobre la fenología y el crecimiento en altura de los álamos (tabla 26; gráficos 17, 18, 19 y 20). La alta supervivencia registrada en el ensayo, aún en las parcelas I y J con plena interferencia de malezas, coincidió con la supervivencia observada en las parcelas T- de los ensayos 2-1 y 2-2. Este resultado se debería a que la comunidad de malezas no logró la supresión del cultivo por crecimiento en altura y sombreado total, y a que el grado de interferencia por recursos edáficos tampoco habría alcanzado los niveles suficientes para provocar mortandad. Este comportamiento diferencial de los dos tipos de variable, supervivencia respecto de crecimiento, ha sido observado en otros cultivos forestales y tiene que ver con la capacidad de adecuación de cada especie forestal a la interferencia de malezas. En la medida que la interferencia aumenta los árboles reducen su crecimiento, hasta llegar a situaciones en las cuales no pueden realizar ajustes adicionales y comienza a

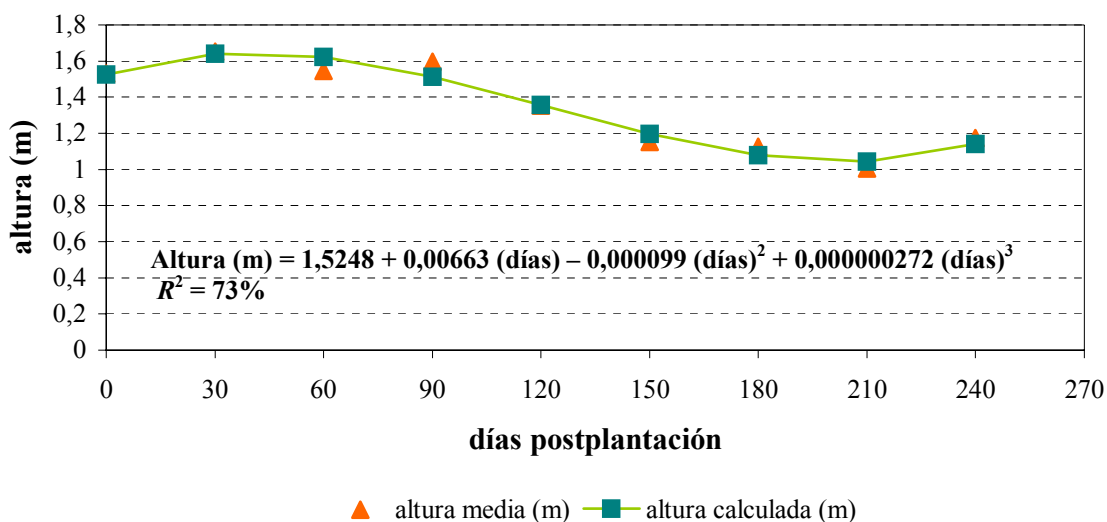
producirse mortandad (Wagner *et al.*, 1989). En *Pinus ponderosa* se encontró que la densidad umbral de malezas para la supervivencia fue superior a la correspondiente al crecimiento en volumen, marcando por tanto la necesidad de determinar por separado los niveles - objetivo a lograr con cada variable (Wagner *et al.*, 1989).

En el transcurso del ensayo el período de actividad vegetativa del clon “Stoneville 66” tuvo una duración similar durante los dos primeros años, comenzando con la brotación a mediados de setiembre y finalizando a mediados de junio con reposo total en todas las fenofases (tabla 26, gráficos 21 y 22). En los dos períodos se pudieron determinar en forma consistente tres etapas. La etapa inicial ocurrió desde setiembre hasta principios de diciembre, con la elongación de tallos y formación del área foliar. A continuación y hasta fines de marzo tuvo lugar una etapa intermedia en donde la elongación y producción de hojas sucedió en forma simultánea con la senescencia precoz y la caída de hojas. Por último la etapa final fue preparatoria para el reposo invernal, y estuvo caracterizada por el cese de la brotación y la ocurrencia plena de amarillamiento y caída de hojas hasta principios del mes de junio.

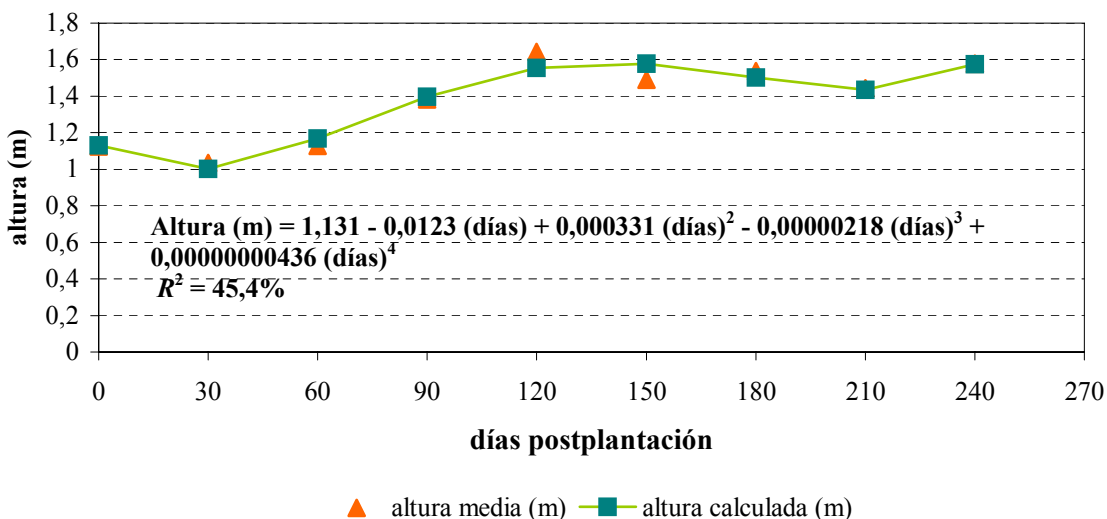
**Tabla 26.** Significancia del estadístico *H* de Kruskal - Wallis para las diferencias entre tratamientos del Ensayo 3 en la brotación, el amarillamiento y la caída de hojas según las distintas temporadas y fechas relevadas.

Temporada de crecimiento 1998 - 1999				Temporada de crecimiento 1999 - 2000			
fecha de relevamiento	brotación	amarillamiento de hojas	caída de hojas	fecha de relevamiento	brotación	amarillamiento de hojas	caída de hojas
19/9	ns	-	-	25/9	0,016	-	-
27/10	ns	-	-	5/11	ns	-	-
23/11	ns	-	-	7/12	ns	ns	-
23/12	ns	ns	0,0001	28/12	ns	0,008	ns
21/1	ns	ns	0,063	18/1	ns	ns	ns
21/2	ns	ns	ns	19/2	0,05	0,008	ns
27/3	0,0028	ns	ns	18/3	ns	ns	ns
24/4	-	0,09	ns	17/4	-	ns	ns
29/5	-	ns	ns	31/5	-	<0,0001	<0,0001
25/6	-	-	-	20/6	-	-	-

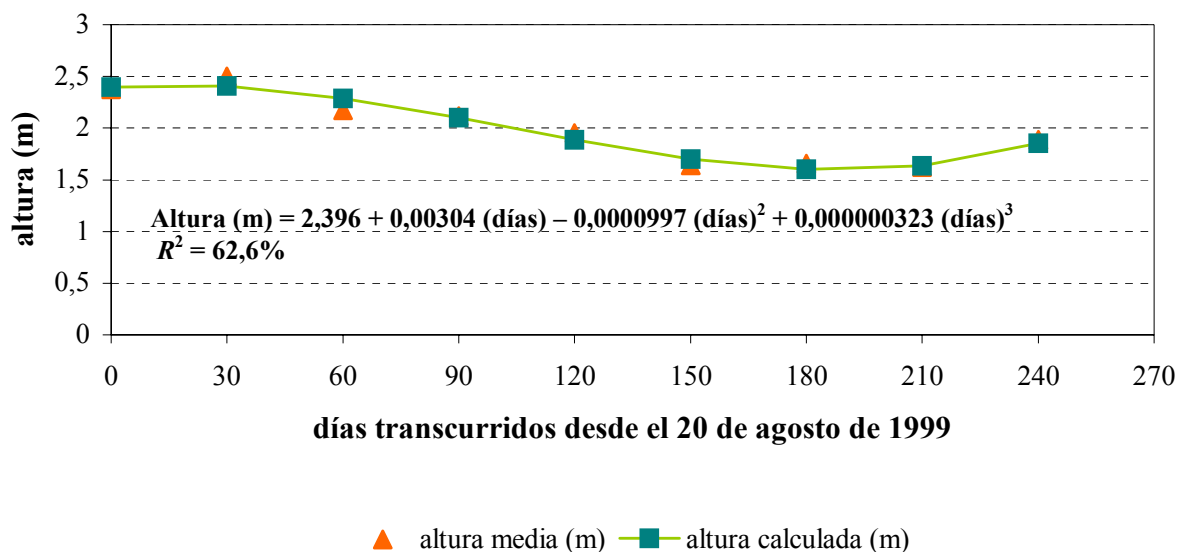
Leyendas: - = fenofase sin iniciar o concluida; ns =  $p > 0,10$



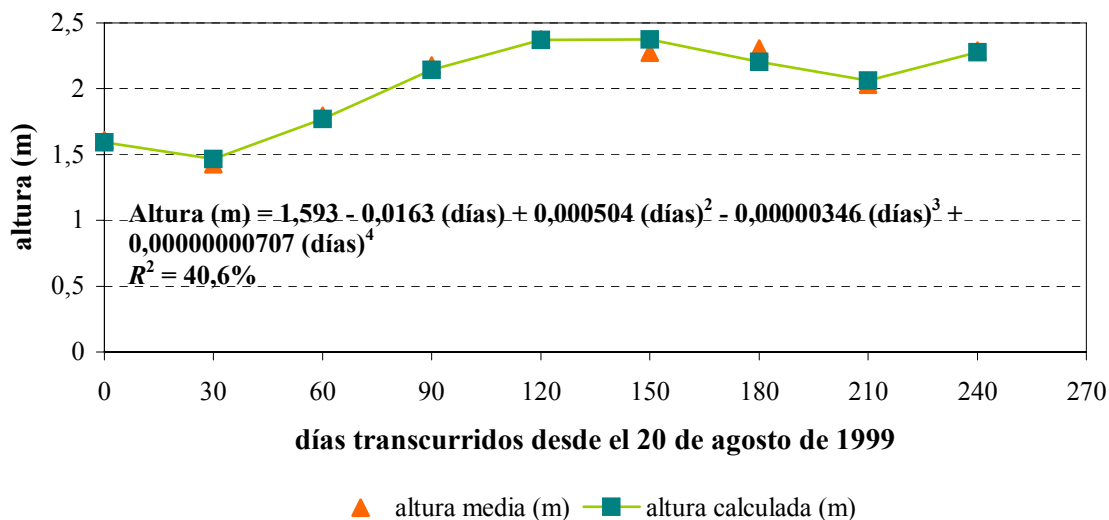
**Gráfico 17.** Medias de tratamientos y función ajustada para la serie de tratamientos A-I, datos de altura total de agosto de 1999; plantación = 20 de agosto de 1998.



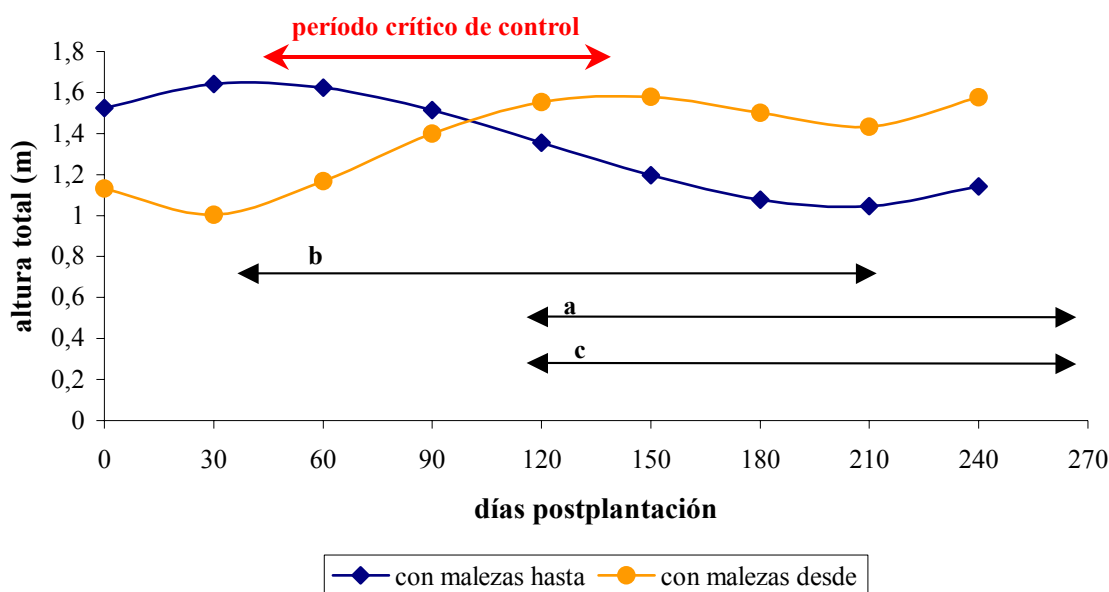
**Gráfico 18.** Medias de tratamientos y función ajustada para la serie de tratamientos J-R, datos de altura total de agosto de 1999; plantación = 20 de agosto de 1998.



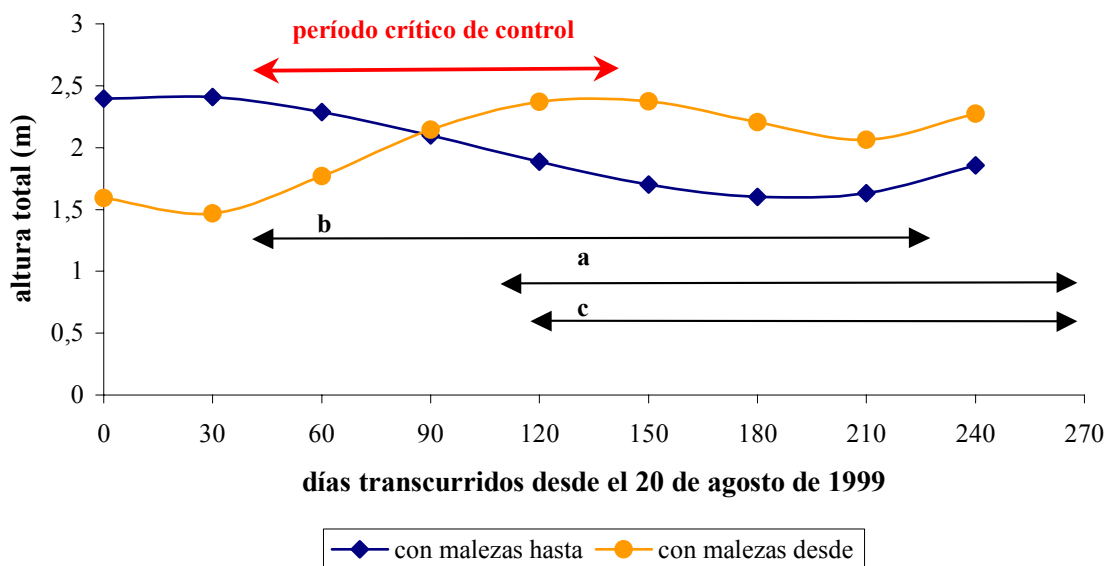
**Gráfico 19.** Medias de tratamientos y función ajustada para la serie de tratamientos A-I, datos de altura total de agosto de 2000.



**Gráfico 20.** Medias de tratamientos y función ajustada para la serie de tratamientos J-R, datos de altura total de agosto de 2000.



**Gráfico 21.** Alturas totales calculadas y fenología del cultivo para distintos tratamientos de desmalezado y enmalezado en la temporada 1998-1999 (b = período con ápices activos, elongación de entrenudos y producción de nuevas hojas; a = período con presencia de hojas total o parcialmente amarillas; c = período con caída de hojas); plantación = 20 de agosto de 1998.



**Gráfico 22.** Alturas totales calculadas y fenología del cultivo para distintos tratamientos de desmalezado y enmalezado en la temporada 1999-2000 (b = período con ápices activos, elongación de entrenudos y producción de nuevas hojas; a = período con presencia de hojas total o parcialmente amarillas; c = período con caída de hojas).

Al igual que en otros vegetales, el crecimiento y desarrollo de los álamos está regulado por factores genéticos y ambientales (bióticos y abióticos), y por las complejas interacciones que ocurren entre ambos. Por su latitud de origen el clon “Stoneville 66” tiene un ciclo de crecimiento comparativamente más prolongado que los materiales como *P. × canadensis* ‘Conti 12’ seleccionados en latitudes mayores, presentando ápices activos y crecimiento en altura incluso hasta la primera quincena del mes de marzo (Gennari *et al.*, 2006). Desde el punto de vista ambiental la duración de la estación de crecimiento en los álamos está básicamente determinada en su comienzo por la acumulación de horas de frío y el incremento en la temperatura del aire, en tanto que la finalización depende del fotoperíodo (Gennari *et al.*, 2006). En este contexto las malezas podrían intervenir afectando la disponibilidad de recursos y modulando junto con el clima el comportamiento del cultivo durante la estación de crecimiento activo.

En las respuestas de los álamos a los tratamientos se observaron mecanismos de ajuste a la interferencia de malezas tales como la abscisión de hojas basales (relevada como amarillamiento - caída de hojas), y la reducción en la actividad de los ápices (detectada como estado de la brotación). Pese a que los desmalezados se realizaron con la técnica de carpida y machete que resultó poco efectiva en el ensayo 2-1 (Capítulo 2.D), los distintos momentos e intensidades en los que se efectuaron provocaron diferencias fenológicas significativas en las tres fenofases y en los dos años relevados (tabla 26). En general los tratamientos con períodos prolongados de desmalezado como B, C y R mantuvieron las yemas con mayor actividad en marzo de 1998, setiembre de 1999 y febrero de 2000, respecto de los tratamientos con períodos cortos de desmalezado, como H, I, J y K. Las plantas con períodos cortos de desmalezado fueron a su vez las que tuvieron un amarillamiento foliar más marcado en mayo de 2000 y mayor caída de hojas en diciembre de 1999 y mayo de 2000. Asimismo, la escasez de precipitaciones habría contribuido a agudizar los déficit de humedad edáfica que son frecuentes en la región durante el período estival, y explicarían la ocurrencia anticipada de procesos de senescencia foliar (amarillamiento y caída) en las plantas, que fueron más notables en las parcelas con mayor interferencia de malezas (H, I, J, K).

Estas respuestas fenológicas contribuyen a explicar las diferencias de crecimiento en altura registradas entre los tratamientos. Así, las parcelas sin interferencia (A y R) que tuvieron ápices más activos y retuvieron mayor área foliar, superaron en altura a las parcelas que por el contrario se desarrollaron bajo condiciones de interferencia de malezas durante toda la estación de crecimiento (I, J), y que llegaron incluso a tener grados avanzados de defoliación e inactividad apical. En agosto de 1999 los tratamientos sin interferencia tuvieron

alturas medias de 1,53 y 1,57 m (A y R respectivamente), superiores en un 31 y un 40% a las obtenidas para los tratamientos I y J (1,17 y 1,12 m) (gráficos 17 y 18). En agosto de 2000 estas diferencias se redujeron a un 26% entre A e I, y se incrementaron a un 43% entre R y J (2,37 y 2,29 m para los tratamientos A y R, contra 1,88 y 1,60 m para los tratamientos I y J) (gráficos 19 y 20).

Las mejores regresiones entre las alturas totales y los días de desmalezado / enmalezado desde el punto de vista de la variabilidad explicada y la distribución de los residuos se lograron a través de funciones polinómicas de tercer y cuarto orden (gráficos 17 a 20). La representación de las curvas ajustadas correspondientes a los tratamientos A – I de las dos estaciones de crecimiento (“con malezas hasta”, gráficos 21 y 22) permitió determinar un período inicial de tolerancia a las malezas, el cual se extiende desde la fecha de plantación hasta los 35 a 45 días. Durante este período relativamente corto de tiempo la interferencia de las malezas no provocó pérdidas de crecimiento. A partir de ese momento y cuando el cultivo comienza la fenofase de plenitud de brotación, las malezas ocasionan pérdidas crecientes en el crecimiento en altura hasta aproximadamente los 180 días postplantación, momento a partir del cual las alturas se estabilizan en torno al nivel mínimo. La existencia de un período inicial de tolerancia de malezas como el que se observa para los álamos en la pampa húmeda concuerda con la información disponible sobre diversos cultivos agrícolas en otras partes del mundo (Aldrich y Kremer, 1997; Sattin *et al.*, 1997). Las curvas de los tratamientos J-R (“con malezas desde”, gráficos 21 y 22) permitieron por otro lado definir el momento a partir del cual el cultivo alcanza un grado de dominancia sobre las malezas que hace innecesario el control posterior de las mismas (Kropff y van Laar, 1993). En el ensayo 3 esta dominancia quedó establecida a partir de los 130 días postplantación, es decir al promediar el período de crecimiento. A partir de lo anterior el período crítico para el control de malezas en la asociación álamos – malezas estudiada estaría representado por el lapso de tiempo que transcurre entre los 35 a 45 días (fines de septiembre, el comienzo de la plenitud de brotación) y los 130 días postplantación (comienzo del verano) (gráficos 21 y 22).

La determinación de este período crítico significa en primer lugar que el crecimiento en altura del cultivo es sensible a la interferencia de las malezas, y a su vez que esa sensibilidad se circunscribe a la primavera y el comienzo del verano. Dentro del período crítico se observa asimismo que la curva “con malezas desde”, presenta mayor pendiente que la curva “con malezas hasta”, lo que muestra que el cultivo es capaz de alcanzar en menos tiempo la altura máxima respecto del lapso requerido por las malezas para disminuir la altura de los álamos al mínimo, siendo esto un indicador general de la competitividad del cultivo

respecto de las malezas (Aldrich y Kremer, 1997). La ubicación del período crítico en la primavera y comienzos del verano sería además una evidencia de que las malezas presentes en la primera mitad del ciclo de crecimiento (predominantemente otoño-invernales) fueron más importantes en la determinación del crecimiento de los álamos que las de la segunda mitad (primavera estival). Otra evidencia en este sentido surge de comparar las alturas medias alcanzadas a los 120 días en las dos curvas luego del segundo año de ensayo (gráfico 22). Allí se aprecia que la altura de la curva “con malezas desde” resultante del crecimiento de los álamos con interferencia durante la segunda mitad del ciclo, es mayor que la altura de los álamos desarrollados con 120 días iniciales sin desmalezado (curva “con malezas hasta”). La ocurrencia de mayores pérdidas en la primera mitad del ciclo podría deberse además a que en dicho período y hasta mediados de febrero, el clon “Stoneville 66” presenta las mayores tasas de crecimiento en altura de la totalidad de la temporada (Gennari *et al.*, 2006), siendo un momento en el cual las limitantes debidas a interferencia podrían por tanto provocar las mayores pérdidas absolutas.

### **3. D. Conclusiones.**

Los resultados obtenidos en el Establecimiento “María Dolores” revelan que en las condiciones ambientales evaluadas, existe un período crítico para el control de malezas en las plantaciones de álamo. Dicho período comienza a fines de septiembre en coincidencia con la plenitud de brotación del cultivo y finaliza a comienzos del verano, aproximadamente cumplidos los 130 días postplantación.

Desde el punto de vista aplicado, los datos resaltan la importancia de realizar controles de malezas altamente efectivos durante la primavera. Si el productor dispone sólo de técnicas mecánicas de control, debería asegurarse el personal y maquinaria suficientes como para realizar los desmalezados necesarios desde el inicio de la primavera hasta comenzado el verano, manteniendo baja la cobertura de malezas en dicho período. En el caso de efectuarse un control químico - mecánico o químico, resulta clave el grado de control que se pueda lograr sobre las primeras cohortes emergentes de malezas, para lo cual se requiere contar con tratamientos invernales que posean una alta eficacia inicial con acción de postemergencia temprana, y que además mantengan su residualidad en lo posible hasta comienzos del verano. Asimismo y dentro de este contexto, los resultados que se obtengan con la primera aplicación

de graminicida cobran más importancia que los de la segunda. Esta última aplicación debería adelantarse en su fecha de ejecución, para que sus efectos de control sean ejercidos dentro del período crítico establecido.

Es menester sin embargo tener en cuenta algunos aspectos que condicionan los resultados de este ensayo, y que confieren a los mismos un valor exploratorio u orientativo. El primero de ellos estuvo dado por la distribución irregular de las lluvias en los dos años de experimentación, hecho que podría haber acentuado los procesos de competencia en la primera parte del ciclo de crecimiento de los álamos y en cambio atenuado los mismos en la segunda parte. Por otro lado se vió en ensayos posteriores que la técnica de desmalezado repetido con azada no es recomendable para el manejo de la cobertura de malezas, por la acción de remoción del suelo superficial y el corte de raíces de los álamos. La utilización de una técnica perfeccionada de control como el glifosato dirigido, y el registro de variables más sensibles como el diámetro basal o el índice de volumen, podrían haber originado resultados ligeramente diferentes a los que finalmente se obtuvieron.

## **Capítulo 4. Análisis económico comparado de los sistemas de control de malezas.**

### **4. A. Introducción.**

En la pampa húmeda argentina, la silvicultura ha sido un complemento de las actividades agropecuarias tradicionales, cumpliendo básicamente funciones ornamentales y de protección (SAGyP - INTA, 1995). Las estrategias de diversificación productiva encaradas por los establecimientos rurales y la instalación de una serie de empresas forestales que producen madera destinada a las industrias del aserrado y el papel, han cambiado paulatinamente ese objetivo inicial, generando una superficie de más de 5.000 ha de plantaciones comerciales de Salicáceas que buscan maximizar el valor presente neto de la inversión. Por otro lado los altos costos de la tierra y las distancias a los centros de consumo limitan la expansión de las forestaciones, exigiendo además a estos emprendimientos la optimización de las prácticas de manejo para poder mantener la rentabilidad.

Los sistemas de control de malezas tienen un impacto directo sobre el resultado económico de la forestación. Desde el punto de vista de los ingresos, el control de malezas condiciona la supervivencia y el crecimiento inicial, pudiendo por tanto influir en la duración del turno y / o los rendimientos (Mead, 2005). En cuanto a los costos la ejecución de desmalezados requiere de considerables esfuerzos logísticos, y en el caso de las Salicáceas en la pampa húmeda demandan alrededor del 39 % de los gastos totales de reforestación (SAGPyA, 2005). Otro aspecto destacable de estos costos se relaciona con el momento del ciclo productivo en el que ocurren: se trata de erogaciones que se concentran en el comienzo de la rotación y que por ello deben actualizarse por períodos prolongados, debido a su separación temporal de los ingresos.

La mayoría de las plantaciones de Salicáceas existentes en la pampa húmeda son reforestadas luego del aprovechamiento o se conducen mediante el manejo del rebrote. La reforestación es necesaria cuando se quieren reemplazar los clones y las configuraciones actuales por otras combinaciones de mayor productividad. También se utiliza cuando las cepas remanentes no aseguran una adecuada ocupación del sitio con el rebrote, mientras que en la producción de madera de calidad constituye una necesidad insalvable por tratarse de rodales que se manejan con el régimen de “monte alto” o fustar. Entre los mayores problemas que el silvicultor tiene que resolver en la reforestación se encuentran la eliminación de las cepas remanentes y el control de las malezas, estando el segundo en varios aspectos condicionado por el primero.

El método de control de malezas más difundido en la reforestación es el mecánico (TM), que combina tratamientos de desmalezado con azada alrededor de las plantas con pasadas cruzadas de rastra de disco. Este método es lento y requiere un número importante de operarios para las labores manuales, además de resultar poco efectivo para controlar malezas con capacidad de rebrote. Para poder realizar las labores cruzadas con rastra de disco se necesita además que el sitio haya sido destococonado con anterioridad y en el caso de una nueva configuración de plantación, adecuar los distanciamientos a las dimensiones del tractor y la rastra de disco. Estas características hacen que el sistema sea costoso y poco flexible para la mayoría de los productores agropecuarios, que no cuentan con maquinaria específica para destococonar y raramente disponen de personal entrenado para desmalezar en forma manual.

A nivel mundial existen numerosos antecedentes en donde el empleo de herbicidas en el cultivo de álamo ha permitido reducir los costos de plantación. Esta disminución se ha logrado a través del reemplazo de los desmalezados manuales (Temirgaliev, 1971; Cellerino, 1976; Magnani, 1976; Ford, 1993) o la disminución de las labores mecánicas (Aird, 1962; Frochot *et al.*, 1979; Bowersox *et al.*, 1992; Stanturf y Portwood, 1999). Una combinación que ha probado ser viable es la aplicación de herbicidas en bandas complementada con labores mecánicas sobre la superficie no pulverizada (Von Althen, 1981; Dickmann y Stuart, 1983; Ledin y Willebrand, 1995). Esta alternativa permite mejorar la relación costo - beneficio del tratamiento (Richardson, 1993; Mc Nabb, 1997) y reducir las dosis de agroquímicos aplicadas por hectárea respecto del control químico total (Swanton y Weise, 1991).

En nuestro País el problema fue abordado por Delle Coste y Di Lazzaro (1969), quienes introdujeron y evaluaron distintos tratamientos químicos en busca de alternativas económicamente más eficientes al control mecánico. Los resultados iniciales obtenidos por estos autores fueron promisorios, ya que comprobaron que el sistema químico-mecánico permitía reducir los jornales destinados al desmalezado y también disminuir los gastos administrativos. Estas experiencias tuvieron sin embargo escasa difusión entre los productores, y quedaron desactualizadas por la aparición en el mercado de nuevos herbicidas.

Los resultados desarrollados en el Capítulo 2 demuestran que es posible alcanzar o superar los niveles de efectividad del sistema TM, mediante el reemplazo del desmalezado manual por la aplicación de herbicidas en bandas y la realización de pasadas con rastra de disco simples en vez de cruzadas. No obstante ello, los sistemas químico-mecánicos (QM) siguen dependiendo de las labores previas de destococonado, que hacen posible las pasadas con rastra de disco entre las filas. Para reforestaciones entre tocones se han ensayado alternativas

de control químico total (QT, ensayo 2-6), que permiten implantar las estacas sin necesidad del destocoado ni de pasadas con rastra de disco. Otra de las prácticas evaluadas en esta tesis y factible de ser integrada al control de malezas es la fertilización localizada con urea (F), que aceleró el establecimiento de la plantación (Capítulo 2.D) en los ensayos realizados.

Este paquete tecnológico que incluye herbicidas podría mejorar la rentabilidad de la actividad (Stanturf y Portwood, 1999) y tiene además buenas posibilidades de adopción por parte de los productores de la región, que cuentan con conocimientos y experiencia en el manejo de agroquímicos y alta predisposición a adoptar nuevas tecnologías.

El objetivo de este capítulo es analizar el impacto económico que los tratamientos alternativos podrían tener en caso de ser incorporados en reemplazo del sistema mecánico actual, considerando en dicho análisis las situaciones variables en cuanto al tipo de cambio, salarios y precios de los insumos que han ocurrido en el País en los últimos años.

#### **4.B. Materiales y Métodos.**

Los datos analizados fueron obtenidos a partir de los ensayos y las parcelas demostrativas llevados a cabo entre los años 2001 y 2004 (Capítulo 2). En estas parcelas y en forma conjunta con el registro de la información sobre eficacia, fitotoxicidad y respuesta de los álamos, se reunió información básica para el cálculo de los costos de implantación y protección de los diferentes sistemas de reforestación de álamo, con énfasis en la preparación del sitio y el control de malezas. Los cálculos de costos fueron realizados a partir de información obtenida en su totalidad de situaciones productivas reales, con parcelas demostrativas de 5 ha de extensión como mínimo (Apéndice). Para simplificar el análisis se fijaron algunas características comunes a todos sistemas, como la densidad de plantación de 1142 estacas por hectárea, la configuración de 3,5 m entre filas por 2,5 m entre plantas, las tareas de preparación del sitio (con excepción del destocoado y subsolado) y la implantación manual de las estacas. Las comparaciones se efectuaron entre el sistema mecánico tradicional (TM) y los sistemas alternativos, que plantean grados intermedios y altos de incorporación de agroquímicos y reemplazo de mano de obra o labores culturales. Las principales características de los sistemas evaluados fueron:

-Mecánico tradicional (tratamiento testigo, TM): triturado de tocones con pasadas de rastra destococonadora (destococonado), subsolado cruzado, desmalezados con azada alrededor de las plantas y pasadas cruzadas con rastra de disco entre plantas.

-Químico – mecánico (QM): destococonado, subsolado cruzado, aplicación de herbicidas en bandas y pasadas de disco simples (entre filas). Los herbicidas preemergentes y dosis utilizados en mezcla de tanque con glifosato fueron los mismos que se describieron y ensayaron en el Capítulo 2: simazina (QM S2), oxifluorfen (QM O2), atrazina (QM A2), imazaquin (QM I2), linurón (QM L), diurón (QM D) y quizalofop-*P*-etil (graminicida).

-Químico total (QT): sin destococonado, con subsolado en un sentido y control químico de malezas y rebrote de cepas. Se plantó entre las filas de cepas. Este sistema es similar a QM I2 en cuanto a la aplicación del herbicida preemergente y el graminicida en bandas, en tanto que el destococonado y las pasadas de disco entre filas se reemplazaron por aplicaciones dirigidas de glifosato 48% (primera aplicación de 2,78 kg i.a. · ha<sup>-1</sup> y la segunda de 0,96 kg i.a. · ha<sup>-1</sup>). El diseño del sistema y la técnica de aplicación de glifosato dirigida con “cajón” se definieron a partir de los resultados obtenidos en el ensayo 2-6 con los tratamientos QT y T+ (Capítulo 2).

*Sistemas con fertilización de arranque (F):*

-Químico – mecánico con F (QM I2 F): tratamiento QM I2 con aplicación localizada de 45 g · planta<sup>-1</sup> de N en forma de urea, en dosis dividida. El fertilizante es aportado en forma manual con mochilas dosificadoras, aplicando 22,5 g · planta<sup>-1</sup> de N el primer año con la plantación y una segunda dosis en la primavera del año siguiente (45 g · planta<sup>-1</sup> de N en dos años).

-Químico total con F (QT F): control de malezas químico sin destococonado, con la misma fertilización del sistema anterior. Se plantó entre filas.

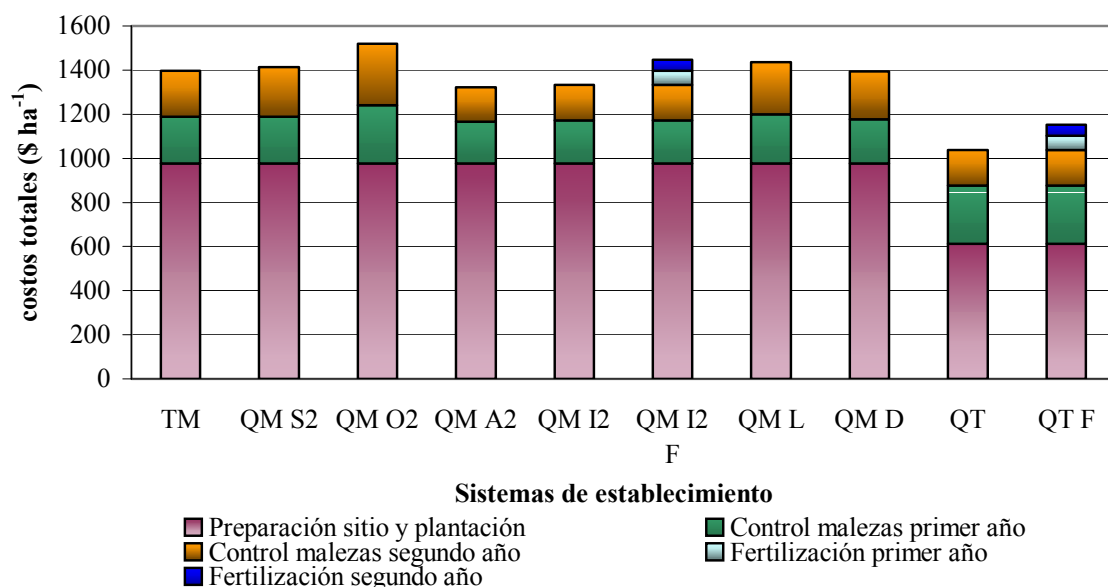
Para realizar las comparaciones se calcularon los costos directos de cada tratamiento en las parcelas demostrativas, en tanto que las diferencias de crecimiento respecto del tratamiento testigo TM al segundo año se estimaron a partir de los resultados de los ensayos 2-1 al 2-6 (Capítulo 2). Los costos se obtuvieron considerando los precios de mercado vigentes en julio de 2004 para la contratación de maquinaria, la adquisición de herbicidas y de fertilizante, siguiendo la estructura utilizada por Jaime (2003). La mano de obra se valoró

según el salario del peón rural de convenio. Las cotizaciones, rendimientos y otros elementos utilizados en las prácticas actuales son los usuales para la región, en tanto que los que corresponden específicamente a la aplicación a escala de producción de los sistemas QM, QT y sus variantes se midieron y promediaron durante la ejecución de las parcelas demostrativas (ver detalles en Apéndice).

Por último se realizó un análisis de sensibilidad centrado en la relación de dos variables seleccionadas a priori por su importancia y posibilidades de fluctuación en el tiempo: el precio de los herbicidas y de la mano de obra. En el contexto macroeconómico argentino y con posterioridad a la devaluación del peso, los salarios han registrado incrementos ligeramente superiores al precio de los insumos, cuyos valores se encuentran en muchos casos virtualmente dolarizados. A partir de lo anterior se analizaron tres escenarios futuros: en el escenario 1 (E1) se evaluó el impacto de un incremento del salario del 20%; en el escenario 2 (E2) un incremento del salario del 40% y en el escenario 3 (E3) una suba del 20% en el valor del dólar respecto del peso, que tendría una influencia directa en el precio de la mayoría de los insumos, como los herbicidas y los fertilizantes.

#### **4.C. Resultados y Discusión.**

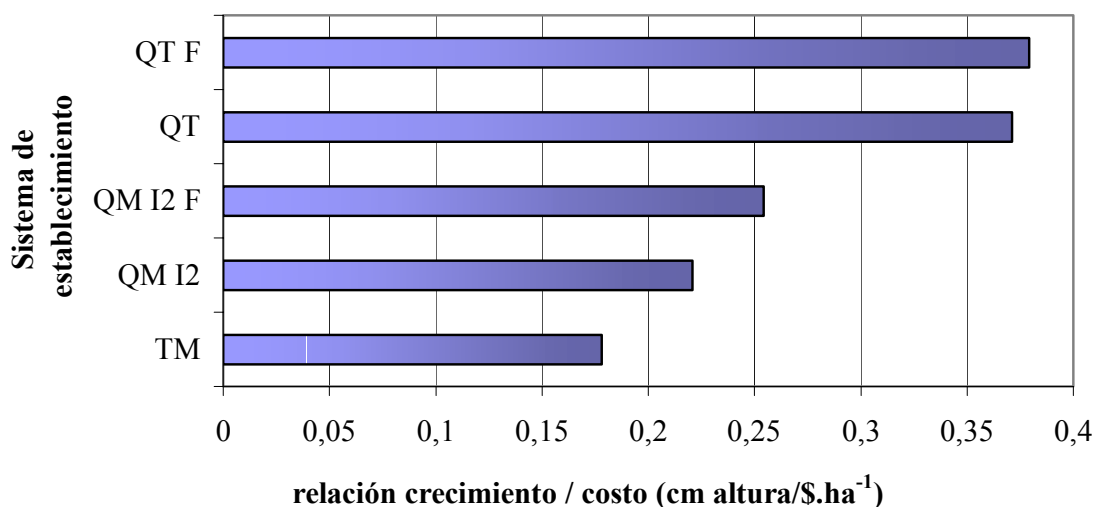
En el gráfico 23 se aprecian los costos directos de los diferentes sistemas de reforestación. Los sistemas QT tuvieron los menores costos, aún con fertilización. Estos sistemas evitaron el destocoado que tiene una importante participación en los costos de preparación del sitio, y a su vez comprendieron una sola pasada con subsolador en vez de dos. Entre los sistemas QM hay variantes causadas por el precio del herbicida preemergente utilizado, registrándose los mayores valores para los sistemas que utilizan los herbicidas oxifluorfen y linurón, y con costos menores a los del sistema testigo TM cuando se utiliza atrazina o imazaquín. El empleo de simazina o diuron produjo costos similares a TM.



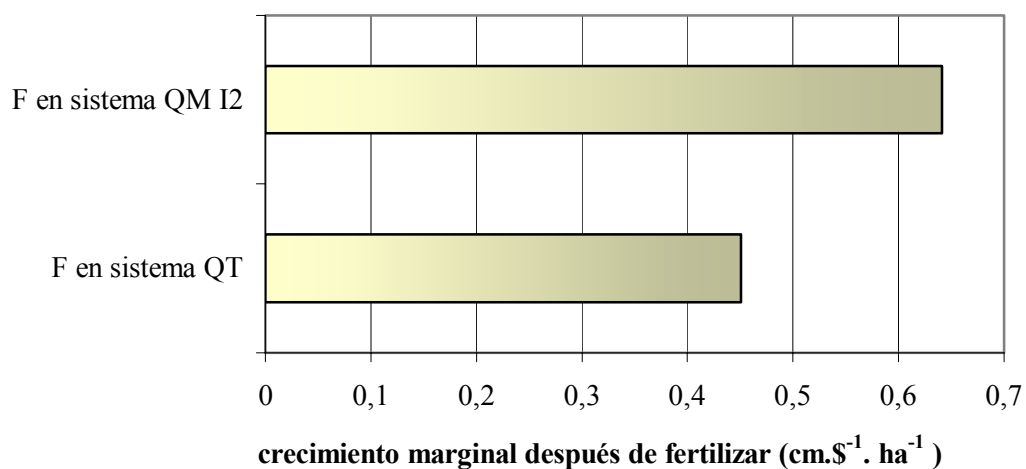
**Gráfico 23.** Costos directos de los distintos sistemas de reforestación con álamo evaluados (vigentes en julio de 2004). Leyendas: TM, control mecánico tradicional; QM, control químico-mecánico; QT, control químico total; S2, simazina dosis alta, O2, oxifluorfen dosis alta; A2, atrazina dosis alta; I2, imazaquin dosis alta; F, fertilización; L, linurón; D, diurón.

Además de las diferencias observables en los costos directos, en el Capítulo 2 se comprobó que los sistemas QM y QT permitieron alcanzar mayores crecimientos iniciales que el tratamiento mecánico TM. Tomando como variable de comparación a la altura media del cultivo al segundo año de crecimiento, y basando las estimaciones en los resultados del Capítulo 2, se observaron ganancias significativas en altura de los sistemas QM sobre el TM de un 18,1% en promedio, y a su vez del sistema QT sobre los sistemas QM de un 31,1%. La fertilización en los sistemas QM produjo un incremento medio en el crecimiento del 25,5 %, mientras que en un sistema QT se incrementó un 13,5 % el crecimiento en altura (ensayos 2-1 al 2-6, Capítulo 2).

Si se realiza una comparación de los sistemas sobre la base de la relación crecimiento / costo las diferencias se amplían en favor de los tratamientos QT en primer lugar, y luego los QM, por sobre el sistema TM (gráfico 24). Por otro lado el análisis incremental del efecto de la fertilización (F) muestra un mayor crecimiento marginal del cultivo cuando la misma se realizó en sistemas QM que cuando esta práctica se llevó a cabo en el sistema QT (gráfico 25).



**Gráfico 24.** Relación crecimiento medio en altura al segundo año / costo de establecimiento ( $m \cdot \$^{-1} \cdot ha^{-1}$ ) para distintos sistemas de reforestación. Leyendas: TM, control mecánico tradicional; QM, control químico-mecánico; QT, control químico total; I2, imazaquin dosis alta; F, fertilización.



**Gráfico 25.** Crecimiento marginal del cultivo en respuesta a la fertilización, sistemas QM I2 y QT ( $cm \cdot \$^{-1} \cdot ha^{-1}$ ). Leyendas: F, fertilización; QT, control químico total; QM, control químico-mecánico; I2, imazaquin dosis alta.

Si bien la relación crecimiento / costo y el crecimiento marginal son indicadores con un valor orientativo importante, una evaluación financiera integral de los sistemas mencionados debería realizarse sobre la base de un análisis de costo – beneficio al turno, pues de este modo se ponderarían los efectos de los tratamientos alternativos tanto sobre los costos

como sobre los ingresos. Mientras que las estimaciones de costos no presentan complicaciones metodológicas de magnitud, resulta por el contrario dificultoso calcular los incrementos reales o esperables en los ingresos en base a la información disponible actualmente. Los procedimientos más utilizados para este tipo de evaluaciones cuantifican las mejoras en el crecimiento debidas a los tratamientos como un acortamiento del turno o un incremento del rendimiento a cosecha (Mason y Milne, 1999; Mead, 2005; South *et al.*, 2006); en ambos casos la información más confiable proviene de ensayos de largo plazo en donde estas variables son medidas a cosecha y no estimadas. La estimación de las mismas al turno a partir de la proyección de las ganancias en crecimiento obtenidas al comienzo de la rotación puede conducir a errores, según sea el tipo de respuesta que finalmente presente el rodal a los tratamientos y la variabilidad de los datos (Mason y Milne, 1999). Para el ensayo 2-1 de esta tesis se cuenta con mediciones de seis años del crecimiento en altura, en donde se aprecia que el cultivo acusa una respuesta de tipo C (Nilsson y Allen, 2003) en los sistemas QM S2 y QM S2 F respecto del testigo TM, lo que implica que las ganancias iniciales logradas por estos sistemas sobre el testigo se habrían perdido antes de alcanzar el turno de corta (gráfico 4, Capítulo 2).

A partir de lo anterior se observa que las predicciones de eventuales aumentos en el rendimiento o de reducciones del ciclo de corta tienen por el momento una marcada incertidumbre y requieren de ensayos al turno para su confirmación, siendo recomendable en el corto plazo centrar la evaluación de los sistemas en las posibles disminuciones que puedan lograrse en los costos de implantación y protección. Teniendo en cuenta este criterio los sistemas QT, QT F, QM I2 y QM A2 son los que más ventajas tuvieron sobre TM, no sólo porque redujeron los costos sino también porque lograron mayores crecimientos iniciales en el cultivo. Es posible avanzar aún más en la reducción de costos resignando las ventajas de crecimiento, con la elección del sistema QM con un año de control en bandas en vez de dos, como QM S2 -1 (Ensayo 2-1, Capítulo 2). Este sistema permitió lograr alturas muy similares a TM (gráfico 4, Capítulo 2) y ahorrar parte de los costos de control del segundo año (gráfico 23).

Los resultados del análisis de sensibilidad de los escenarios E1, E2 y E3 se muestran en las Tablas 27 a 30. El tratamiento que más incrementó los costos en E1 y E2 es el testigo, por la marcada participación de la mano de obra en el control de malezas. Lo inverso ocurre con la fertilización que se vió más afectada por variaciones en el tipo de cambio (tabla 30). En el escenario E1 los costos del sistema TM fueron superados sólo por QM I2 F, por el costo

adicional de la fertilización, pero cuando se pasó a E2 esa diferencia relativa desapareció, quedando el sistema TM como el más costoso de los evaluados.

**Tabla 27.** Costos ( $\$.ha^{-1}$ ) de los sistemas en el escenario E1 (con incremento del salario del 20%) y diferencias respecto de la situación base (sin incremento de salario).

Tratamiento	Sobre costos totales						Sobre costos específicos			
	1° año		2° año		1° y 2° años		Control de Malezas			
	valor	dif.	valor	dif.	valor	dif.	valor	dif.	valor	dif.
TM (testigo)	1247,4	59,9	234,7	24,7	1482,1	84,7	234,7	24,7	234,7	24,7
QM I2	1208,5	37,9	164,2	2,4	1372,7	40,2	195,8	2,6	164,2	2,4
QM I2 F	1277,5	42,8	218,1	4,8	1495,5	47,7	195,8	2,6	164,2	2,4
QT	909,9	34,2	163,3	1,9	1073,1	36,1	266,7	2,8	163,3	1,9
QT F	978,8	39,2	217,2	4,4	1196,0	43,5	266,7	2,8	163,3	1,9

Leyendas: TM, control mecánico tradicional; QM, control químico-mecánico; QT, control químico total; I2, imazaquin dosis alta; F, fertilización.

Es interesante resaltar que con una apreciación del dólar respecto del peso del 20% (E3) el sistema QT F tuvo costos apreciablemente menores a TM, pese a que presenta una mayor participación de insumos que se comercializan con precios internacionales (a valor dólar). Asimismo en E3 los tratamientos QT, QT F y QM I2 conservaron su ventaja respecto de TM pese a ser un escenario particularmente desfavorable por la relación directa de los herbicidas y fertilizantes con el tipo de cambio. El sistema TM en tanto fue menos sensible que los sistemas QM y QT a las fluctuaciones del tipo de cambio.

**Tabla 28.** Costos ( $\$. ha^{-1}$ ) de los sistemas en el escenario E2 (con incremento del salario del 40%) y diferencias respecto de la situación base (sin incremento de salario).

Tratamiento	Sobre costos totales						Sobre costos específicos			
	1° año		2° año		1° y 2° años		Control de Malezas			
	valor	dif.	valor	dif.	valor	dif.	valor	dif.	valor	dif.
TM (testigo)	1307,4	119,9	259,4	49,5	1566,8	169,3	259,4	49,5	259,4	49,5
QM I2	1246,4	75,7	166,5	4,7	1412,9	80,5	198,4	5,3	166,5	4,7
QM I2 F	1320,3	85,7	222,9	9,7	1543,2	95,3	198,4	5,3	166,5	4,7
QT	944,0	68,4	165,2	3,8	1109,2	72,2	269,5	5,6	165,2	3,8
QT F	1018,0	78,3	221,5	8,7	1239,5	87,0	269,5	5,6	165,2	3,8

Leyendas: TM, control mecánico tradicional; QM, control químico-mecánico; QT, control químico total; I2, imazaquin dosis alta; F, fertilización.

**Tabla 29.** Costos ( $\$.ha^{-1}$ ) de los sistemas en el escenario E3 (con incremento del 20% en el valor del dólar respecto del peso) y diferencias respecto de la situación base (sin incremento del valor del dólar).

Tratamiento	Sobre costos totales						Sobre costos específicos			
	1° año		2° año		1° y 2° años		Control de Malezas			
	valor	dif.	valor	dif.	valor	dif.	1° año		2° año	
TM (testigo)	1278,0	90,5	221,0	11,1	1499,0	101,6	221,0	11,1	221,0	11,1
QM I2	1278,3	107,7	184,8	23,0	1463,1	130,7	221,3	28,2	184,8	23,0
QM I2 F	1350,1	115,5	244,1	30,8	1594,2	146,3	221,3	28,2	184,8	23,0
QT	950,1	74,5	186,1	24,8	1136,3	99,2	305,6	41,7	186,1	24,8
QT F	1022,0	82,3	245,4	32,6	1267,4	114,9	305,6	41,7	186,1	24,8

Leyendas: TM, control mecánico tradicional; QM, control químico-mecánico; QT, control químico total; I2, imazaquin dosis alta; F, fertilización.

**Tabla 30:** Costos de fertilización ( $\$.ha^{-1}$ ) en los distintos escenarios y diferencias respecto de la situación base para los tres escenarios.

Escenario	Costo de fertilización (al 2° año)	
	valor	diferencia
E1	122,9	7,4
E2	130,3	14,9
E3	131,1	15,7

El análisis de sensibilidad realizado sobre los costos totales muestra que el valor de la mano de obra tuvo mayor influencia sobre los costos del sistema TM, mientras que en el caso de los sistemas QM y QT la variación se debió principalmente al efecto del tipo de cambio sobre el precio de los insumos.

#### 4.D. Conclusiones.

La incorporación de herbicidas y fertilizantes permite conformar nuevos sistemas para la reforestación de álamos, los cuales tienen menores requerimientos de laboreo del sitio y de mano de obra, y costos totales de establecimiento en la mayoría de los casos inferiores al sistema mecánico actualmente en uso. Las reducciones de costos de mayor magnitud se logran con la incorporación de herbicidas, en primer lugar porque permiten evitar las labores

de deshojado y en segundo lugar porque reemplazan los desmalezados manuales, disminuyendo así los requerimientos de mano de obra.

Si bien los nuevos sistemas permiten alcanzar mayores crecimientos iniciales en las plantaciones, es poco claro hasta el momento si estos efectos positivos significan mejoras del rendimiento final de los bosques o acortamientos de la duración del turno. Hasta tanto este interrogante sea dilucidado en ensayos de largo plazo, se considera que las decisiones económicas para la elección de los sistemas deben respaldarse principalmente en la comparación de los costos directos involucrados en cada caso, considerando las alternativas que hayan tenido igual o mayor crecimiento inicial que el sistema TM de referencia. Desde este punto de vista se debería dar prioridad a la incorporación de los herbicidas por sobre los fertilizantes, ya que con los primeros pueden lograrse crecimientos similares o superiores a TM con importantes reducciones de costos, en tanto que en los segundos las mejoras de crecimiento acarrearán incrementos en los costos. Una excepción a lo anterior puede surgir si el principal objetivo del productor es maximizar el crecimiento del cultivo al segundo año con independencia de los costos, en cuyo caso podrá optar por los sistemas QT F o QM I2 F.

Al momento de comenzar esta tesis (marzo de 1998) la economía de Argentina se regía mediante la Ley de Convertibilidad, que determinaba un entorno macroeconómico muy diferente al actual. En esas circunstancias existía un margen importante para la reducción de costos mediante la incorporación de agroquímicos al manejo de malezas, que cambió radicalmente con la devaluación del peso. Cabe destacar sin embargo que aún en el período 2002 – 2003, con salarios deprimidos y herbicidas cotizados a valores internacionales, los sistemas QM y QT de control de malezas seguían siendo viables como alternativas al control TM. Posteriormente se inició un proceso gradual de recomposición salarial que continúa hasta la fecha y que, combinado con precios de agroquímicos relativamente estables, están posicionando nuevamente a los sistemas QM y QT con claras ventajas sobre el sistema TM. En caso de continuarse con esta tendencia, los nuevos sistemas químicos-mecánicos y químicos totales verán incrementadas sus ventajas comparativas, que como se ha visto podrían mantenerse aún ante escenarios con apreciaciones del valor del dólar del 20%. A partir de lo anterior cabe esperar que bajo diversas coyunturas, los sistemas evaluados en esta tesis constituyan alternativas válidas para reducción de los costos de reforestación de álamo en la pampa húmeda.

## **Capítulo 5. Consideraciones finales.**

En las plantaciones de álamo de la pampa húmeda la importancia del control de malezas fue advertida tempranamente, pasando a formar parte de las prácticas normales de establecimiento que se llevan a cabo hasta hoy en día en la región. Si bien existe consenso entre los productores y técnicos en cuanto a que el control de malezas es esencial en esta etapa del cultivo, la base de conocimientos que lo sustenta ha sido limitada y experimentó escasos avances en comparación con otras temáticas silvícolas. Es así que el sistema de control mecánico difundido en la región se ha mantenido sin cambios substanciales, a pesar de que insume casi el 40% de los costos de reforestación y que los usuarios perciben su ineficiencia en cuanto a aspectos operativos y de eficacia de control, entre otros.

Las investigaciones realizadas en la presente tesis abordaron diversos aspectos de esta problemática, con el objetivo de generar información científico-tecnológica básica para el desarrollo de sistemas integrados de control de malezas. Los resultados de los distintos experimentos han permitido validar la hipótesis general planteada, por cuanto se obtuvieron sistemas alternativos de control de malezas de mayor eficiencia que el sistema mecánico actual.

Las principales ventajas que los nuevos sistemas ofrecen a los productores son:

- la posibilidad de obtener mayores crecimientos en el cultivo, a partir de los efectos combinados del aumento en eficacia de control sobre las malezas, de la disminución de daños mecánicos provocados por las carpidas y la mejora selectiva en el estado nutricional de los álamos debida a los fertilizantes.

- la capacidad de ejecutar los tratamientos en forma más rápida, ya que se reemplazan las labores manuales con azada por la aplicación mecanizada de herbicidas. Esta característica facilita al productor la toma de decisiones respecto de la elección de los momentos más adecuados para la realización de los controles, ya sea en cuanto a la susceptibilidad de las malezas a los tratamientos como a las necesidades del cultivo.

- la mayor adecuación que se puede lograr con los nuevos sistemas en cuanto a concentrar los esfuerzos de control dentro del período crítico que tiene lugar durante la

primavera y principios de verano. Esta adecuación es viable a partir de la actividad residual del tratamiento invernal y la amplia disponibilidad para realizar las aplicaciones del graminicida y las pasadas de disco en forma rápida y selectiva dentro de período mencionado.

- la capacidad de realizar los controles con un plantel reducido y estable de operarios, evitando la contratación estacional de mano de obra o la subocupación del personal durante el resto del año.

- la factibilidad de introducir variantes en las prácticas de establecimiento de las plantaciones, que permiten no solamente la reducción de los costos de control de malezas sino también la disminución de los costos de preparación del sitio.

- la mayor flexibilidad para ejecutar los controles de malezas, por cuanto a las prácticas mecánicas ya conocidas se agregan tratamientos con herbicidas y fertilizantes, que pueden combinarse de distinta manera en función de los problemas específicos y las posibilidades de cada establecimiento.

Algunas de las ventajas mencionadas se deben en forma directa o indirecta a la integración de distintas prácticas realizada en los sistemas alternativos. Así, el control químico de las malezas, la fertilización localizada y el control mecánico entre las filas fueron tratamientos que se complementaron para favorecer en forma selectiva a los álamos, que de ese modo tuvieron un desarrollo más rápido en altura y en diámetro de copas aventajando a las malezas en la ocupación del sitio. Otra mejora de tipo biológico proviene del conocimiento del período crítico de control, y de su empleo en la organización de los tratamientos de desmalezado en los momentos más necesarios para el cultivo.

Si bien estos cambios significan incrementos de relevancia en el crecimiento de los álamos, son las ventajas operativas y económicas las que pueden tener mayor impacto en la productividad. Ejemplo de ello es el reemplazo del desmalezado manual, lento e ineficaz, por los herbicidas en bandas, a la vez que se mantienen los controles mecánicos entre las filas. En el nuevo sistema se integran entonces dos prácticas que son eficientes en su rol específico, en tanto que se puede reservar el desmalezado manual como un tratamiento de contingencia en situaciones de difícil reemplazo, como el control de los escapes tardíos de cardos y quínoa. Es de destacar asimismo, que los cambios propuestos implican paralelamente el mantenimiento o

incluso la reducción de los costos de reforestación, siendo este aspecto esencial para una producción cuya rentabilidad es de por sí muy acotada.

Se debe mencionar sin embargo que los sistemas alternativos propuestos también presentan limitantes, tales como:

-las prácticas de control ensayadas fueron concebidas como tratamientos de espectro relativamente amplio, sin que estuvieran particularmente dirigidas a suprimir determinadas especies de malezas.

A partir de la experiencia reunida y del conocimiento de la composición florística de las comunidades, aparece como necesario a futuro el desarrollo de prácticas de control orientadas a determinadas malezas, por ejemplo cardos y gramón.

-las deficiencias en el control de especies dicotiledóneas que manifiestan durante el verano y el otoño tanto los sistemas químicos - mecánicos como químicos totales, a la vez que en ningún ensayo los sistemas alternativos alcanzaron eficacias de control comparables con las del testigo positivo. Hasta el momento estos escapes sólo pueden controlarse mediante labores manuales (carpidas, macheteadas) o aplicaciones dirigidas de herbicidas totales que también son mano de obra intensivas.

Para las dicotiledóneas se deberán desarrollar entonces tratamientos de post-emergencia que sean aptos para controlar estas malezas pero que a su vez presenten selectividad hacia los álamos. Dentro de este contexto las dicotiledóneas herbáceas representarían un problema limitado a la etapa de establecimiento; las dicotiledóneas perennes arbustivas constituyen por el contrario un desafío mayor, debido a la tolerancia mostrada hacia los herbicidas y a su capacidad de permanecer bajo el dosel con posibilidades de propagarse y provocar mayores pérdidas directas e indirectas.

- los resultados mostraron que el cultivo alcanza mayores crecimientos en los sistemas químico-mecánicos y químicos totales, pero las causas de dicho comportamiento no se determinaron en forma precisa. Se desconoce por tanto en qué medida los mayores crecimientos en estos sistemas se deben a mejoras en el control de malezas o a las disminuciones en los daños mecánicos a las raíces, así como también la importancia de cada uno de los recursos ambientales (agua, nutrientes, radiación) involucrados en la competencia cultivo - malezas.

En este sentido se podrían encarar estudios de tipo mecanicísticos que permitieran dilucidar estos interrogantes, para así utilizar dicha información en el desarrollo de nuevas prácticas de control.

- el hallazgo de respuestas de tipo “C” en el crecimiento a mediano plazo de los tratamientos alternativos constituyó un resultado inesperado, que no pudo ser explicado en función de los datos obtenidos. Desde el punto de vista práctico este tipo de respuestas significó la pérdida de las ganancias iniciales debidas a los sistemas alternativos. De este modo no pudo ser validada en forma completa la hipótesis propuesta respecto de que los tratamientos alternativos implicaban tanto reducciones de costos como incrementos en los beneficios.

La dilucidación de las causales de este comportamiento en las trayectorias de crecimiento de los rodales es de gran importancia, pues condiciona las evaluaciones económicas.

- si bien esta tesis aporta diversos datos técnicos tendientes a facilitar la adopción de los sistemas alternativos por parte de los productores, la utilización de estos sistemas requerirá la tramitación ante SENASA de las correspondientes extensiones de registro para álamos de todos los agroquímicos involucrados, pues a la fecha ninguno de ellos cuenta dicha autorización de uso. Este aspecto es esencial no sólo en lo que respecta a la legislación nacional vigente, sino también en la eventualidad de que los productores busquen certificar su producción.

Las perspectivas para la obtención de extensiones de registro aparecen en primera instancia dificultosas, ya que la mayoría de las compañías de agroquímicos muestran poco interés en el desarrollo de herbicidas para producciones con superficies cultivadas relativamente escasas, como el álamo.

- el cambio del sistema mecánico al sistema integrado químico-mecánico significa una reducción considerable de la dependencia de la mano de obra, pero en contrapartida se incrementa la dependencia de los insumos, en especial herbicidas. Asimismo, la incorporación de herbicidas trae aparejados potenciales problemas toxicológicos y ecotoxicológicos, que no fueron abordados en esta tesis.

Estos aspectos deberían ser tenidos en cuenta junto con el costo del tratamiento, como criterios para la selección de los principios activos a emplear en los sistemas químicos-mecánicos o químicos totales.

- los cambios que se proponen con los sistemas alternativos se limitan en su mayor parte a los tratamientos de control que se realizan en la fase de establecimiento, ya que no fueron consideradas las problemáticas de control de las etapas anteriores ni posteriores.

Sería recomendable desarrollar y optimizar prácticas de control anticipado, factibles de ser ejecutadas durante la preparación del sitio y sin que el cultivo esté implantado. Estas prácticas deberían estar dirigidas principalmente a aquellas malezas perennes que son capaces de permanecer y dispersarse bajo el dosel de las plantaciones, y que luego recolonizan el sitio a partir de mecanismos vegetativos de propagación, como el gramón, la zarzamora, la madreSelva y el sorgo de Alepo.

Finalmente, es posible que el productor o del técnico forestal distinga entre las limitantes que requieren soluciones en el corto plazo, como las extensiones de registro o los escapes de dicotiledóneas, de aquellas cuya resolución podría encararse en el mediano o largo plazos y que por ello serían coyunturalmente menos necesarias, como las estrategias de control anticipado o los estudios básicos sobre competencia. Las diversas experiencias obtenidas con las malezas en otros sistemas agrícolas y forestales indican sin embargo que ambos enfoques son necesarios si se desea aproximar a una estrategia de manejo integrado y sustentable. Así por ejemplo, las prácticas de control anticipado pueden contribuir para realizar controles de malezas más efectivos y con menos uso de herbicidas durante el establecimiento, y simultáneamente reducir los costos, y los riesgos para el ambiente y los operarios.

Analizados en este contexto, los resultados de esta tesis constituyen un aporte inicial al control integrado de malezas en estas plantaciones, que en el futuro deberá ser complementado con otros estudios.

## 6. Apéndice.

**Tabla 31.** Listado de los herbicidas y coadyuvantes utilizados en la Tesis. Para cada principio activo se señala en negrita la marca comercial ensayada, así como otras formulaciones, marcas comerciales, y laboratorios productores disponibles en el mercado en julio de 2004.

Principio activo	Formulaciones	Marcas Comerciales	Laboratorios
Alaclor	48% EC	Lazo CE Chemiclor <b>Alanex</b>	Monsanto Chemiplant Magan
Antideriva y antievaporante	15,5 SL	<b>Agrospray Maxidrop</b>	Arrowws Argentina
Atrazina	50% SC	Gesaprim 50 FW <b>Atranex FW</b> Atrazina Icona	Syngenta Magan Icona
	90% WG	Gesaprim 90 WDG	Syngenta
Corrector de pH – secuestrante de iones	62,2% SL	Corrector H	Laboratorios Nova
Diurón	80% WG 80% SC 50% SC	Karmex WG Baron <b>Diurex FW</b> Karmex SC	DuPont Chemiplant Magan DuPont
Glifosato	48% SL 74,7% WG 78% SP	<b>Roundup</b> Eskoba Roundup Max Panzer Max	Monsanto Ciagro Monsanto Dow Agrosiences
Glufosinato de amonio	15% SL 20% SL	<b>Basta SL</b> Liberty	Bayer Bayer
Imazaquin	70% WG 20% SL	Scepter 70 DG Scepter <b>Topgan</b>	Basf Basf Magan
Linurón	47% WP 50% WP 48% SC	Afalon <b>Linurex</b> Teliron FW	Bayer Magan Chemiplant
Oxifluorfen	24% EC	Koltar EC <b>Galigan</b>	Dow Agrosiences Magan
Quizalofop- <i>P</i> -etil	1,8% EC	<b>Herban LPU</b>	Magan
Simazina	50% SC	Simazina Dow Agrosiences <b>Simanex 50 FW</b>	Dow Agrosiences Magan
Terbutilazina	50% SC 75% WG	<b>Agan Tyllanex 50 FW</b> Italterb	Magan Sipcam Agrícola

Abreviaturas: EC: concentrado emulsionable; SC: suspensión concentrada; SL: concentrado soluble; SP: polvo soluble; WG: granulos dispersables; WP: polvo mojable.

Fuentes:

Guía de Productos Fitosanitarios 2003 – Versión Informática. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE).

Sitio Web de la Asociación Argentina de Protección Vegetal y Ambiental (ASAPROVE), <http://asaprove.org.ar/agroquimicos.php>

Parámetros utilizados y ejemplos de cálculos de costos de los sistemas de establecimiento y control de malezas discutidos en el Capítulo 4.

**Tabla 32.** Tasas de interés, características de plantación, parámetros técnicos de pulverización y rendimientos de tareas.

Tasa de interés (% *)	10
Distancia entre filas (m)	3,5
Distancia entre hileras (m)	2,5
Número de estacas por ha	1143
Tasa de aplicación herbicidas (l.ha <sup>-1</sup> )	260
Ancho de banda pulverizada en QM (m)	1,4
Ancho de banda pulverizada con glifosato en entrefilas de QT (m)	2,1
Rendimientos de tareas:	
Velocidad de avance del conjunto de pulverización (km.h <sup>-1</sup> )	3,90
Pulverizac. en bandas, plantas hasta 0,7 m de altura (h.ha <sup>-1</sup> )	0,81
Pulverizac. en bandas, plantas > 0,7 m de altura (h.ha <sup>-1</sup> )	1,13
Rastreada destococonadora (h.ha <sup>-1</sup> )	1,25
Rastreada pesada (h.ha <sup>-1</sup> )	1,70
Escarificado filas (h.ha <sup>-1</sup> )	1,45
Escarificado hileras (h.ha <sup>-1</sup> )	1,85
Rastreada simple (h.ha <sup>-1</sup> )	0,99
Rastreada cruzada (h.ha <sup>-1</sup> )	2,36
Aplicación urea primera dosis (incorporada) (J.ha <sup>-1</sup> )	1,11
Aplicación urea segunda dosis (superficial) (J.ha <sup>-1</sup> )	0,55
Amortización mochila fertilizadora (\$.ha <sup>-1</sup> )	1,02
Preparación del sitio (escollerado, quema y repaso, en J.ha <sup>-1</sup> )	4,45
Plantación manual (J.ha <sup>-1</sup> )	1,34
Desmalezado con azada alrededor de las plantas (J.ha <sup>-1</sup> )	2,46

(\*) para amortización de equipos

QM: tratamientos químico - mecánicos

J = jornales

**Tabla 33.** Precios del jornal, estacas, combustibles, herbicidas y costos unitarios de tareas (sin incluir IVA), vigentes en Julio de 2004.

jornal	\$.unidad <sup>-1</sup>	22,4
estaca álamo 70 cm	\$.unidad <sup>-1</sup>	0,215
glifosato 48%	\$.litro <sup>-1</sup>	9,6
corrector de pH	\$.litro <sup>-1</sup>	33,4
coadyuvante p/glifosato	\$.litro <sup>-1</sup>	14,6
simazina 50%	\$.litro <sup>-1</sup>	23,6
oxifluorfen 24%	\$.litro <sup>-1</sup>	68,2
linuron 50%	\$.kg <sup>-1</sup>	53,7
diuron 80%	\$.litro <sup>-1</sup>	20,7
atrazina 50%	\$.litro <sup>-1</sup>	6,5
Imazaquin 20%	\$.litro <sup>-1</sup>	45,0
quizalofop-p-etil 10,8%	\$.litro <sup>-1</sup>	68,4
aceite coadyuvante	\$.litro <sup>-1</sup>	3,2
urea granulada	\$.kg <sup>-1</sup>	0,667
tractor+pulverizadora+jornal	\$.hora <sup>-1</sup>	25,6
tractor+rastra destoc.+jornal	\$.hora <sup>-1</sup>	64,7
tractor+rastra pes.+jornal	\$.hora <sup>-1</sup>	24,8
tractor+rastra+jornal	\$.hora <sup>-1</sup>	21,1
gasoil	\$.litro <sup>-1</sup>	1,110
nafta super	\$.litro <sup>-1</sup>	1,550
nafta común	\$.litro <sup>-1</sup>	1,400
Cotización dólar	\$.US\$ <sup>-1</sup>	2,9

**Tabla 34.** Costo unitario desagregado de los tratamientos químicos que componen los sistemas químico-mecánicos (QM), correspondientes en este caso al sistema QM I2 (precios sin IVA, vigentes en Julio de 2004).

Tareas e insumos			aplicación del primer año		aplicación del segundo año	
	(\$/hs)	(hs/ha)	\$/ha		\$/ha	
Tractor y pulverizadora, dos bandas por pasada *	25,58	0,81	20,72	20,72		
Tractor y pulverizadora, dos medias bandas por pasada *	25,58	1,13			28,90	28,90
	(litros/ha)	(\$/litro)				
Herbicida preemergente	0,54	44,95	24,27		24,27	
Herbicida gramínicida	0,23	68,44		18,82**		18,82**
Herbicida total (glifosato)	0,92	9,57	12,02		12,02	
<b>TOTAL</b>			57,01	39,54	65,20	47,72

\* incluye jornales necesarios para la preparación de la mezcla.

\*\* incluye el costo adicional por agregado de aceite agrícola coadyuvante

**Tabla 35.** Costo unitario desagregado de los tratamientos que componen los sistemas químico-totales (QT), correspondientes en este caso al sistema QT I2 (precios sin IVA, vigentes en Julio de 2004).

Tareas e insumos			aplicación del primer año		aplicación del segundo año		Glifosato entrefila primer año	Glifosato entrefila segundo año
	(\$/hs)	(hs/ha)	\$/ha		\$/ha		\$/ha	\$/ha
Tractor y pulverizadora, dos bandas por pasada *	25,58	0,81	20,72	20,72				
Tractor y pulverizadora, dos medias bandas o una entrefila por pasada *	25,58	1,13			28,90	28,90	28,90	28,90
	(litros/ha)	(\$/litro)						
Herbicida preemergente	0,54	44,95	24,273		24,27			
Herbicida gramínicida	0,23	68,44		18,82**	18,82**			
Herbicida Total mezcla c/preemergente	0,92	9,57	12,02		12,02			
Herbicida Total control entrefila primer año (5,8 l/ha)	3,64	9,57					42,29	
Herbicida Total control entrefila segundo año (2 l/ha)	1,26	9,57						19,52
<b>TOTAL</b>			57,018	39,54	65,20	47,72	71,20	48,42

\* incluye jornales necesarios para la preparación de la mezcla.

\*\* incluye el costo adicional por agregado de aceite agrícola coadyuvante

**Tabla 36.** Costos de preparación del sitio y establecimiento para el sistema QM I2 F (precios sin IVA, vigentes en Julio de 2004).

<b>PRIMER AÑO</b>			
Tarea	rendimiento (j/ha)	costo unitario	\$/ha
<b>Preparación manual del terreno</b>			
Acondicionamiento de residuos	2,2		106,30 *
Reduccion de escolleras	1,35		30,24
Repaso manual de campo	0,9		50,26 *
<i>Subtotal</i>			<i>186,80</i>
<b>Preparación mecánica</b>			
	h/ha		
Rastreada destocoadora	1,25		323,58 (4 pasadas)
Rastreada pesada	1,7		84,31 (2 pasadas)
Escarificado	1,44		33,03
Marcación mecánica	1,84		42,15
<i>Subtotal</i>			<i>483,08</i>
<b>Ejecución de plantación</b>			
	1142	estacas/ha	
Obtención traslado y almacenamiento de guías	800	m guías/ha	200
Elaboración de estacas (u/j)	2500	0,457	12,34
Tratamiento qco. de estacas (u/j)	7464	0,153	32,87
Costo mochila aplicadora (\$/ha)			1,02
Aplicación 1° dosis urea	1,11	22,4	24,86
Urea 1° dosis	57,14	0,667	38,11
Distribución de estacas (u/j)	3454	0,331	39,78
Plantación manual (j/ha)	0,9	1,008	22,57
<i>Subtotal</i>			<i>371,58</i>
<b>Control de malezas primer año</b>			
Aplicación de preemergente y herbicida total			57,01
Aplicación de gramínicida, 1° dosis			39,54
Rastreada simple	0,98		48,86 (2 pasadas)
Aplicación de gramínicida, 2° dosis			47,72
<i>Subtotal</i>			<i>193,15</i>
<i>Subtotal primer año</i>			<i>1234,62</i>
<b>SEGUNDO AÑO</b>			
<b>Control de malezas segundo año</b>			
Aplicación de preemergente y herbicida total			65,20
Aplicación de gramínicida			47,72
Rastreada simple	0,98		48,86 (2 pasadas)
Ccosto mochila aplicadora (\$/ha)			1,02
Aplicación 2° dosis urea	0,55	22,40	12,32
Urea 2° dosis	57,14	0,67	38,11
<i>Subtotal</i>			<i>213,24</i>
<b>TOTAL</b>			<b>1447,86</b>

\*incluye costos de tractor, acoplado y motosierra involucrados en dichas tareas.

## 7. Bibliografía citada.

- Achinelli, F., G. Denegri y R. Marlats (2004). Evolución y perspectivas del cultivo de salicáceas en la pampa húmeda argentina. SAGPyA Forestal, 32: 14-23.
- Aird, P. L. (1962). Fertilization, weed control and the growth of Poplar. Forest Science, 8 (4): 413-429.
- Agostini, A. (2005). Coadyuvantes: cómo mejorar la rentabilidad aumentando la eficiencia. En: Bogliani, M. y J. Hilbert (Eds.) Aplicar eficientemente los agroquímicos. Ediciones INTA, pp. 324-325.
- Akinyemiju, O. A. and D. I. Dickmann (1982a). Variation among 21 *Populus* clones in tolerance to simazine and diuron. Can. J. For. Res. 12 (3): 708-712.
- Akinyemiju, O. A. and D. I. Dickmann (1982b). The influence of tillage and the herbicides simazine and diuron on establishing poplar clones in lower Michigan. Michigan State University Agric. Exp. Sta. East Lansing , Research Report 426, 12 pp.
- Akinyemiju, O. A. and D. I. Dickmann (1982c). Contrasting effects of simazine on the photosynthetic physiology and leaf morphology of two *Populus* clones. Physiologia Plantarum, 55: 402-406.
- Akinyemiju, O. A.; D. I. Dickmann and R. A. Leavitt (1983). Distribution and metabolism of simazine in simazine-tolerant and -intolerant poplar (*Populus* sp.) clones. Weed Science, 31: 775-778.
- Aldrich, R. J. and R. J. Kremer (1997). Principles in Weed Management, 2<sup>nd</sup>. Edition. Iowa State University Press, Iowa, USA, 455 pp.
- Alonzo, A. E. (1987). Estado actual del mejoramiento de las Salicáceas en Argentina. Simposio sobre silvicultura y mejoramiento de especies forestales. CIEF, 1: 157-172.
- Arreghini, R. I., T. Cerrillo, A. R. Somoza (1997). Las salicáceas en la Argentina, 1992-1996. Informe de la Comisión Nacional del Álamo, 24 pp.
- Auld, B. A., K. M. Menz and C. A. Tisdell (1987). Weed control economics. Academic Press U. K. 177 pp.
- Balandier, P., C. Collet, J. H. Miller, P. E. Reynolds and S. M. Zedaker (2006). Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. Forestry, 79 (1): 3-27.
- Bastien, J. C. and R. Beaudoin (1974). Research and development on poplar in the eastern Quebec region. IV. Comparison of the development of plants “barbatelles” (stump plants) and

cuttings subjected to several culture treatments. Memoire, Service de la Recherche, Ministère des Terres et Forêts, Quebec, Canada. No. 17 (13), 31 pp.

-Bedmar, F. (1999). Control químico de gramón (*Cynodon dactylon*) con herbicidas postemergentes y factores condicionantes. Revista de la Facultad de Agronomía, 19: 37-48.

-Binkley, D. (1993). Nutrición forestal. Uteha - Limusa, México, 340 pp.

-Blackmon, B. G. (1974). Hardwood Fertilization: research progress in the midsouth. Misc. Publ., Southern Hardwoods Lab., S. Forest Exp. Stn., USDA Forest Service. pp 51-58.

-Blackmon, B. G. (1977). Effects of fertilizer nitrogen on tree growth, foliar nitrogen, and herbage in eastern cottonwood plantations. Soil Sci. Soc. of America Journal 41(5): 992-995.

-Blake, T. J., J. Sperry, T. J. Tschaplinski and S. S. Wang (1996). Water relations. In Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Part II, Chapter 16. Edited by R. F. Stettler, H. D. Bradshaw, Jr., P. E. Heilman, and T. M. Hinckley. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON. pp. 401-422.

-Boccanelli, S. I.; E. F. Pire, P. S. Torres y J. P. Lewis (1999). Cambios en la vegetación de un campo abandonado después de un cultivo de trigo. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 34 (2): 151-157.

-Bogliani, M., G. Masia y A. Onorato (2005). Tecnología para las aplicaciones terrestres de fitosanitarios. En: Bogliani, M. y J. Hilbert (Eds.) Aplicar eficientemente los agroquímicos. Ediciones INTA, pp. 95-116.

-Booth, B. D.; S. D. Murphy and C. J. Swanton (2003). Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI Publishing, UK, 303 pp.

-Borzone, H. A. y H. M. Saint-Andre (1993). Efectos del control químico de malezas en *Populus deltoides* Marsh. CV 'I-63/51' en la localidad de Azul (Buenos Aires). Actas del Primer Congreso Forestal Argentino y Latinoam. Com. VI, Bosques de Cultivo: 197-205.

-Bowersox, T.W., L. R. Stover, C. H. Strauss and P. R. Blankenhorn (1992). Advantages of an effective weed control program for *Populus* hybrids. Tree Plater's Notes, 43(3): 81-86.

-Buhler, D. D., D. A. Netzer, D. E. Riemenshneider and R. G. Hartzler (1998). Weed management in short rotation poplar and herbaceous perennial crops grown for biofuel production. Biomass and Bioenergy, 14 (4): 385-394.

-Bullock, B. T. and A. N. Gilchrist (1989). Effects of some herbicide regimes on the first season's growth of alders (*Alnus* spp.). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 17: 35-39.

-Cabrera, A. L. y E. M. Zardini (1979). Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires, Editorial Acme, Buenos Aires, 755 pp.

- Cailliez, F. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. FAO, Montes, Vol. 22 / 1. Roma, 92 pp.
- Cain, M. D. (1997). Woody and herbaceous competition effects on the growth of naturally regenerated loblolly and shortleaf pines through 11 years. *New Forests*, 14:107-125.
- CASAFA (1997). Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes de la República Argentina, 1368 pp.
- Casper, B. B. and R. B. Jackson (1997). Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28: 545-570.
- Castellani, E., V. Freccero y G. Lapietra (1967). Proposta di una scala di differenziazione delle gemme fogliari di pioppo utile per gli interventi antiparassitari. *Giornale Botanico Italiano* 101(6): 355-360.
- Cazal, G. (2005). ¿ Pulverización o aplicación?. En: Bogliani, M. y J. Hilbert (Eds.) *Aplicar eficientemente los agroquímicos*. Ediciones INTA, pp. 376-379.
- Cellerino, G. P. (1976). Diserbo dei vivai di pioppo di nuovo impianto nell'Italia settentrionale. *Notiziario sulle Malattie delle Piante*. 94-95: 207-224.
- Chastagner, G. A. and J. M. Hudak (1999). Crop profile for hybrid poplars in Washington & Oregon. Cooperative Extension Document MISC0355E, Washington State University, 12 pp.
- Chen, S., S. Wang, A. Huttermann and A. Altman (2002). Xilem abscisic acid accelerates leaf abscission by modulating polyamine and ethylene synthesis in water-stressed intact poplar. *Trees*, 16:16–22
- Chiarucci, A., B. J. Wilson, B. J. Anderson and V. De Dominicis (1999). Cover versus biomass as an estimate of species abundance: does it make a difference to the conclusions?. *Journal of Vegetation Science*, 10: 35-42.
- Clay, D. V. (1991). Response of poplar and willow to overall sprays of foliar acting herbicides. *Annals of Applied Biology*, Supplement 118: 82-83.
- Clay, D. V. and F. L. Dixon (1996). Weed management in short-rotation energy coppice: selectivity of foliar-acting herbicides. *Aspects of Applied Biology (Vegetation Management in forestry, amenity and conservation areas: Managing for multiple objectives)*, 44: 82-116.
- Clay, D. V. and F. L. Dixon (1997). Effect of ground-cover vegetation on the growth of poplar and willow short-rotation coppice. *Aspects of Applied Biology* 49 (Biomass and energy crops): 53-60.
- Clay, D. V. and F. L. Dixon (1998). The susceptibility of Compositae weed species to clopyralid. Tests of Agrochemicals and Cultivars, 19; *Annals of Applied Biology*, Supplement 132: 32-33.

- Cobb, A. (1992). *Herbicides and plant physiology*. Chapman and Hall, London, 176 pp.
- Comisión Nacional del Álamo de la Argentina (2004). *Informe Nacional, período 2000 - 2004*, Petray, E. (Coord.) y colaboradores, 24 pp.
- Conover, W.J. (1999). *Practical Nonparametric Statistics* (3rd edition), Wiley.
- Cousens, R. (1991) Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. *Weed Technology* 5: 664-673.
- Cozzo, D. (1995). *Silvicultura de plantaciones maderables*, Tomo II. Ed. Orientación Gráfica, Buenos Aires, 905 pp.
- Czapowskyj, M. M. and L. O. Safford (1993). Site preparation, fertilization, and 10-year yields of hybrid poplar on a clearcut forest site in eastern Maine, USA. *New Forests* 7: 331-344.
- Dalla Tea, F. y F. Larocca (1998). Establecimiento de plantaciones forestales en la costa del Río Uruguay. *Actas de las XIII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia. IV*, pp. 1-10.
- Daniel, P. W., U. E. Helms and F. S. Baker (1982). *Principios de Silvicultura*. McGraw-Hill, México. 492 pp.
- De Liñán Vicente, C. (1997). *Farmacología vegetal*. Ediciones Agrotécnicas, Madrid, pp: 47-1026.
- Delle Coste, A. C. y O. L. Di Lazzaro (1969). Lucha químico-mecánica contra las malezas en bosques cultivados. *Actas del Primer Congreso Forestal Argentino, Capital Federal*. pp. 93-98.
- Dickmann, D. I., R. Heiligmann and K. Gottschalk (1977). Herbicides aid establishment of unrooted poplar cuttings. *Tree Planter's Notes*, 28 (3,4): 10-13.
- Dickmann, D. I. and K. W. Stuart (1983). *The culture of poplars in eastern North America*. University Publications, Michigan State University. 168 pp.
- Echeverría, N. E. y F. Martinuzzi (1991). Herbicida post-emergente en el control de maleza en viveros de álamo. *IFONA Report C.F.C* 2:14-18.
- Etchebehere, F. (1999). La industria maderera en cifras. *Valor Agregado. Anuario 98/99*. p. 47.
- Ewing, R. P. and R. Horton (1999). Quantitative color image analysis of agronomic images. *Agron. J.* 91:148-153.
- European Weed Research Council (EWRC) (1964). Reports of the 3rd. and 4th. Meetings of the EWRC. Committee of Methods in Weed Research. *Weed Research*, 4: 88.

- Ezell, A. W., J. Portwood and H. Quicke (1998). Imazaquin applications for competition control in eastern cottonwood (*Populus deltoides*) plantations. Mississippi State Univ. Mis. Publ. 5 pp.
- FAO (1980). Los álamos y los sauces. Colección FAO Montes, Roma, 349 pp.
- Ferm, A., J. Hytonen, S. Lilja and P. Jylha (1994). Effects of weed control on the early growth of *Betula pendula* seedlings established on an agricultural field. Scandinavian Journal of Forest Research 9: 347-359.
- Fisher, J. T. and R. W. Neumann (1987). Cultivation and weed control for aspen seedling establishment in the southern Rocky Mountains. Canadian Journal of Forest Research 17 (1): 47-50.
- Ford, V. L. and R. J. Rousseau (1993). Imazaquin damage to *Populus* clones. Proceedings of the 46<sup>th</sup> Annual Meeting of the Southern Weed Science Society, Charlotte, North Carolina, USA, pp. 216-219.
- Frochot, H., P. Delabraze et L. Wehrlen (1979). Desherbage d'un peuplier "forestiere", *Populus trichocarpa* "Fritzi Pauley". Compte rendu de la 10e Conference du COLUMA. pp. 805-812.
- Frochot, H. P. (1984). Influence de *Festuca pratensis* sur le developpement de jeunes peupliers. 7eme. Colloque International sur l'ecologie, la biologie et la systematique des mauvaises herbes, Versailles, pp. 307-313.
- Fryer, J. D. and S. A. Evans (1968). Weed control handbook. Fifth Ed.. Blackwell Sci. Publ. 1: 292-293.
- Gaitán, J. J., F. Larocca y F. Dalla Tea (2004). Fertilización de *Eucalyptus grandis*: dinámica de la respuesta durante la rotación comercial. Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, 10 pp..
- Garbaye, J. et P. Leroy (1974). Fertilisation, desherbage chimique et travail du sol dans une plantation de I 214. Journal Forestiere Francaise 26 (2):139-145.
- Gennari, A., E. Prada y F. Achinelli (2006). Patrones de crecimiento juvenil en altura y diámetro en clones de *Populus deltoides* Marsh. y *Populus x canadensis* Mönch (= *P. x euramericana*). Actas en CD de las Jornadas de Salicáceas 2006, Buenos Aires, pp.263-270.
- Gilchrist, A. N. (1981). More herbicides for soil conservation tree nurseries. Proceedings of the 34<sup>th</sup> New Zealand Weed and Pest Control Conference, pp. 104-106.
- Gilchrist, A. N. (1988). Simazine rates and mixtures for poplar and willow cuttings. Proceedings of the 41st. N. Z. Weed and Pest Control Conf.: pp. 164-168.

- Gilchrist, A. N. (1989). Optimum rates of oxyfluorfen for different poplar and willow clones. Proc. of the 42 th. N. Z. Weed and Pest Control Conf.: 143-145.
- Gilchrist, A. N. (1992). Rates of terbuthylazine and its mixtures with terbumeton for weed control in poplar and willow nurseries. Proc. of the 45 th. N. Z. Weed and Pest Control Conf.: 259-261.
- Gomis, H. F. (1981). Aportes a la tecnificación de la forestación con salicáceas en la pampa húmeda. Revista de la Asociación Forestal Argentina, 35: 18-22.
- Grime, J. P. (1989). Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Editorial Limusa, México, 291 pp.
- Gunsolus, J. L. and W. S. Curran (1998). Herbicide mode of action and injury symptoms. N.C. Regional Extension Publ. 377, University of Minnesota, 17 pp.
- Hansen, E. A. (1993). A guide for determining when to fertilize hybrid poplar plantations. USDA Forest Service Research Paper NC-319, 7 p.
- Harrington, C. A. ; Radwan, M. A. and DeBell, D. S. (1997). Leaf characteristics reflect growth rates of 2-year-old *Populus* trees. Canadian Journal of Forest Research 27: 1321-1325.
- Harvey, H. A. and R. van den Driessche (1999). Nitrogen and potassium effects on xilem cavitation and water-use efficiency of poplars. Tree Physiology 19: 943-950.
- Heilman, P. E., T. M. Hinckley, D. A. Roberts and R. Ceulemans (1996). Production physiology. In *Biology of Populus and its implications for management and conservation*. Part II, Chapter 18. Edited by R. F. Stettler, H. D. Bradshaw, Jr., P. E. Heilman, and T. M. Hinckley. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON. pp. 459-489.
- Holm, L. G., D. L. Plucknett, J. V. Pancho and J. P. Herberger (1977). The world's worst weeds. Distribution and biology. East-West Center, University of Hawaii Press, 609 pp.
- InfoStat (2004). Manual de usuario, Versión 2004 (Primera Edición). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 311 pp.
- INTA (1992). Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3560 – 21 Bragado.
- Jaime, S. (2003). Costos de Producción y Análisis Financiero para Eucaliptos en el Nordeste de Entre Ríos. Proyecto PICT 08 03144. INTA EEA Concordia, Argentina.
- Jones, J. B., Jr., B. Wolf and H.A. Mills (1991). Plant analysis handbook. MicroMacro Pub. Inc., Athens, GA. p. 197.
- Jonsson, A. M (2000). Soil treatment effects on bark lesions and frost sensitivity of beech (*Fagus sylvatica*) in southern Sweden. Forest Ecology and Management, 129: 167-175.

- Kimberley, M. . O., H. Wang, P. J. Wilks, C. R. Fisher and G. N. Magesan (2004). Economic analysis of growth response from a pine plantation forest applied with biosolids. *Forest Ecology and Management*, 189: 345-351.
- Kissmann, K. (1997). Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. XXI Congresso Brasileiro da Ciencia das plantas daninhas, Caxambu, MG, Palestra 2, pp. 61-77.
- Klinkhamer, G. L. and T. J. de Jong (1993). *Cirsium vulgare* (Savi) Ten.. *Journal of Ecology* 81: 177 - 191.
- Kropff, M. J. and H. H. van Laar (1993). Modelling crop - weed interactions. CAB International, GB, pp. 158-163.
- Lawrie, J. and D. V. Clay (1989). Tolerance of forestry and biomass broad-leaved tree species to soil-acting herbicides. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference, Weeds*, pp. 347-354.
- Ledin, S. and E. Willebrand Eds. (1995). Handbook on how to grow short rotation forests. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Short rotation forestry, pp. 2.1.1 – 2.9.5.
- Leech, R. H. and Y. T. Kim (1981). Foliar analysis and DRIS as a guide to fertilizer amendments in poplar plantations. *The Forestry Chronicle*, 57: 17-21.
- Liebman, M. y R. R. Janke (1990). Sustainable weed management practices. En: Sustainable agriculture in temperate zones. Cap 4. Eds: Francis, C. A., C. B. Flora y L. D. King. John Wiley and Sons Inc. pp: 111-141.
- Liu, Z. and D. I. Dickmann (1992). Responses of two hybrid *Populus* clones to flooding, drought, and nitrogen availability. I. Morphology and growth. *Canadian Journal of Botany*, 70: 2265–2270.
- Liu, Z. and D. I. Dickmann (1996). Effects of water and nitrogen interaction on net photosynthesis, stomatal conductance, and water use efficiency in two hybrid poplar clones. *Physiologia Plantarum* 97: 507-512.
- Magnani, G. (1976). Il diserbo chemico nei vivai di pioppi, eucalitti e conifere. *Notiziario sulle Malattie delle Piante*. 94-95: 225-230.
- Marlats, R. M. y G. Ciocchini (1993). Fertilización nitrogenada y fosforada: efectos de la dosis y época de aplicación en plantaciones jóvenes de *Populus x deltoides* cv. “Harvard” (I-63/51). *Actas del Congreso forestal argentino y latinoamericano Paraná, Entre Rios (Argentina), Comisión VI*, pp. 324-330.
- Marlats, R. M., G. Ciocchini y G. Denegri (1993). Efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada sobre clones de *Populus deltoides* para el sector sur-oriental de pampa ondulada de

la Provincia de Buenos Aires. Actas del Congreso forestal argentino y latinoamericano Paraná, Entre Ríos (Argentina), Comisión VI, pp. 189-196.

-Mármol, L. A. (1970). El cultivo de álamo en el partido bonaerense de 25 de Mayo, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Forestal Argentina* 14(1): 7-13.

-Marron, N. and R. Ceulemans (2006). Genetic variation of leaf traits related to productivity in a *Populus deltoides* x *Populus nigra* family. *Canadian Journal of forest Research*, 36: 390 - 400.

-Martínez - Ghersa, M. A.; C. M. Ghersa and E. H. Satorre (2000). Coevolution of agricultural systems and their weed companions: implications for research. *Field Crops Research* 67: 181-190.

-Marzocca, A. (1986). *Manual de Malezas*. 3ª edición actualizada por O. J. Marsico y O. del Puerto, Editorial Hemisferio Sur, 580 pp.

-Mason, E. G. and P. G. Milne (1999). Effects of weed control, fertilization, and soil cultivation on the growth of *Pinus radiata* at midrotation in Canterbury, New Zealand. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 985-992.

-Matteucci, S. D. y A. Colma (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Serie de Biología, Monografía N° 22, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, EEUU.

-McLaughlin, R. A., P. E. Pope, and E. A. Hansen (1985). Nitrogen fertilization and ground cover in a hybrid poplar plantation: effects on nitrate leaching. *Journal of Environmental Quality*, 14(2): 241-245.

-Mc Nabb, K., D. B. South and R. J. Mitchell (1995). Weed management systems for forest nurseries and woodlands. In: *Handbook of weed management systems*, A. E. Smith (Ed.). M. Dekker, New York, pp. 667-771.

-Mc Nabb, K. (1997). Chemical vegetation management in reforestation areas. *Palestras e Mesas Redondas*, 21 Congresso Brasileiro da Ciencia das Plantas Daninhas, Caxambu, M.G., pp. 37-50.

-Mead, D. J. (2005). Opportunities for improving plantation productivity. How much? How quickly? How realistic?. *Biomass and Bioenergy*, 28: 249-266.

-Merlo, P. A y C. H. Fernández (1983). Ensayo experimental con diferentes clones de álamo. *Actas del V Congreso Forestal Argentino*, Tomo II, pp. 120-125.

-Messier C., S. Parent and Y. Bergeron (1998). Effects of overstory and understory vegetation on the understory light environment in mixed boreal forests. *J. Veg. Sci.* 9:511-520.

- Miller, R. (1999). Herbicide screening for phytotoxicity in hybrid poplars, aspen, and larch. Proceedings of the North Central Weed Science Society, Vol. 54, 6 pp.
- Miller, J. H. (2003). Nonnative invasive plants of Southern forests - A field guide for identification and control. USDA Forest Service, Southern Research Station, General Technical Report SRS - 62, 104 pp.
- Monks, C. D., W. K. Vencill, J. P. Hatton, M. L. McFarland and D. P. Delaney (1998). Johnsongrass response to postemergence herbicides applied the previous year. Journal of Production Agriculture, 11(4): 507-509.
- MSTAT-C (1991). User's guide to MSTAT-C, Michigan State University.
- Nilsson, U. and H. L. Allen (2003). Short and long term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine. Forest Ecology and Management 175: 367-377.
- Omacini, M., E. J. Chaneton, R. J. C. León y W.B. Batista (1995). Old-field successional dynamics on the Inland Pampa, Argentina. Journal of Vegetation Science, 6(3): 309-316.
- Ottone, R. J. (1984). Plantaciones de álamo en tierra firme. Revista de ATIPCA – trabajos técnicos, 23(1): 61-65.
- Palmer, C. L. (1991). Short-rotation culture of *Populus* and *Larix*: A literature review. Canada – Ontario Forest Resource Development Agreement, Minister of Supply and Services, Canada, 65 pp.
- Parker, B. (2005). Hybrid cottonwoods grown for pulp. In: Online Pacific Northwest weed management handbook (<http://pnwpest.org/pnw/weeds>).
- Pereyra, C., M. Herrera y O. Pozzolo (2005). Calibración del equipo pulverizador de botalón. En: Bogliani, M. y J. Hilbert (Eds.) Aplicar eficientemente los agroquímicos. Ediciones INTA, pp. 307-316.
- Pontailier, J. Y., R. Ceulemans, J. Guittet and F. Mau (1997). Linear and non-linear functions of volume index to estimate woody biomass in high density young poplar stands. Ann. Sci. For. 54: 335-345.
- Powell, G. W. and E. W. Bork (2004). Competition and facilitation in mixtures of aspen seedlings, alfalfa, and marsh reedgrass. Canadian Journal of Forest Research, 34: 1858-1869.
- Prada, C. E. (1993). Descripción de rastra aradora de doble acción, diseñada para la eliminación de cepas de álamo. Actas del Congreso forestal argentino y latinoamericano Paraná, Entre Ríos (Argentina), Comisión IV, pp. 51-58.
- Pregitzer, K. S. and A. L. Friend (1996). The structure and function of *Populus* root systems. In Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Part II, Chapter

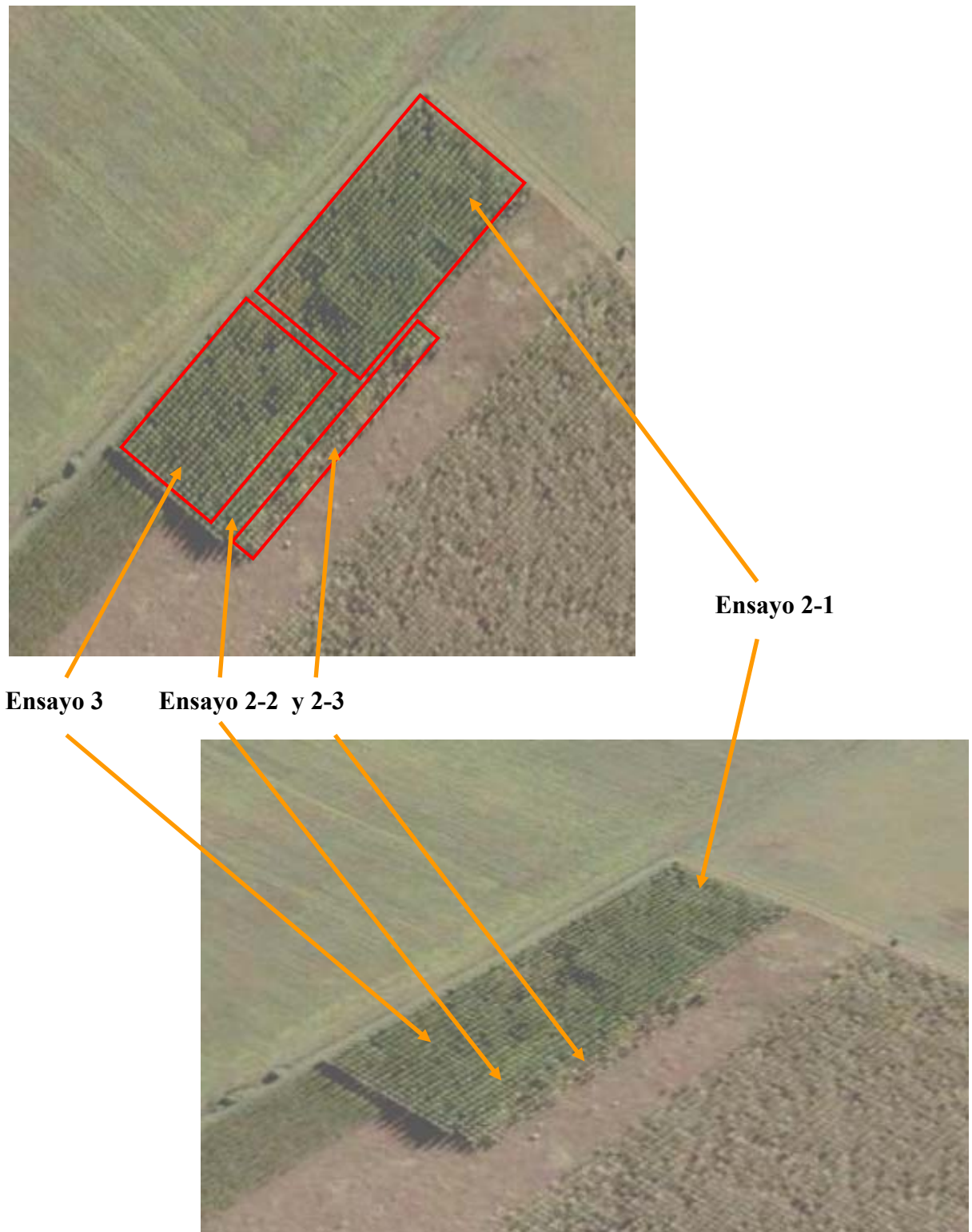
14. *Edited by* R. F. Stettler, H. D. Bradshaw, Jr., P. E. Heilman, and T. M. Hinckley. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON. pp. 331-354.
- Radosevich, S., J. Holt and C. Ghera (1997). *Weed ecology. Implications for Management* 2<sup>nd</sup> Edition. John Wiley & Sons, N.Y., 589 pp.
- Ragonese, A. E., F. Rial Alberti, R. G. Ciocchini y A. García (1987). *Fitotecnia de Salicáceas en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Castelar (INTA). Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, XLI (6): 5-30.*
- Rajcan, I and C. J. Swanton (2001). *Understanding maize-weed competition: Resource competition, light quality and the whole plant. Field Crops Research, 71: 139-150.*
- Randall, W. K. and B. G. Blackmon (1977). *Evaluations of clone-nitrogen interactions in Populus deltoides. Misc. Publ., Southern Hardwoods Lab., S. Forest Exp. Stn., USDA Forest Service. pp 294-298.*
- Ravel, D. and H. Deadman (1976). *Planted hardwoods and weed competition. Proceedings of the F. R. I. Symposium No. 18: The use of herbicides in Forestry in New Zealand, pp. 133-137.*
- Richardson, B. (1993). *Vegetation management practices in plantation forest of Australia and New Zealand. Canadian Journal of Forest Research 23: 1989-2005.*
- Rose R., J. Ketchum and D.E. Hanson (1999). *Three-year survival and growth of Douglas-fir seedlings under various vegetation-free regimes. Forest Science 45(1): 117-126.*
- Sage, R. B. (1999). *Weed competition in willow coppice crops: the cause and extent of yield losses. Weed Research, 39: 399 - 411.*
- SAGPyA - Dirección de Forestación (2005). *Costos de forestación con álamos (secano) en la Provincia de Buenos Aires; apoyo no reintegrable a los bosques implantados, Ley 25080.*
- SAGyP-INTA (1995). *¿Por qué hacer una inversión forestal?. Manual para productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina (Carpinetti, Dalla Tea, Glade, Marcó Eds.), Buenos Aires, pp. 7-9.*
- Sattin, M, A. Berti and G. Zanin (1997). *Influence of weed time of emergence and removal on crop yield loss. Expert Consultation on Weed Ecology and Management – Plant Production & Protection Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Rome, pp. 49-58.*
- Senisterra, G., R. M. Marlats, M. Vázquez, J. Lanfranco y J. Marquina (2000). *Comportamiento de clones de álamos (Populus spp.) implantados en dos sitios de la pampa húmeda, Argentina. Yvyrareta, 10: 66-73.*

- Smith, M. W; M. E. Wolf, B. S. Cheary, and B. L. Carroll (2001). Allelopathy of bermudagrass, tall fescue, redroot pigweed, and cutleaf evening primrose on pecan. *HortScience* 36(6):1047–1048.
- Snowdon, P. (2000). Soil-based information for developing sustainable plantation forestry in Australia. Plantation growth as a measure of site productivity and soil change. Final Report for Forest and Wood Products Research and Development Corporation. CSIRO Forestry and Forest Products 42 pp.
- Snowdon, P. (2002). Modelling type 1 and type 2 growth responses in plantations after application of fertilizer or other silvicultural treatments. *Forest Ecology and Management*, 163: 229-244.
- Snowdon, P. and P. Khanna (1989). Nature of growth responses in long-term field experiments with special reference to *Pinus radiata*. In: Dyck, W. J. and C. A. Mees (Eds.). Research strategies for long-term site productivity. Proceedings , IEA/BE AA3 Workshop, Seattle, WA, USA, August 1988. IEA/BE A3 Report No. 8, Forest Research Institute, NZ, Bull 152, pp. 173-186.
- South, D. B., J. B. Zwolinski and D. G. M. Donald (1993). Interactions among seedling diameter grade, weed control, and soil cultivation for *Pinus radiata* in South Africa. *Canadian Journal of Forerst Research*, 23: 2078-2082.
- South, D. B., J. H. Miller, M. O. Kimberley and C. L. Vanderschaaf (2006). Determining productivity gains from herbaceous vegetation management with ‘age-shift’ calculations. *Forestry*, 79 (1): 43-56.
- Stanturf, J. A. and C. Jeffrey Portwood (1999). Economics of afforestation with eastern cottonwood (*Populus deltoides*) on agricultural land in the lower Mississippi alluvial valley. En: Proceedings of the tenth Biennial Southern Silvicultural Research Conference, Shreveport, Louisiana, February 16 - 18, 1999. Edited by J. D. Haywood-. USDA For. Serv. Gen. Tech Rep. SRS - 30 , pp. 66 - 72.
- Stanturf, J.A., C. van Oosten, D. A. Netzer, M. D. Coleman, and C. J. Portwood (2001). Ecology and silviculture of poplar plantations. Poplar Culture in North America. Part A, Chapter 5. Edited by D.I. Dickmann, J.G. Isebrands, J.E. Eckenwalder, and J. Richardson. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON K1A 0R6, Canada. pp. 153-206.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie (1993). Bioestadística - Principios y Procedimientos, 2º Edición. McGraw Hill, México, 622 p.

- Swanton, C. J. and S. F. Weise (1991). Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology* 5: 657-663.
- Teejet (2004) Productos de sistemas móviles; Catálogo 49A-E. Spraying Systems Co., USA, 176 pp.
- Temirgaliev, S. M. (1971). The agricultural and economic efficiency of using herbicides in tree shelterbelts on eroded soils. *Vestnik-Sel'skokhozyaistvennoi-Nauki, Kazakhshoi-SSR* 15:(11) 81-83.
- Todhunter, M. N. and W. F. Beineke (1979). Effect of fescue on black walnut growth. *Tree Planter's Notes*, 30 (3): 20-23.
- Toscani, H. A. (1994). Manual para la protección de cultivos de salicáceas en la región del Delta del Paraná. EEA INTA Delta del Paraná. 61 pp.
- USDA (1999). Soil Taxonomy, second edition, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Superintendent of Documents U.S. Government Printing, 869 pp.
- van den Driessche, R. (1999). First-year growth response of four *Populus trichocarpa x Populus deltoides* clones to fertilizer placement and level. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 554-562.
- van den Driessche, R., W. Rude and L. Martens (2003). Effect of fertilization and irrigation on growth of aspen (*Populus tremuloides* Michx.) seedlings over three seasons. *Forest Ecology and Management*, 186: 381-389.
- Van Volkenburgh, E. and G. Taylor (1996). Leaf growth physiology. *In* Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Part II, Chapter 12. *Edited by* R. F. Stettler, H. D. Bradshaw, Jr., P. E. Heilman, and T. M. Hinckley. NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON. pp. 283-299.
- Verwijst T and B. Telenius (1999). Biomass estimation procedures in short rotation forestry. *Forest Ecology and Management* 121:137-146.
- Vivas, P. (1997). Cosecha mecánica de salicáceas. SAGPyA - Libro de Casos: Capacidad innovativa en bosques de cultivo en Argentina. pp. 60-61.
- Von Althen, F. W. (1981). Site preparation and post-planting weed control in hardwood afforestation: white ash, black walnut, basswood, silver maple, hybrid poplar. Great lakes Forest Research Centre Sault Ste. Marie, Ontario. Canadian Forestry Service, Report O-X-325, 21 pp.

- Wagner, R. G., T. D. Petersen, D. W. Ross and S. Radosevich (1989). Competition thresholds for the survival and growth of ponderosa pine seedlings associated with woody and herbaceous vegetation. *New Forests*, 3: 151-170.
- Wagner, R. G., G. H. Mohammed, and T. L. Noland (1999). Critical period of interspecific competition for northern conifers associated with herbaceous vegetation. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 890-897.
- Wagner, R. G. (2000). Competition and critical-period thresholds for vegetation management decisions in young conifer stands. *The Forestry Chronicle*, 76(6): 961-968.
- Wagner, R., K. Little, B. Richardson and K. McNabb (2006). The role of vegetation management for enhancing productivity of the world's forests. *Forestry*, 79 (1): 57-79.
- Walters, D. T. and A. R. Gilmore (1976). Allelopathic effects of fescue on the growth of sweetgum. *J. Chem. Ecol.* 2: 469-479.
- Watt, M. S.; D. Whitehead, E. G. Mason, B. Richardson and M.O. Kimberley (2003). The influence of weed competition for light and water on growth and dry matter partitioning of young *Pinus radiata*, at a dryland site. *Forest Ecology and Management*, 183: 363-376.
- Willoughby, I. (1996). Dormant season application of broad spectrum herbicides in forestry. *Aspects of Applied Biology*, 44: 55-62.
- Wilson, S. D. and D. Tilman (1995). Competitive responses of eight old-field plant species in four environments. *Ecology* 76 (4): 1169 - 1180.
- Woessner, R. A. (1972). Weed control by herbicides promotes growth of cottonwood cuttings. *Tree Planters Notes* 23 (2): 17-18.
- Zedaker, S. M., T. G. Gregoire and J. H. Miller (1993) . Sample-size needs for forestry herbicide trials. *Canadian Journal of Forest Research*, 23: 2153-2158.
- Zimdahl, R. L. (1988). The concept and application of the critical weed - free period. In: Altieri, M. A. and M. Liebman (Eds.), *Weed management in agroecosystems: ecological approaches*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, pp. 145-155.
- Zuloaga, F. O. y O. Morrone (1996). Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina I: Pteridophyta, Gymnospermae y Angiospermae (Monocotyledoneae). *Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden* 60, Missouri Botanical Garden Press, 623 pp.
- Zuloaga, F. O. y O. Morrone (1999). Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina II: Fabaceae - Zygophyllaceae (Dicotyledoneae). *Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden* 74, Missouri Botanical Garden Press, 650 pp.





Vistas del sector de ensayos exploratorios 2-1, 2-2, 2-3 y 3 ubicados en “Bonanza Norte”, Establecimiento María Dolores, a partir de imágenes satelitales correspondientes posiblemente al año 2004; fuente: Google Earth (2006).

Pueden observarse las ubicaciones relativas de los cuatro experimentos, así como también resultan distinguibles las parcelas testigo (T- y T+) del ensayo 2-1.