



GOBIERNO DE CHILE  
INIA - FDI CORFO

BOLETÍN INIA Nº 64

ISSN 0717- 4829

# Mejoramiento de la rentabilidad del álamo a través de cultivos asociados

Editores

ALEJANDRO FRAGA S.  
FRANCISCO TAPIA F.



Ministerio de Agricultura  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
Centro Regional de Investigación Quilamapu  
Chillán, Chile, 2001.



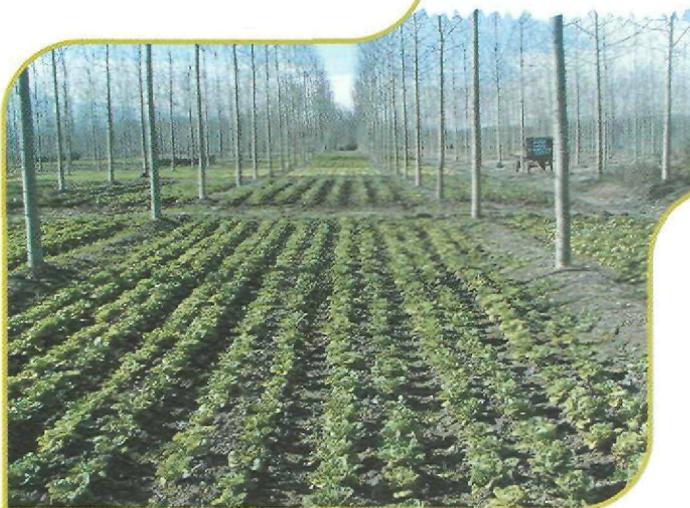
GOBIERNO DE CHILE  
INIA - IDI COREO

BOLETÍN INIA N° 64  
ISSN 0717- 4829

# Mejoramiento de la rentabilidad del álamo a través de cultivos asociados

Editores

ALEJANDRO FRAGA S.  
FRANCISCO TAPIA F.



Ministerio de Agricultura  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias  
Centro Regional de Investigación Quilmapu  
Chillán, Chile. 2001.

Editores:  
Alejandro Fraga S.  
Ingeniero Agrónomo

Francisco Tapia F.  
Ingeniero Agrónomo

Director Regional INIA:  
Hernán Acuña Pommiez

Edición:  
Alejandro Fraga S.  
Hugo Rodríguez A.

Boletín INIA N° 64  
Este boletín fue editado por el Centro Regional de  
Investigación Quilamapu, Instituto de Investigaciones  
Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

Permitida su reproducción total o parcial citando la  
fuente y editores.

Cita bibliográfica correcta:  
Fraga S., Alejandro; Tapia F., Francisco (Eds.).  
2001.  
Mejoramiento de la rentabilidad del álamo a través  
de cultivos asociados.  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias.  
Chillán, Chile.  
Boletín INIA N° 64. 190 p.

Diseño y Diagramación  
Ricardo González Toro

Impresión  
Trama Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 1000

Chillán, 2001.

# Prólogo

La evolución económica del país ha llevado a la erosión de las ventajas comparativas que favorecieron el crecimiento durante la segunda mitad de la década de los ochenta y la década de los noventa. El costo de los principales factores de producción se ha elevado considerablemente, mientras que los precios de los productos de exportación muestran una sostenida tendencia a la baja. Todo esto ha tenido como consecuencia una pérdida de competitividad en una economía abierta como la nacional, basada, principalmente, en la producción y exportación de materias primas.

En este entendido, el país debe enfrentar una nueva etapa en su desarrollo. Según lo señalado por un economista, "el país debe impulsar la creación de un conjunto de elementos que permitan establecer un sistema de ventajas competitivas, en permanente perfeccionamiento, que proporcione claras ventajas a la producción nacional frente a un mundo altamente competitivo y globalizado". Así es, el paso de los años, el aumento de los requerimientos internos y la evolución de la economía internacional a la cual tan ligada se encuentra nuestro país, obligan a replantear y perfeccionar permanentemente la actividad productiva. En Europa, por ejemplo, las formas orgánicas de producción, que habían ocupado un lugar marginal en el mercado, comienzan a imponerse a raíz del desastre ocasionado por el mal de las "vacas locas" y los brotes recurrentes de fiebre aftosa, dando lugar a una gran innovación. Así mismo, en Chile la actividad forestal, que durante mucho tiempo fue un negocio de gran interés para muchos productores agrícolas, ha experimentado un brusco deterioro de sus precios internos, lo que ha echado por tierra muchas expectativas que se cifraron en esta actividad. Como consecuencia, deberán ajustarse los costos de producción, mejorar la productividad del campo, y encontrar fórmulas que permitan acceder a nuevos mercados.

No es posible en el país pensar solamente en bosques productores de madera de bajo costo. Por otro lado, se hace más difícil depender exclusivamente de la precariedad económica que muestran los cultivos agrícolas. Por ello, es imperativo investigar y proponer nuevas fórmulas que permitan allegar a los beneficios de unos cultivos, las ventajas del otro. Vale decir, desarrollar sistemas productivos capaces de unir la actividad forestal de largo o mediano plazo con la actividad agrícola de corto plazo para mejorar la rentabilidad de la economía predial. Esta es una vía que permitirá darle estabilidad a la ocupación del agro, incrementar los ingresos de las comunidades rurales y ayudar a mejorar la anhelada competitividad del país. En este proceso, un destacado papel cumple la innovación tecnológica, en particular en el caso de este proyecto, que ha enfrentado la creación de nuevas tecnologías orientadas al mejor aprovechamiento de los espacios del campo.

Los resultados que se presentan, corresponden a un esfuerzo muy grande destinado a reordenar e innovar los sistemas productivos chilenos y son producto de un trabajo en común realizado por diferentes instituciones públicas en asociación con propietarios privados. En efecto, en esta publicación se encuentra la suma de los conocimientos obtenidos en diferentes áreas del país. En la VI Región, en la VIII y también en la X, se ha probado la combinación del cultivo de árboles forestales, álamos en este caso (destinados a producir madera de alta calidad), con el aprovechamiento de los espacios que el cultivo forestal deja durante sus primeros años de vida, mediante cultivos agrícolas. Con ello, no solo se ha demostrado que esto es posible desde el punto de vista biológico, sino que económicamente resulta extremadamente provechoso, al incrementarse notoriamente la rentabilidad del conjunto del sistema creado.

Un conjunto de profesionales altamente calificados ha sido la base de este proyecto. Bajo la dirección de INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias) se ha efectuado el trabajo, se ha recolectado los antecedentes que las diferentes investigaciones iban entregando y se ha realizado los análisis destinados a mostrar los resultados de estas nuevas formas de producción. Se ha llegado a determinar con exactitud, por ejemplo, los factores que constituyen la combinación óptima de estos elementos y su rendi-

miento físico y económico. En la práctica, se ha tratado de introducir mayor conocimiento e inteligencia en la actividad del campo para mejorar su eficiencia.

Esto abre una amplia senda en la agricultura. No obstante, para que estos conocimientos adquieran relevancia nacional y sean verdaderamente útiles, deben en primer lugar ser difundidos, llegar a los potenciales interesados y ser asimilados por los actores sectoriales. Se requiere tener una mirada más amplia y profunda de parte de profesionales forestales y agrónomos, agricultores y populicultores. Éstos, sin temor, deben enriquecer sus actividades mediante estas experiencias.

La agricultura deberá considerar los factores antes mencionados, principalmente si se le quiere sostener y ser fuente generadora de vida y de bienes económicos para el país y para sus actores más directos. Esto implica un esfuerzo adicional e induce a comprender, profundamente, los cambios necesarios de llevar a cabo. Las combinaciones agroforestales, fruto forestales y silvopastorales adquieren un lugar destacado en este marco. El álamo y los sauces son cultivos que se prestan para esto y sobre ellos se ha generado un amplio conocimiento que puede ser aplicado sin tardanza.

**ARMANDO SANHUEZA SILVA**

# ÍNDICE

---

INTRODUCCIÓN	9
ANTECEDENTES GENERALES DE LA POPULICULTURA	11
* La Populicultura en Chile y el mundo	13
SILVICULTURA DEL ÁLAMO	19
* Sistema agroforestal: área útil para cultivos intercalares	21
* Fertilización de establecimiento y mantención en suelos de la serie arenales de Bío Bío, VIII Región.	27
* Manejo de las malezas en plantaciones de álamos	37
CULTIVOS ASOCIADOS A ÁLAMOS Y SUS INTERACCIONES	45
* Introducción	47
* Cultivos asociados a álamos y sus interacciones en la zona central de Chile	49
* Cultivos asociados a álamos y sus interacciones en la zona centro sur de Chile	63
* Cultivos asociados a álamos y sus interacciones en la zona sur de Chile	81

---

---

NUTRIENTES DEL SUELO, RELACIONES Y  
VARIABLES MICROCLIMÁTICAS EN UN  
SISTEMA AGROFORESTAL CON ÁLAMOS **99**

- ✻ Relaciones entre el DAP y el crecimiento de distintos clones de álamos **101**
- ✻ Comportamiento de la luz fotosintéticamente activa en el área intercalar **121**
- ✻ Efecto de las hojas del álamo sobre las propiedades químicas del suelo y germinación de cultivos anuales intercalares **127**
- ✻ Evolución de algunas propiedades químicas del suelo en un sistema agroforestal álamo - cultivo **141**

---

DESARROLLO Y PROPUESTAS DE SISTEMAS  
AGROFORESTALES PARA DISTINTAS ÁREAS  
AGROECOLÓGICAS DE CHILE **151**

- ✻ Desarrollo y propuestas de sistemas agroforestales para la zona central de Chile **153**
- ✻ Desarrollo y propuestas de sistemas agroforestales para la zona centro sur de Chile **159**
- ✻ Desarrollo y propuestas de sistemas agroforestales para la zona sur de Chile **163**

---

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS  
AGROFORESTALES **167**

- ✻ Introducción **169**
- ✻ Análisis económico de propuestas agroforestales para la zona central de Chile **171**
- ✻ Análisis económico de propuestas agroforestales para la zona centro sur de Chile **177**
- ✻ Análisis económico de propuestas agroforestales para la zona sur de Chile **181**

---

BIBLIOGRAFÍA **185**

---

# Introducción

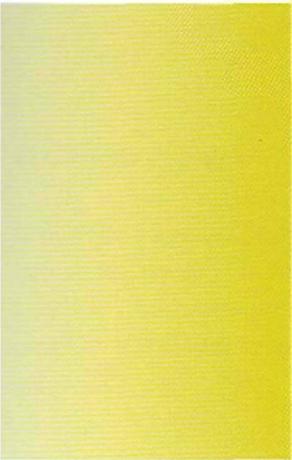
**E**n muchas áreas del país donde existen limitantes ambientales importantes para el desarrollo de una agricultura productiva y rentable, sean éstas de orden climático o edáfico (textura, fertilidad, presencia de napas freáticas altas, etc.), la plantación de árboles en asociación con cultivos o praderas permite diversificar la producción, mejorando el resultado económico y las expectativas de rentabilidad de la actividad agroforestal en su conjunto.

El presente boletín es la recopilación de los principales resultados del proyecto FDI Corfo "Mejoramiento de la rentabilidad del álamo a través de cultivos asociados". En éste se ha desarrollado un conjunto de investigaciones aplicadas, con el objetivo de evaluar los cambios en rentabilidad y productividad ocasionados por la diversificación de la producción, incluyendo junto a cultivos varios y ganadería, la producción intensiva del álamo.

Las áreas en donde ha sido posible aplicar esta innovación corresponden al sector de arenas de Biobío en la VIII Región, donde existe un área potencial de 60.000 ha susceptibles de adoptar este sistema; sectores de suelos húmedos de la X Región con 1.50.000 ha, y áreas de la ribera del río Cachapoal, VI Región, las que representan una superficie aproximada a las 100.000 ha.

Asimismo se presenta un conjunto de resultados que permiten resolver problemas técnicos, tanto de establecimiento de la plantación de álamo en condiciones tan restrictivas como las arenas de Biobío, hasta la determinación de rotaciones y alternativas rentables de cultivo para ser asociadas al bosque en las fases iniciales de crecimiento en las diferentes zonas agroecológicas involucradas.

Junto con entregar a la comunidad una síntesis de los principales resultados obtenidos en el marco del mencionado proyecto, y con la seguridad de estar contribuyendo al desarrollo de extensas áreas y productores de nuestro país, INIA desea agradecer a todas las instituciones que hicieron posible el desarrollo de esta investigación: Corfo; Conaf; Comisión Nacional del Álamo; Forestal Dos Aguas; Álamos del Sur S.A.; Forestal Tornagaleones S.A. y C.A.F. El Álamo.



## Antecedentes generales de la populicultura

# La Populicultura en Chile y el mundo

*Alejandro Fraga S.*

## **El Género Populus**

El término «álamo» se refiere a cualquier árbol del género *Populus*. Los álamos son parte de la familia botánica conocida como Salicaceae que también contiene a sus parientes cercanos, los sauces. Los álamos incluyen sobre 30 especies distribuidas mundialmente y sus clones alcanzan varias decenas de miles.

Un clon de álamo es un grupo de plantas genéticamente idénticas que son el resultado de reproducción vegetativa de un solo árbol (es decir, sin la producción de flores o semillas). Algunos clones se producen cuando muchos brotes nuevos o «chupones» crecen de las raíces de un árbol, particularmente después de la cosecha. Algunos álamos se duplican a través de cortes o varetas. Éstos son segmentos, a menudo de 20 a 25 cm de largo, seccionados de tallos nuevos inactivos o ramas del árbol seleccionado. Cuando se plantan en condiciones apropiadas, estos cortes desarrollarán espontáneamente raíces y brotes creciendo hasta formar nuevos árboles. Este proceso puede repetirse una y otra vez, permitiendo hacer un número ilimitado de clones de un mismo árbol. Debido a que éstos son genéticamente idénticos, todos los miembros del clon serán similares en tasa de crecimiento, forma, resistencia a plagas y enfermedades y propiedades de la madera. Así, pueden seleccionarse y propagarse los clones de mejor comportamiento para el establecimiento de plantaciones muy productivas.

## **Distribución mundial y mercados**

El álamo es una especie ampliamente difundida en todo el mundo, distribuyéndose en forma natural en América, Europa, Norte de África, Asia

Oriental y Central, totalizando una superficie cercana a los 30 millones de hectáreas, de las cuales 17,8 millones están en Canadá, 8,7 en Estados Unidos y 3 millones en China, agrupando solamente en estos tres países el 99% de los bosques autóctonos de álamos (Figura 1).

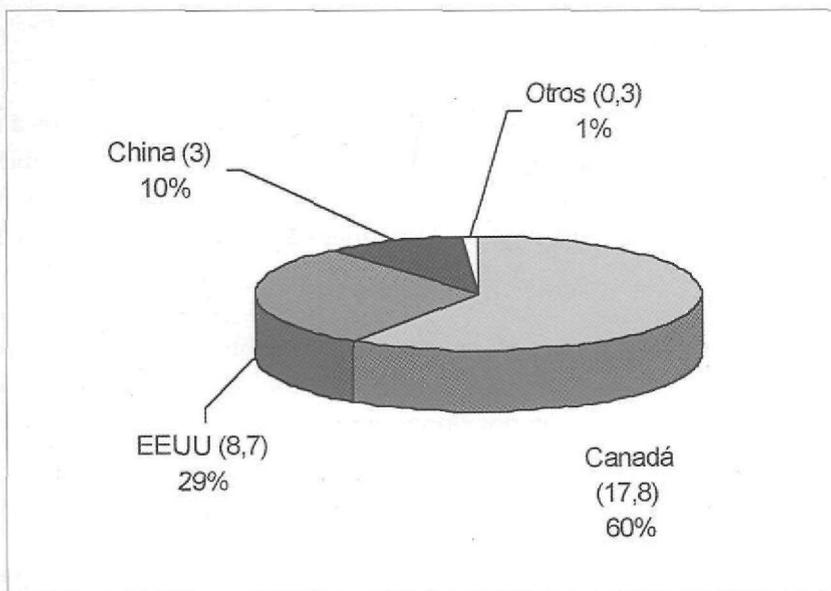


Figura 1. Distribución de la superficie de álamos autóctonos en el mundo (millones de ha).

A nivel mundial y según los datos reportados por distintos países a la Comisión Internacional del Álamo, existen alrededor de 7,5 millones de hectáreas plantadas con fines comerciales, de las cuales China es el país que registra la mayor superficie, totalizando aproximadamente 6 millones de ha, concentrando un 82% de las plantaciones cuyo objetivo principal es satisfacer la demanda interna de pulpa para la manufactura de papel (Figura 2). Chile registra una superficie aproximada de 15.000 ha de las cuales, alrededor del 50% corresponden a cortavientos o alamedas.

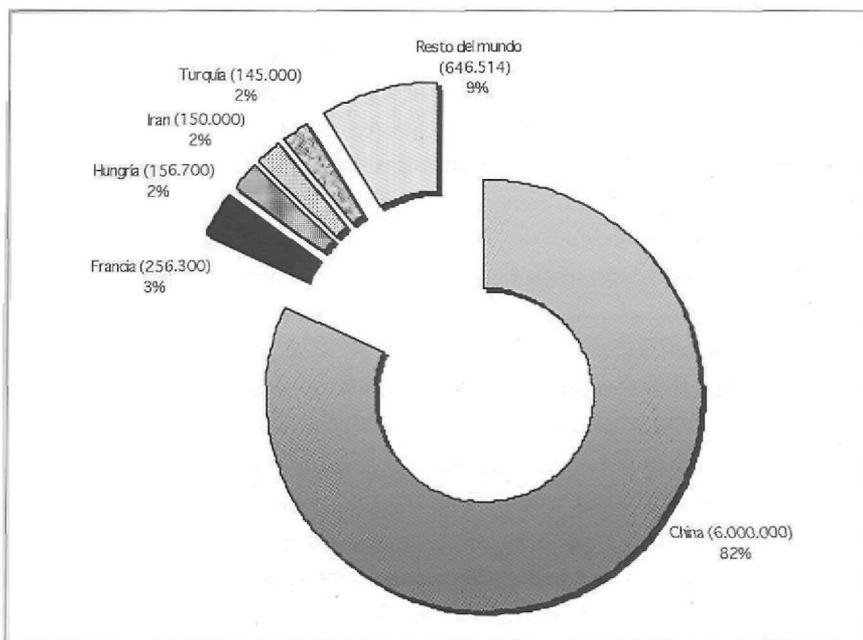


Figura 2. Distribución de plantaciones comerciales de álamos en el mundo. IPC 2000, Portland, Estados Unidos.

En general, se ha registrado un pequeño aumento de la superficie plantada, excepto en el caso de China, en los últimos años, sin embargo, el volumen de madera de álamos transada en los mercados internacionales ha crecido entre un 20 y 50 %.

Los países que más importaciones realizan son: Italia con 653.300 m<sup>3</sup> de rollizos provenientes especialmente desde Francia (50%) y Hungría (20%); Finlandia con 150.000 – 200.000 m<sup>3</sup>/año, principalmente desde los estados Bálticos y Rusia. También aparece Croacia importando cerca de 98.000 toneladas de madera para pulpa.

## Usos del álamo

Los álamos pueden usarse para muchos propósitos, produciendo valiosa materia prima y otros beneficios menos tangibles. En Estados Unidos, las inmensas extensiones de álamos nativos han aportado, aproximadamente, con el 40% de la pulpa consumida para la fabricación de papel y otros productos de fibra de madera. Por otra parte, la pulpa producida de los álamos híbridos puede ser un buen sustituto de la obtenida de los álamos nativos. Los álamos también son una alternativa para la fabricación de tablas y muchos otros materiales de construcción. La madera del álamo, aunque suave, se usa para pallets y embalajes. El material de mejor calidad se ha utilizado en muchos países para mobiliario y molduras.

Dentro de otras utilidades se ha comenzado a considerar en EEUU, Suecia, Yugoslavia, Croacia y el Reino Unido a los álamos y sauces como una fuente renovable de «biocombustible» para una combustión limpia en plantas generadoras de electricidad. Aunque se libera CO<sub>2</sub> cuando se queman los árboles, la cantidad de carbono agregada a la atmósfera es menor que la fijada por el árbol durante sus años de crecimiento. Así, el biocombustible de álamo no contribuye al «efecto del invernadero» que es en parte ocasionado por el uso de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Por eso, en algunas zonas con pocos recursos de combustibles fósiles, los biocombustibles de álamo son una manera de producir su propia fuente de energía.

Los álamos también pueden contribuir a la calidad estética, recreativa, y medioambiental de áreas urbanas y rurales. Los clones que han perdido su habilidad de producir flores (y por consiguiente no producen el molesto “algodón”), también pueden seleccionarse para crecimiento rápido, vigor, forma de copa deseable y características de la hojas. Estos árboles pueden proporcionar sombra rápidamente y proteger zonas grandes, parques, y áreas verdes, mientras otras especies más lentas se establecen. En áreas rurales, los álamos contribuyen a la estructura del paisaje agrícola, proporcionando protección del viento y hábitat para la fauna. En otras partes del planeta se menciona que las plantaciones de álamos acumulan más nieve que las zonas abiertas, reduciendo las tasas de derretimiento y escurrimiento de nieve, disminuyendo las inundaciones y la erosión de los suelos. Estos árboles pueden

también utilizar eficazmente los nutrientes en exceso de la producción agrícola, contribuyendo al mejoramiento de la calidad del agua.

## **Álamos para rotación corta, sistemas de producción intensiva de árboles y agroforestería.**

Los déficit en el suministro y los costos crecientes para la producción de madera en EE.UU. han renovado el interés en los sistemas de producción intensivos de árboles de rotación corta (SIRC). Pueden producirse álamos usando las prácticas de SIRC para satisfacer las necesidades crecientes de materia prima y las necesidades de combustible. Los álamos de SIRC incluyen sólo clones probados en términos de adaptabilidad al sitio, alta tasa de crecimiento, buena forma, calidad de fibra o madera y resistencia a plagas y enfermedades. Deben plantarse en sitios cuidadosamente preparados con buena fertilidad y suministro adecuado de humedad. El control de malezas por medio de la aplicación de herbicidas, laboreo o mulch, comienza antes de la plantación y continúa hasta la tercera temporada de crecimiento. En EE.UU., con la preparación y mantención apropiada, la producción de madera aserrable y pulpable se puede lograr a los 12 a 15 años (o menos), donde normalmente se cosecha a los 20 - 25. Vale decir, que en Chile, utilizando el mismo concepto se puede lograr producciones de este tipo de madera entre 8 a 10 años, lo que sumado a la incorporación de cultivos agrícolas, vale decir, el establecimiento de sistemas agroforestales en los primeros años de crecimiento del bosque puede proporcionarnos, finalmente, muy buenos resultados económicos al permitir flujos de caja positivos en un período donde el bosque solo genera gastos.

## **Situación de la populicultura en Chile**

Existe actualmente en el país un programa de diversificación de la producción silvícola nacional, creado en 1994, destinado a incrementar la oferta exportadora chilena, mejorando la rentabilidad de los propietarios forestales. Para alcanzar este propósito, el Programa de Diversificación identifica, estudia y fomenta el uso de nuevas opciones productivas forestales y, de esta

forma, ampliar las posibilidades de uso productivo de la tierra e incorporar a nuevos actores al beneficio de la producción silvícola. A través del Programa de Diversificación Forestal, CONAF forma parte de la Comisión Nacional del Álamo, organismo que tiene como objetivo promover el cultivo del álamo como mecanismo de crecimiento y fortalecimiento del sector forestal chileno, ya que por su condición edafoclimática, sanitaria, estructura de propiedad de la tierra, conocimientos existentes y condiciones internacionales de mercado, entre otros, presenta promisorias condiciones para desarrollar este cultivo a escala nacional.

Forman parte de la Comisión las siguientes instituciones: CONAF, Instituto Forestal (INFOR), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Corporación Chilena de la Madera (CORMA), Fundación Chile, Universidad de Talca, Universidad Austral de Chile, Universidad de Chile, Universidad de Concepción, Movimiento Unitario Campesino y Etnias de Chile (MUCECH), Sociedad Nacional de Agricultura (SNA), Forestal Dos Aguas S.A., Colegio de Ingenieros Forestales A.G., C.A.F. El Álamo, Álamos del Sur S.A., Corporación Pro Recuperación del Bío Bío.

La Comisión ha logrado convertirse en un actor destacado dentro del sector forestal y de otros sectores del agro, formando importantes alianzas entre los interesados en el desarrollo de la populicultura en Chile e impulsando el desarrollo de trascendentales proyectos productivos y de investigación.

# Silvicultura del álamo

# Sistema agroforestal: área útil para cultivos intercalares

*Gabriel Bascur B.  
Francisco Tapia F.*

Durante las temporadas 1999-2000 y 2000-2001, se desarrollaron en la localidad de Coinco, VI Región, trabajos en álamos del clon I-488 de tres y cuatro años de edad con distintos cultivos intercalares establecidos a diferentes distancias desde la línea de los árboles con el propósito de evaluar el efecto de esta variable sobre los componentes del sistema álamo-cultivo.

Es importante para el sistema, determinar el efecto sobre los cultivos y sus rendimientos, al acercarse a la línea de plantación de los álamos. En el Cuadro 1, se presentan los rendimientos obtenidos por tres cultivos de distintas características, no evidenciándose diferencias con los distintos distanciamientos evaluados; sin embargo, los rendimientos alcanzados por la cebolla fueron muy bajos debido a que no se obtuvieron bulbos de calibre comercial, puesto que los árboles están provocando una intercepción de luz que para esta especie es una limitante para su adecuada bulbificación.

Cuadro 1. Rendimientos de trigo, maíz grano y cebolla, intercalados a cuatro distancias desde los árboles, en una plantación de álamos de 3 – 4 años. Coinco 1999 – 2000.

<b>Distancia (m)</b>	<b>Trigo (qqm/ha)</b>	<b>Maíz Grano (qqm/ha)</b>	<b>Cebolla (kg/ha)</b>
0,5	48,9	83,2	23.664
0,65	42,3	91,2	17.403
0,825	41,6	82,3	26.137
1,0	41,7	82,3	20.067

Simultáneamente se determinó, a través de variables dendrométricas, que los álamos no se vieron afectados en su crecimiento por ningún cultivo y distancia de establecimiento. En el Cuadro 2 se presenta el comportamiento del diámetro a la altura del pecho (DAP), que es uno de los parámetros más importantes del crecimiento de los álamos. De acuerdo a los incrementos del DAP para la temporada 1999-2000, se observa que los árboles presentaron el mismo desarrollo con los distintos cultivos, así como también se produce el mismo efecto para los distanciamientos, tendencia que se repite al comparar los valores finales de DAP al término de la temporada.

Cuadro 2. Diámetro a la altura del pecho (DAP) al final de la temporada, (cm), para álamos con tres cultivos intercalares, establecidos a 4 distanciamientos. Coinco 1999 - 2000.

Cultivo Intercalar	Distanciamiento (m)					Incremento DAP Temporada (cm)	DAP Final Temporada (cm)
	0,50	0,65	0,825	1,00	Testigo		
Trigo	12,72	12,78	12,80	13,59	-	4,20	12,97
Maíz	13,85	13,67	14,20	13,65	-	4,86	13,84
Cebolla	13,39	14,06	13,33	13,75	-	4,69	13,63
Testigo sin cultivo	-	-	-	-	14,32	5,13	14,32
Incremento DAP Temporada (cm)	4,58	4,72	4,54	4,51	5,13	4,72	
DAP Final Temporada (cm)	13,37	13,52	13,74	14,13	14,32		13,69

Para el caso de árboles de 3-4 años, los resultados obtenidos en trigo, haba, arveja y avena-vicia, indicaron que sus rendimientos físicos (producción obtenida en la superficie ocupada por el cultivo) y sus respectivos índices de cosecha no fueron afectados por las diferentes distancias a que fueron establecidos con respecto a los árboles, las que variaron entre 0,5 y 2,26 m. Esta situación es muy importante ya que al ser el rendimiento independiente de la

distancia de establecimiento permite manejar y adecuar el uso de los cultivos intercalares a otros aspectos del sistema.

Al comparar el comportamiento de los cultivos entre las dos temporadas a través de sus respectivos índices simple de rendimiento (ISR), indicador que relaciona el rendimiento del cultivo respecto al rendimiento promedio zonal, se observó una reducción de sus valores en distintas magnitudes, lo que indica que el bosque está ejerciendo un efecto negativo para todos los cultivos, aspecto que está relacionado con la mayor intercepción de luz que se produce al aumentar el área foliar de los árboles por el mayor crecimiento que presentaron en la última temporada; este aspecto es muy importante para la elección del cultivo intercalar a utilizar.

Por otra parte, para las dos temporadas los álamos no vieron alterado su crecimiento en DAP y en altura por efecto de los cultivos en los distintos distanciamientos utilizados; esto significa que el uso de cualquiera de estas especies no afecta negativamente el desarrollo de los árboles, independiente de la distancia a que se establezcan.

Al analizar el comportamiento del sistema agroforestal durante los dos períodos, categóricamente se demostró que el rendimiento de los cultivos disminuye significativamente en la medida que aumenta el distanciamiento desde los árboles, ya que el área útil ocupada por el cultivo disminuye en el sistema desde un 83,3% con el menor distanciamiento (0,5 m) hasta un 24,7% para el mayor (2,26 m). De esta manera, se recomienda establecer los cultivos a una distancia de 0,5 m para así poder maximizar el aprovechamiento de la superficie utilizada en el sistema álamo-cultivo.

Esta tendencia se representa en la Figura 1 para el caso de un cultivo de trigo establecido en un bosque de 2-3 años y para un cultivo de habas establecido en la temporada 2000-2001, con árboles de 3-4 años. Por otro lado, la elección del cultivo va a depender de su comportamiento agronómico y económico que pueda presentar en relación a la edad de los álamos, aspecto que es analizado en el capítulo "Cultivos asociados a álamos y sus interacciones".

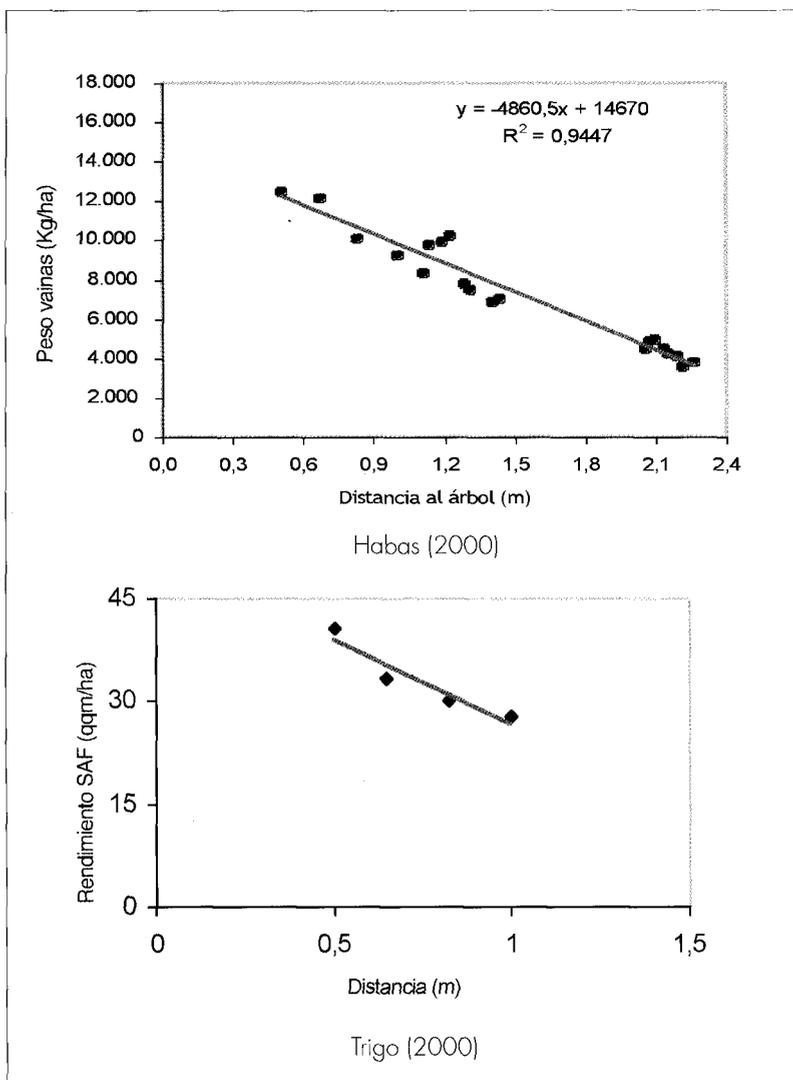
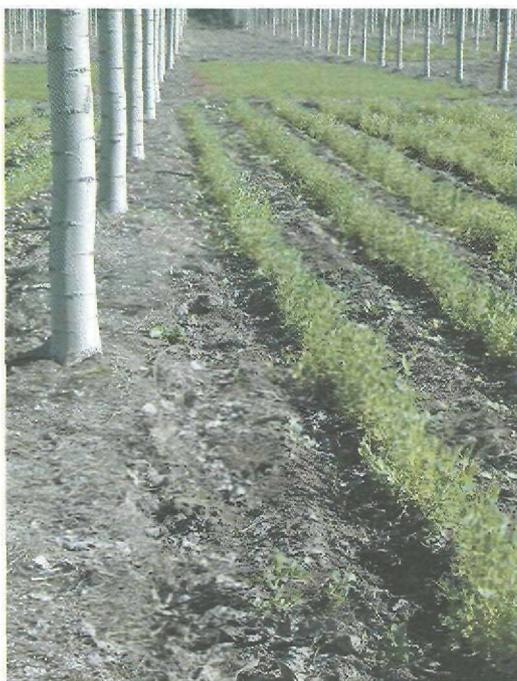


Figura 1. Efecto de la distancia de establecimiento al álamo en el rendimiento de un cultivo de trigo en un bosque de 2-3 años y de habas en árboles de 3-4 años, en el sistema agroforestal. Coinco, 2000.

## Recomendación

Los resultados demostraron consistentemente que en la medida que se reduce el área ocupada por el cultivo dentro del sistema agroforestal su rendimiento disminuye linealmente, recomendándose por esto, establecer los cultivos con el menor distanciamiento respecto a la hilera de álamos, 0,5 m, pues de esta manera se maximiza el área cultivable y también el rendimiento en el sistema agroforestal.



- Ensayos de área útil en el espacio intercalar. Coinco, VI Región.

# Fertilización de establecimiento y mantención de álamos en suelos de la serie arenas de Biobío, VIII Región.

*Nicasio Rodríguez S.*

## Caracterización físico química de los suelos

En general, se considera al álamo como una especie poco demandante de nutrientes. Sin embargo, la carencia, principalmente de macronutrientes, acarrea en general desórdenes fisiológicos que pueden inducir graves pérdidas en el crecimiento. Debido a ello no se desarrolla en terrenos que presentan déficit importantes de estos elementos.

Las principales características químicas evaluadas se muestran en el Cuadro 1. Se observa que los contenidos de N, P y K se encuentran en niveles considerados bajos a muy bajo; lo mismo ocurre con la materia orgánica. Respecto al pH, éste tiene un valor muy cercano al neutro.

Cuadro 1. Resultado de análisis de suelo del sector Peñuelas, comuna de Cabrero, septiembre 1998.

Característica química	Valor	Nivel
PH	7.3	
M.O. (%)	4.0	B*
N (ppm)	6	MB*
P (ppm)	4	MB*
K (ppm)	90	M*
Ca (cmol+/kg)	3.15	
Mg (cmol+/kg)	1.42	
Na (cmol+/kg)	0.06	
K (cmol+/kg)	0.21	
Zn (ppm)	0.43	
Fe (ppm)	33.1	
Cu (ppm)	4.77	
Mn (ppm)	6.45	

\*B: bajo; M: medio; MB: muy bajo.

Al observar las propiedades físicas del suelo más relevantes (Cuadro 2), queda claramente establecido que la textura del suelo en el sitio es arenosa, con granulometría en aumento a medida que avanza en profundidad y densidad aparente muy alta. Existen granos oxidados a partir de los 17 cm de profundidad, lo que denota presencia de agua o de inundaciones por períodos largos.

Bajo regímenes de riego, estos suelos presentan moteado debido, fundamentalmente, al alto contenido de hierro del material parental (arenas volcánicas, andesíticas – basálticas recientes). Ocasionalmente, entre las diferentes estratas se ha depositado una pequeña capa de ceniza volcánica de 0.5 a 1 cm de espesor que favorece la retención de humedad.

Cuadro 2: Análisis físico de los suelos del sector Peñuelas, comuna de Cabrero. Septiembre 1999.

Horizonte	A	B	C
Profundidad (cm)	0 - 17	17 - 47	47 - 70
Da (g/cm <sup>3</sup> )	1.4	1.4	1.5
Porosidad (%)	47.0	46.3	43.4
Pedregosidad	Ausente	Ausente	Ausente
Textura al tacto	Franco Arenosa fina	Franco Arenosa	Arenosa
Topografía aérea	Plana ondulada	-	-
Observaciones	Vegetación herbácea	Granos oxidados	Aflora napa

Los álamos, en general prefieren suelos profundos cercanos a 1 m y de reacción neutra, no calcáreos, aireados, no compactados; no soportan suelos saturados de agua, la porosidad total deberá ser alrededor de 50%. Las raíces sólo pueden prosperar en condiciones favorables de abastecimiento de agua, aire, nutrición mineral y temperatura en el suelo.

Dentro de las propiedades físicas relevantes, la textura tiene fuerte influencia sobre el crecimiento de las plantas en dos aspectos básicos. Por un lado, a textura más arenosa disminuye normalmente la fertilidad, mientras se incrementa en general, en la medida que disminuye el tamaño de las partículas. Otro aspecto importante determinado por la textura es el físico, en tanto éste depende de la porosidad y, consecuentemente, de la capacidad de almacenamiento de agua y aire, lo cual es de vital importancia para los álamos.

De esta manera, las texturas más favorables para el cultivo del álamo son: areno – limosa, areno – arcillosa y franco limo – arcillosa. Una proporción de arena es necesaria para la aireación del suelo; a la vez, una proporción de arcilla mejora la fertilidad. De esta forma, el álamo prefiere suelos cuya textura se sitúe en la zona de los suelos francos y franco – arenosos.

De acuerdo al análisis realizado en el sitio de la plantación, se puede establecer que los suelos del área son aptos para la plantación de especies forestales con altos requerimientos de agua y un sistema de raíces no muy profundas. El álamo es una de las especies que se adapta a este ambiente junto con otras del género *Salix*.

## **Determinación de los elementos que limitan el crecimiento de los álamos**

Este ensayo se estableció el año 1998 y los elementos estudiados fueron N, P, K, Ca, Mg, S y B, utilizando la técnica del elemento adicional. Se evaluaron anualmente los parámetros de crecimiento de los árboles (DAP, altura y cobertura de la copa).

Entre los nutrientes más requeridos por el álamo, hay que distinguir los macronutrientes, tales como el N, P, K, S y Ca, que forman parte importante en la constitución de la materia viva, y los micronutrientes como B, que son indispensables para la vida, aunque en cantidades muy reducidas.

En la Figura 1 se puede observar, claramente, que existió respuesta a la fertilización, ya que todos los tratamientos mostraron respuesta positiva respecto al testigo sin fertilizar, en todas las variables evaluadas.

Cuando se fertilizó únicamente con N, se observa una respuesta positiva respecto al testigo (Figura 1), pero no hubo diferencia entre ellos cuando se adicionó P, K, S y B, sólo observándose diferencia respecto al testigo. En el tratamiento donde se aplicó Ca, hubo diferencia con los tratamientos NPKSB y al testigo en las variables DAP y cobertura de copa. En altura sólo se presentaron diferencias respecto al testigo. En resumen, se encontró respuesta de crecimiento con N y Ca.

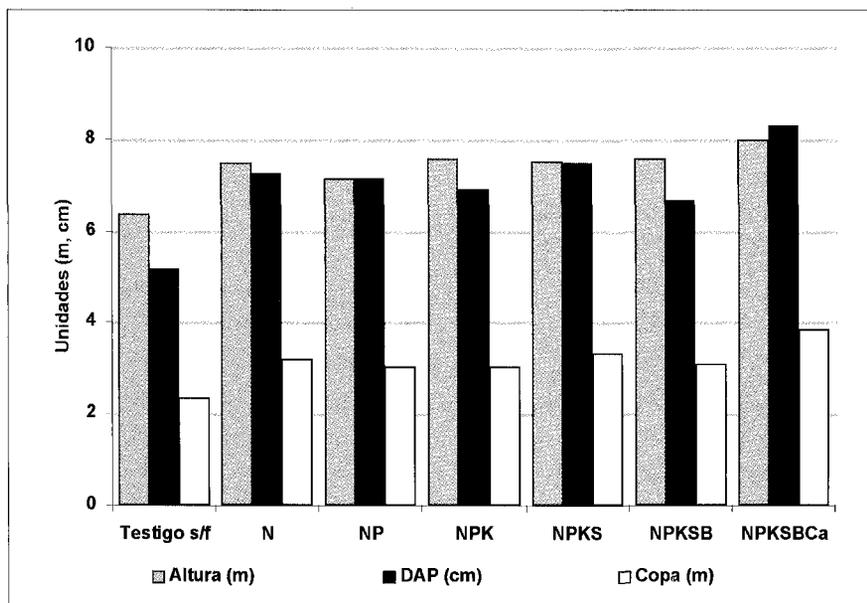


Figura 1. Respuesta de los álamos en altura, DAP y cobertura copa en diferentes tratamientos de fertilización. Cabrero, VIII Región 2000.

## **Estudios de calibración y formulación de una dosis óptima de fertilización**

Se estudiaron distintas dosis de N, P, K y B, en un período de tres años, con el fin de determinar una fertilización óptima en álamo para las condiciones de los suelos de la Serie Arenales de la VIII Región. Se evaluaron anualmente los parámetros de crecimiento de los árboles (DAP, altura y cobertura de la copa).

### **Dosis de N**

El N es el componente más importante de las proteínas vegetales y el que con más frecuencia escasea en los tejidos de las plantas. Es un elemento móvil, que es fácilmente asimilable, pero también fácilmente desplazable fuera del alcance de las raíces. La carencia de N se traduce en modificaciones en el color de las hojas, que se tornan de color verde claro o verde amarillento, si los niveles carenciales aumentan, las hojas nuevas no se desarrollan y el crecimiento de las plantas se retrasa fuertemente. En clones híbridos jóvenes de *Populus*, entre 50 y 60% del N total en el árbol está ubicado en las raíces durante el invierno. El género *Populus*, además, posee un sistema para reciclar N de las raíces a los tallos.

En las Figuras 2, 3 y 4, se muestra que la respuesta en crecimiento de los álamos a la fertilización con nitrógeno en las variables evaluadas. En las tres variables el comportamiento es similar con una tendencia al aumento en los valores de altura, DAP y copa hasta una dosis de aplicación de 100 g N/planta. Luego se observa una disminución de los valores reflejado en un menor desarrollo de los árboles. Claramente se observa respuesta respecto a la aplicación de N.

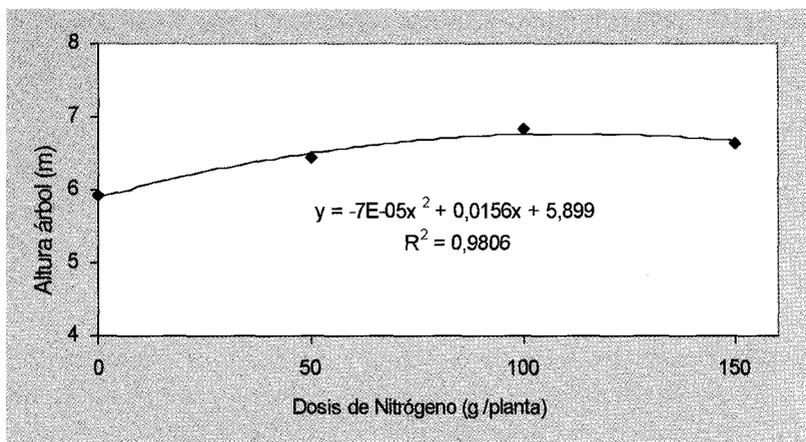


Figura 2. Respuesta en altura de los álamos a dosis crecientes de Nitrógeno. Cabrero 2000.

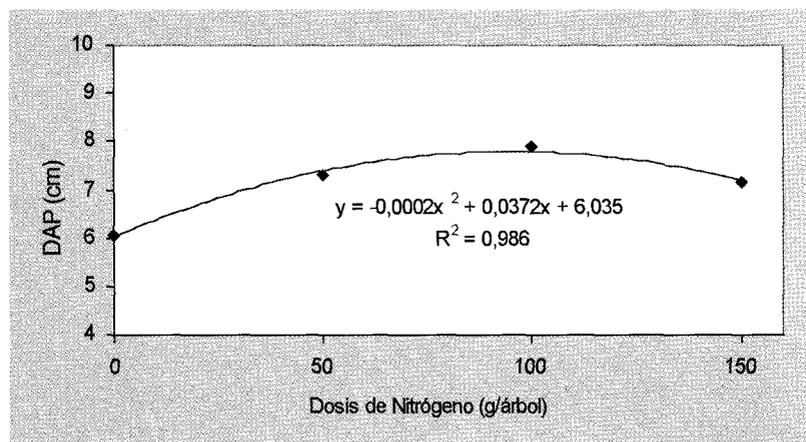


Figura 3. Respuesta en DAP de los álamos a dosis crecientes de Nitrógeno. Cabrero 2000.

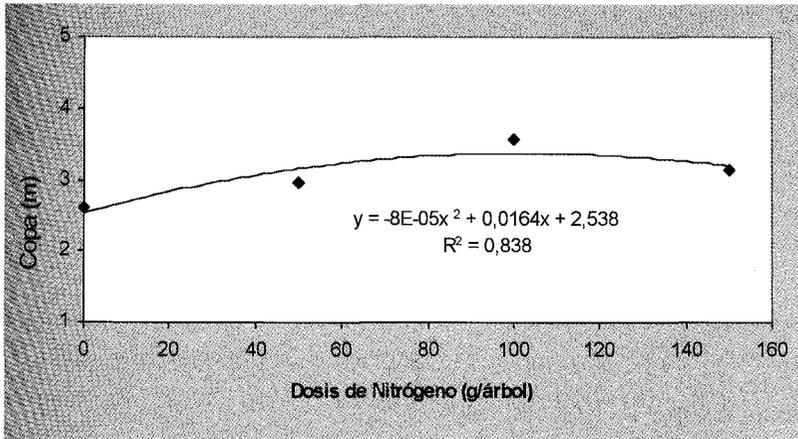


Figura 4. Respuesta en cobertura copa de los álamos a dosis crecientes de Nitrógeno. Cabrero 2000.

### Dosis de Fósforo

En álamos, la deficiencia de este nutriente se produce especialmente en suelos antiguos, expuestos a un alto grado de intemperización, que tienden a tener altos contenidos de Al y Fe. Esta deficiencia actúa directamente sobre la planta, reduciendo la energía utilizable en la formación de diversos compuestos y se traduce, cuando es grave, es un gran debilitamiento general y muerte prematura, ya que el P forma parte de nucleoproteínas y fosfolípidos y es fundamental para la transferencia de energía en el metabolismo de la planta.

En el Cuadro 3 se muestra que no existió diferencia en ninguna de las tres variables medidas (Altura, DAP y Copa). La respuesta a la fertilización con P en este ensayo coincide con lo obtenido en el estudio anterior, donde la adición de P no mostró un efecto positivo en el desarrollo de los álamos.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de dosis crecientes de  $P_2O_5$  en la Altura, DAP y Copa de álamos. Cabrero 2000.

Dosis P (g/planta)	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)
0	6.89	7.13	3.21
21.8	7.09	7.50	3.44
43.7	6.49	6.93	2.84
65.5	6.47	6.93	3.16

### Dosis de Potasio

La función principal del K en el metabolismo del álamo es en la activación de enzimas y, secundariamente, como un elemento no tóxico dentro de la célula. Este elemento se incorpora a los sistemas forestales a través de la precipitación atmosférica y por la degradación de los materiales del suelo.

No existió diferencia en ninguna de las tres variables medidas (Altura, DAP y Copa) (Cuadro 4). Se puede observar una leve respuesta positiva a la aplicación de K hasta 60 g/planta, reflejada en los valores absolutos de la altura y DAP.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de dosis crecientes de  $K_2O$  en la Altura, DAP y Copa de álamos. Cabrero 2000.

Dosis K (g/planta)	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)
0	4.44	3.00	0.82
24.8	4.75	3.40	1.05
49.6	5.19	3.60	0.98
74.4	4.82	3.30	0.93

## Dosis de Boro

En el Cuadro 5 se muestra que no existió respuesta a la adición de boro a las plantas de álamo y, en general no se observa un patrón de comportamiento para ninguna de las tres variables medidas (Altura, DAP y Copa).

El álamo no es una especie sensible a la fertilización con Boro como lo es el pino, especie que se ha determinado que tiene una alta sensibilidad a la falta de este elemento, lo que se traduce en el debilitamiento de los árboles. Los álamos requieren, aunque en cantidades pequeñas, algunos micronutrientes que son indispensables para la vida como el Cobre, Hierro y Boro. A nivel mundial, raras veces se hace necesaria la fertilización con elementos menores. Sin embargo, en casos en que limitan la productividad, se ha podido observar respuestas de importancia en el crecimiento de los árboles. Las plantas que crecen con deficiencia de boro se desarrollan anormalmente y su carencia se puede manifestar al final de la estación vegetativa.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de dosis crecientes de Boro en la Altura, DAP y Copa de álamos. Cabrero 2000.

Dosis Boro (g/planta)	Altura (m)	DAP (cm)	Copa (m)
0	5.78	5.83	2.38
1	5.92	5.87	2.55
2	5.73	5.90	2.65
4	5.72	5.60	2.56

Como conclusión, se puede indicar que el álamo responde positivamente a la fertilización nitrogenada y a la aplicación de calcio. Los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de dosis hasta 100 g N/planta. Por otra parte, no se evidenció respuesta a la fertilización en base a P, K y B.

## Elaboración de un plan de fertilización

Conociendo las curvas de crecimiento, las tasas de extracción de los principales macronutrientes a través del tiempo (la demanda), los aportes (suministro)

del suelo y la eficiencia de la aplicación del fertilizante, se puede realizar un plan de fertilización, de manera de poder aumentar las tasas de crecimiento. Es así que, de acuerdo a los resultados de diversos estudios realizados, a continuación se presenta un plan de fertilización para álamos establecidos en suelos de riego de la Serie Arenales de Bío Bío.

Cuadro 6. Recomendación de dosis de nutrientes en álamos.

<b>Al establecimiento (después de la plantación)</b>		
<b>Nitrógeno (g/planta)</b>	<b>Fósforo (g/planta)</b>	<b>Carbonato de Calcio (g/planta)</b>
<b>100</b>	<b>40</b>	<b>300</b>
<b>Año 2 después de la plantación</b>		
<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

### **Forma de aplicación de los nutrientes contenidos en los fertilizantes**

**Nitrógeno :** el nitrógeno en los suelos arenosos es recomendable aplicarlo en forma de Urea 45% de N. La forma de aplicación de N es mitad de la dosis a cada lado de la planta a una distancia de 20 a 25 cm, sobre la superficie del suelo en una banda de 1 m.

**Fósforo:** La fuente de fertilizante fosfatado más adecuada para suelos arenosos es Superfosfato Triple 47%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Se debe aplicar la mitad de la dosis a ambos lados de la planta a una distancia de 15 cm y a 20 cm de profundidad.

**Calcio:** Aplicar Carbonato de Calcio (cal agrícola) en la superficie del suelo en un área de 25 x 25 cm, quedando la planta en el centro de esta superficie.

# Manejo de las malezas en plantaciones de álamos

*Víctor Kramm M.*

## Introducción

Las plantaciones forestales han tenido gran relevancia en el sector silvoagrícola. Los factores que mayormente inciden en su desarrollo son la elección de buenas semillas, en el caso de viveros, y posteriormente una fertilización apropiada y ayudar a un buen establecimiento de la plantación, mediante prácticas adecuadas de manejo. Dentro de éstas, el control de las malezas juega un rol preponderante, ya que es en los inicios de la plantación cuando el árbol debe mantenerse en forma más protegida de los factores de competencia.

Actualmente existen varias alternativas, pero en su mayoría referidas a plantaciones de pino (*Pinus spp.*) y eucaliptos (*Eucaliptus spp.*), no existiendo la suficiente información sobre las recientes plantaciones de álamo.

De acuerdo a la información recolectada en diversas fuentes, la plantación debe mantenerse libre de malezas hasta los tres años, es decir, hasta cuando el dosel cubra completamente el suelo. Este manejo dice relación tanto en las entrehileras como en el desbroce cercano al tallo.

Es habitual que se establezcan los cultivos en seco, aprovechando la precipitación primaveral y estival, y que se controle las malezas rastreando dos o tres veces durante la temporada de crecimiento y desbrozando alrededor de la planta manualmente con implementos mecánicos, a no más de 10 cm de profundidad, para evitar las heridas en raíces superficiales. Este rastraje permite, además, el mullimiento y aireación del suelo, aumentando su permeabilidad, reduciendo la evaporación, e incorporando las hojas. Estas prácticas son consideradas como de gran beneficio para el cultivo.

Con el riego se hace más difícil el paso de rastras, por lo que se recomienda el uso de cultivos intercalados, donde debe realizarse las labores específicas de control de malezas.

Para evaluar las diferentes alternativas de control de malezas en las plantaciones de álamo, se realizaron tres experiencias de prueba de productos químicos para el control de las mismas en la zona de Cabrero.

## **Antecedentes generales**

En la primera temporada se realizó un “*screening*” de herbicidas y mezclas, para determinar cuáles de ellos se comportaban de mejor forma en el álamo. Se contempló, en este caso, la prueba de 7 tratamientos herbicidas que incluyeron Glifosato, Simazina, Glufosinato de amonio, Clopiralid, Haloxyfop methyl, Quizalofop - p - tefuril, y Oxyfluorfen más un testigo enmalezado y un testigo mecánico.

En la segunda temporada se profundizó respecto de los tratamientos de mejor respuesta, utilizando Glifosato y Glufosinato de amonio, solos y en mezcla con Simazina, conservando los testigos mecánico y enmalezado.

En la tercera temporada se incorporó, en el ensayo inicial, la alternativa de reemplazar la Simazina por una sulfonilurea. Asimismo, se incorporó parcelas con *mulch* de aserrín de pino, de acuerdo a la información recogida en las actividades de difusión con los agricultores de la zona, donde este subproducto es abundante. Los tratamientos diferenciados se realizaron a inicios de otoño y las evaluaciones consistieron en mediciones de diámetro a altura del pecho (DAP) y altura, en los árboles y población de malezas.

## Efecto de los tratamientos sobre las malezas presentes

La zona de Cabrero se caracteriza por presentar suelos arenosos con un sistema de riego subsuperficial, y presenta una flora de malezas bastante característica que se detalla en el Cuadro 1.

En ese cuadro se puede apreciar que las malezas variaron de una temporada a otra, siendo la primera temporada la que presentó mayor cantidad y frecuencia de malezas.

Cuadro 1. Especies de malezas presentes y su frecuencia, en el ensayo de control de malezas de álamo. Cabrero 1998/2000.

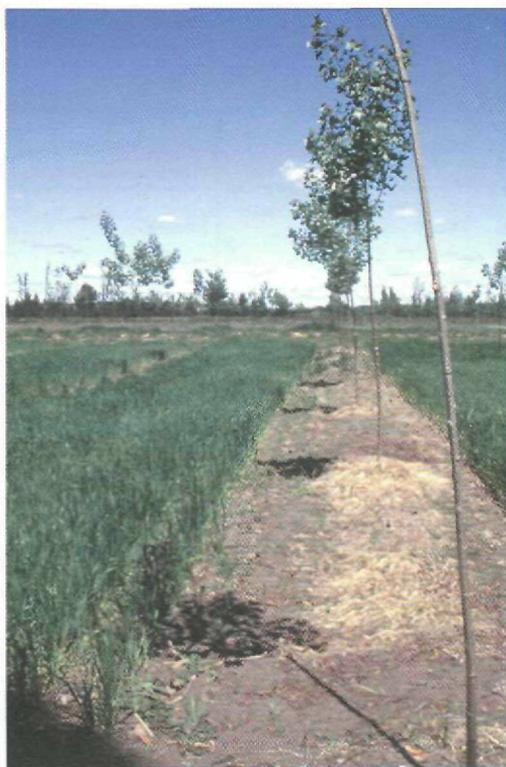
Especie			Frecuencia (*)	
			Año	
Nombre científico	Nombre común	Hábito de crecimiento	1998	1999
<i>Paspalum distychem</i>	Chépica gigante	Perenne, rizomatosa	5	4
<i>Lolium perenne</i>	Ballica perenne	Perenne simple	5	4
<i>Eleocharis spp.</i>	Quilmen	Perenne rizomatosa	5	2
<i>Nierembeckia repens</i>	Nierembeckia	Perenne, arbustiva	5	1
<i>Juncus bufonius</i>	Junquillo	Anual	4	0
<i>Hypochaeris radicata</i>	Pasto del chancho	Perenne simple	4	0
<i>Sorghum halepense</i>	Maicillo	Perenne estolonifera	4	0
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotera	Perenne estolonifera	3	2
<i>Daucus carota</i>	Zanahoria silvestre	Anual o bianual	3	0
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pata de gallina	Anual de verano	3	0
<i>Holcus lanatus</i>	Pasto miel	Anual de verano	2	1
<i>Scirpus sp.</i>	Totorilla	Anual	2	0
<i>Rumex acetosella</i>	Vinagrillo	Perenne rizomatosa	2	0
<i>Cyperus esculentus</i>	Chufa	Perenne rizomatosa	2	0
<i>Trifolium repens</i>	Trébol	Perenne estolonifera	2	0
<i>Lactuca serriola</i>	Lechugilla	Anual o bianual	1	0
<i>Bellis perennis</i>	Margarita	Perenne simple	2	0
<i>Oenothera stricta</i>	Don Diego de la noche	Anual	1	0
<i>Plantago lanceolata</i>	Siete venas	Perenne simple	1	0
<i>Anagallis arvensis</i>	Pimpinela escarlata	Anual	1	0
<i>Vulpia bromoides</i>	Pasto pelillo	Anual de invierno	1	0
<i>Panicum capillare</i>	Pasto de la perdiz	Anual de verano	1	0
<i>Agrostis tenuis</i>	Chépica	Perenne estolonifera	0	3

(\*): Nota de frecuencia: 1: escasa; 5: muy abundante.

## Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de los árboles

Durante la primera temporada se pudo observar que los tratamientos evaluados no presentaban toxicidad sobre el álamo. En relación al control de las malezas, los mejores tratamientos fueron los que tenían en su composición Glifosato + Simazina. Lo mismo ocurrió con el Glufosinato de amonio en dosis de 0,45 kg de i. a. /ha.

En los ensayos, desde la primera temporada apareció el efecto beneficioso del testigo mecánico, el cual a simple vista mostró diferencias en vigor de las plantas de álamo. El resultado del efecto de las malezas de la segunda temporada se presenta en el Cuadro 2.



• Control de malezas sobre la hilera de álamos en un sistema agroforestal con trigo. Cabrero, VIII Región.

Cuadro 2. Altura de plantas, población y biomasa de malezas agrupadas por tipo. Cabrero, 1999/2000.

Tratamientos y Dosis (kg o litros de i. a. / ha)	Altura árbol cm	Población (plantas / m <sup>2</sup> )			Biomasa (gr/m <sup>2</sup> )		
		Total	Gramíneas	Latifoliadas	Total	Gramíneas	Latifoliadas
1. Glifosato + Simazina (0.72 + 1.5)	515	116	77	8	88,2	74,3	6,9
2. Glifosato + Simazina (0.96 + 2.0)	529	99	73	21	118,6	61,2	14,6
3. Glifosato + Simazina (1.2 + 1.5)	524	72	53	18	64,6	44,0	16,9
4. Glifosato + Simazina (1.44 + 2.0)	538	115	87	8	68,6	67,0	9,1
5. Glufosinato + Simazina (0.3 + 1.5)	448	192	116	21	185,0	157,3	10,1
6. Glufosinato (0.45)	480	174	134	26	168,4	85,1	17,7
7. Glufosinato + Simazina (0.45+1.5)	452	212	158	17	181,4	151,1	13,9
8. Testigo Mecánico	562	83	81	1	91,9	143,9	3,9
9. Testigo Enmalezado	465	143	75	54	323,3	311,4	25,8

El efecto de los tratamientos sobre la altura de los árboles del ensayo se puede agrupar en dos categorías: el primero que reúne a los tratamientos donde el glifosato estuvo presente y que son similares al testigo mecánico, y el segundo de los tratamientos que incluían Glufosinato de amonio, (5, 6 y 7) los que no presentaron buen control de malezas, debido, principalmente, a que la mayoría de las malezas presentes eran de ciclo de vida perenne. Estos tratamientos presentan valores semejantes al testigo enmalezado. La población y biomasa de malezas presenta resultados similares, y se puede apreciar que los tratamientos que incluyeron Glifosato y Simazina son similares al testigo mecánico y superiores a los que incluyeron Glufosinato de amonio y al testigo enmalezado.

Los resultados de la última temporada se muestran en el Cuadro 3, donde se puede apreciar que los valores más bajos de altura, los presentaron los tratamientos 5 y 6.

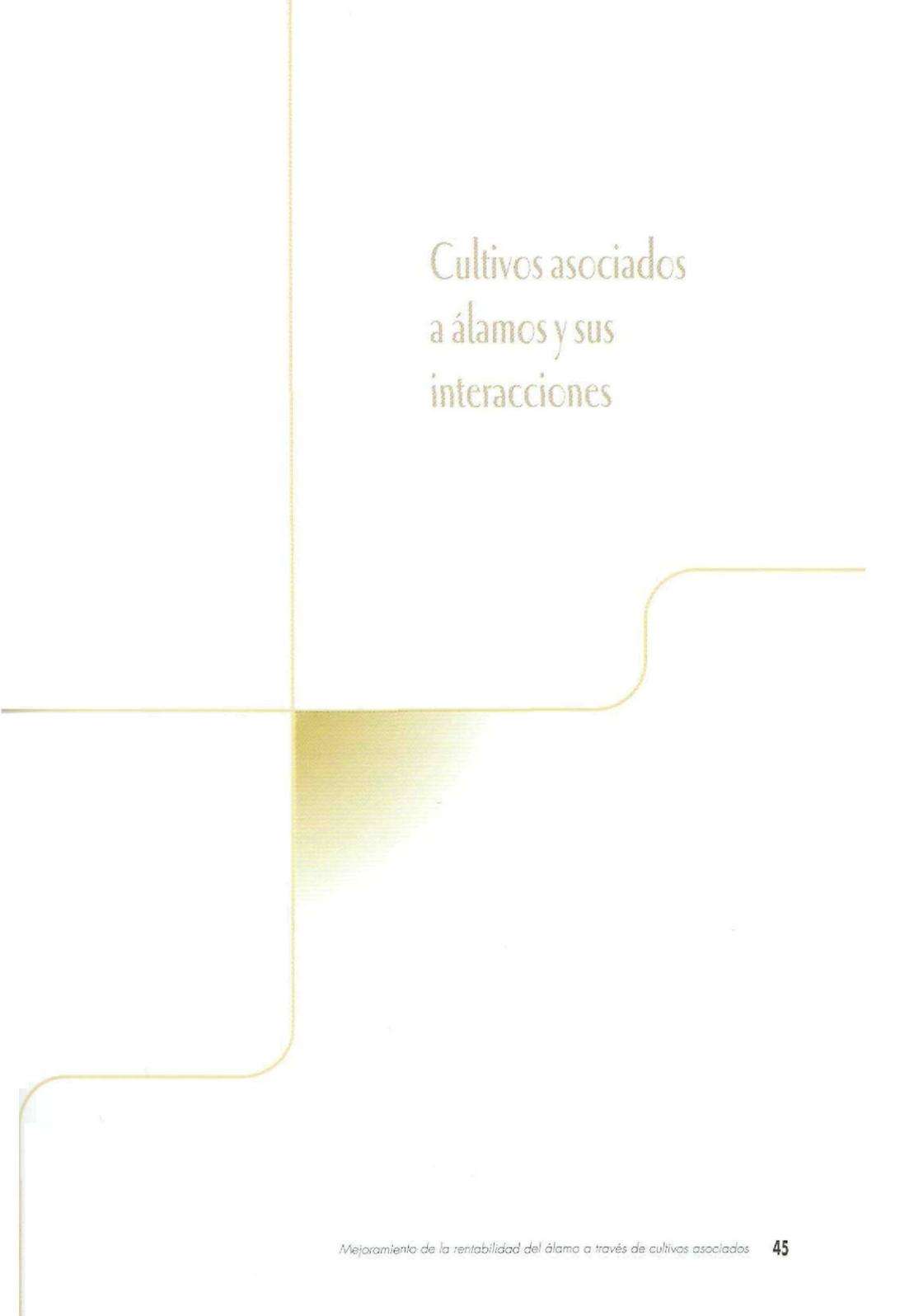
Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre la altura, diámetro a altura del pecho (DAP) de los árboles y diámetro del follaje (DF) de los árboles. Cabrero, 2001.

TRATAMIENTOS	Dosis (g o c.c. i. a. /ha)	Altura (cm)	DAP (cm)	DF (cm)
1. GLIFOSATO	1440	632	6.0	218.5
2. GLIFOSATO + SIMAZINA	1440+ 1250	614	5.7	220.9
3. GLIFOSATO + SIMAZINA	1440+ 1500	660	6.1	240.2
4. GLIFOSATO + SIMAZINA	1440+ 2000	673	6.7	241.1
5. GLIFOSATO + SIMAZINA	1440+ 2500	548	5.0	182.5
6. GLIFOSATO + METSULFURON METIL	1440+ 4000	548	4.5	159.1
7. ASERRIN		644	6.2	229.2
8. TESTIGO MECANICO		633	6.1	223.0
9. TESTIGO ENMALEZADO		575	5.4	202.1

Aparentemente, las dosis más altas de Simazina afectan la altura de los álamos. Lo mismo ocurre con la inclusión del Metsulfuron methyl, el cual estaría afectando significativamente este parámetro. Igual comportamiento se observa con respecto del diámetro de altura de pecho y el diámetro del follaje.

En consecuencia, a partir del análisis de los resultados y los antecedentes estudiados, se puede concluir que:

- Hay que proteger el cultivo del álamo del efecto de la competencia de malezas durante los tres primeros años.
- Es recomendable iniciar las labores con un barbecho químico antes de la plantación para disminuir al máximo la presión de las malezas con el cultivo.
- El uso de implementos mecánicos superficiales, como un rotocultivador sobre la banda de plantación, constituye un buen método de control de las malezas, lo que estimula, además, el buen desarrollo de las plantas al airear la zona radicular superficial.
- La mezcla de Glifosato más Simazina, en dosis de 1440 g de i. a. y 1500 a 2000 g de i. a. /ha respectivamente, resultó ser la más efectiva en el control de malezas para la temporada invernal, no presentando efectos adversos significativos. En primavera, la aplicación de Glifosato solo, en dosis de 1440 g de i. a. /ha, controla la mayoría de las malezas de verano, otorgando, así, un buen control de las malezas durante todo el período de crecimiento.
- El uso de *mulch* de aserrín puede constituir un recurso interesante en el control de malezas en el álamo, siendo necesaria la adición de un graminicida para controlar especialmente la ballica perenne.
- El uso de Glufosinato de amonio en reemplazo de Glifosato no presentó respuesta adecuada, debido a su mayor costo y deficiente control, sobre todo de las malezas perennes que fueron las más frecuentes en la zona estudiada.
- El Metsulfuron Methyl presentó bajos valores de altura, diámetro de altura de pecho y diámetro del follaje, lo que restringe su uso en el control de malezas en el álamo.



## Cultivos asociados a álamos y sus interacciones

# Introducción

La asociación del álamo con cultivos y/o praderas se ha estudiado con éxito en otras latitudes, llegándose a conocer y diseñar sistemas agroforestales apropiados para ser utilizados por los agricultores. Sin embargo, se debe señalar que, por ejemplo, en algunos países de Europa el crecimiento del álamo es muchísimo más lento que en Chile alcanzando edades de cosecha cercanas a los 30 años. Por esta razón fue necesario evaluar distintas especies de cultivos intercalares para encontrar las que fueran apropiadas para una situación donde el árbol crece rápidamente, restringiendo o acortando el período en que el bosque permite el crecimiento de la estrata herbácea.

Debido a que la tasa de crecimiento es distinta según la latitud donde se desarrolle la especie, en cada una de las tres regiones que comprendió el estudio, durante tres temporadas y con árboles de distintas edades, se evaluaron diferentes alternativas de cultivos (agroindustriales, hortalizas y extensivos) de crecimiento invernal y estival para ser incorporadas en un sistema agroforestal. Además, se evaluaron praderas para pastoreo y conservación.

En los árboles se midió anualmente el DAP, altura y cobertura de la copa. Paralelamente en los cultivos se evaluó los rendimientos por hectárea y por sistema agroforestal; evaluación de la calidad comercial y registro de todos los trabajos agronómicos realizados en cada especie, debidamente valorados y sistematizados en fichas de cultivo. Por otra parte, en las praderas, además de los rendimientos se estudió la composición botánica y la composición química del forraje en algunos casos.

Los resultados se presentan agrupados por zona, ya que los objetivos de la producción agrícola son distintos en cada caso, encontrándonos con sistemas solo hortícolas, de cultivos extensivos y ganaderos y solo ganaderos a medida que se avanza hacia el sur.

# Cultivos asociados a álamos y sus interacciones en la zona central de Chile

*Francisco Tapia F.*

*Gabriel Bascur B.*

Las evaluaciones se realizaron en la comuna de Coinco, VI Región, donde la producción se basa principalmente en hortalizas más algunos cereales utilizados dentro de las rotaciones. Con este fin se fueron estableciendo en el tiempo distintas especies de acuerdo a los criterios de un uso intensivo del suelo, aspectos fitosanitarios y factibilidad de comercialización de los rubros. Producto de lo anterior, al término del período de estudio, se conformaron 8 sucesiones de cultivos y dos testigos (arado permanentemente y suelo sin mover). En el Cuadro 1, se presentan las sucesiones de cultivos resultantes.

Cuadro 1. Sucesiones de cultivos intercalares establecidas en el período mayo de 1999 a mayo del 2001. Coinco 1999-2001.

ROTACION	INVIERNO 1999	PRIMAVERA 99 VERANO 2000	INVIERNO 2000	PRIMAVERA 2000 VERANO 2001
1.	Lechuga	Cebolla	Trigo	Lechuga Milanesa
2	Trigo	Zapallo Italiano	Repollo	Poroto Verde
3	Brócoli	Lechuga Milanesa	(Papa)/Lec Escarola	Pimiento
4	Avena-Vicia	Poroto Granado	Brócoli	Tomate
5	Arveja	Maiz Choclero	Avena-Vicia	Zapallo Italiano
6	Cebolla	Lechuga Milanesa	Arveja	Lechuga Milanesa
7	Coliflor	Lechuga Costina	Haba	Pepino Ensalada
8	Haba	Tomate	Lechuga Milanesa	Papa
9	Testigo Arado, Con Movimiento Permanente del Suelo, Sin Fertilizar			
10	Testigo Sin Arar, sin Movimiento del Suelo, Sin Fertilizar			

A continuación se presentan los resultados con los efectos de estas sucesiones de cultivos, sobre las principales variables dendrométricas de los álamos del clon I-488.

## **Desarrollo de los árboles**

Con la finalidad de estudiar el efecto de los cultivos, sobre el desarrollo de los álamos, se evaluó el crecimiento de éstos entre mayo de 1999 (final de la segunda temporada de crecimiento), y mayo de 2001 (final de la cuarta temporada de crecimiento), en términos de las principales variables dendrométricas, tales como: DAP, diámetro en la base de la copa, altura a la primera rama, altura total del árbol y proyección de la copa, además de una estimación de volumen de madera producida en el tronco, desde la base del árbol hasta la altura de la primera rama, que corresponde a la sección de mayor interés por presentar la mejor calidad de madera.

### **Diámetro a altura del pecho (DAP)**

En el Cuadro 2, se presentan los resultados obtenidos para los incrementos de la variable DAP, en orden decreciente, durante el período en estudio, en los diez tratamientos evaluados.

Se observa que no hay diferencias significativas en ninguno de los 10 tratamientos evaluados, para el crecimiento de la variable DAP. El incremento promedio de esta variable durante el período de estudio fue de 8,37 cm. Los tratamientos correspondientes a Testigo arado y Testigo sin arar, obtuvieron valores de 8,19 y 8,22 cm, que son valores cercanos al promedio, o sea, no difieren del resto de los tratamientos. El valor final que alcanzó esta variable, en promedio, fue de 17,37 cm, lo que representa un incremento de 92,8%. Esto indica el importante aumento que experimentó en un período de dos temporadas de crecimiento, en que casi duplicó su magnitud. Se puede concluir entonces, que cualquiera sea la sucesión de cultivos establecida, no afecta el normal desarrollo de esta variable.

Cuadro 2. Incremento del DAP en álamos, clon I-488. Período comprendido entre mayo de 1999 y mayo de 2001. Coinco, VI región.

Sucesión de Cultivos	DAP Inicial (cm)	DAP Final (cm)	Diferencia DAP (cm)
Coliflor; Lechuga, Haba; Pepino ensalada	8,81	17,78	8,97
Cebolla; Lechuga; Arveja; Lechuga	8,89	17,75	8,86
Brócoli; Lechuga; Lechuga; Pimiento	8,65	17,05	8,40
Trigo; Zapallo italiano; Repollo; Poroto	9,35	17,61	8,26
Lechuga; Cebolla; Trigo; Lechuga	8,89	17,15	8,26
Testigo 2	9,31	17,54	8,22
Testigo 1	9,47	17,66	8,19
Haba; Tomate; Lechuga; Papa	8,86	17,05	8,19
Arveja; Maíz choclero; Avena -Vicia; Z. italiano	9,13	17,31	8,18
Avena -Vicia; Poroto; Brócoli; Tomate	8,70	16,85	8,15
Promedio	9,01	17,37	8,37

### Altura Total del Árbol

La información presentada en el Cuadro 3, muestra que no se encontraron diferencias en el incremento de la altura total del árbol, para ninguno de los diez tratamientos en estudio, durante el período comprendido entre mayo de 1999 y mayo de 2001. El incremento promedio en este caso fue de un 60,5 %, alcanzando los árboles una altura promedio de 16,66 m al término de la cuarta temporada de crecimiento. De esta manera, cualquier sucesión de cultivos que se establezca en un sistema agroforestal con álamos, no afectará el normal desarrollo de los árboles en relación a la variable en cuestión.

Cuadro 3. Incremento de la Altura Total del álamo, clon I-488. Período mayo de 1999 a mayo de 2001. Coinco, VI región.

Sucesión de Cultivos	Altura Total inicial (m)	Altura Total final (m)	Diferencia de Altura Total (m)
Coliflor, Lechuga, Haba, Pepino ensalada	10.07	16.85	6.78
Lechuga, Cebolla, Trigo, Lechuga	10.26	17.02	6.76
Arveja, Maíz choclero, Avena-Vicia, Z. italiano	10.46	16.89	6.43
Testigo sin arar	10.35	16.77	6.42
Haba, Tomate, Lechuga, Papa	10.29	16.69	6.40
Trigo, Zapallo italiano, Repollo, Poroto	10.16	16.52	6.36
Testigo arado	11.11	17.31	6.20
Cebolla, Lechuga, Arveja, Lechuga	10.14	16.31	6.17
Avena-Vicia, Poroto, Brócoli, Tomate	10.55	16.27	5.72
Brócoli, Lechuga, Lechuga, Pimiento	10.44	16.02	5.58
Promedio	10.38	16.66	6.28

### Volumen de madera estimado

En el Cuadro 4 muestra el incremento estimado del volumen de madera en la sección del tronco que va desde su base hasta la altura de la primera rama, con la finalidad de integrar el crecimiento de los álamos en altura y en diámetro que corresponde al sector de mayor interés, por ser la que produce madera de mejor calidad.

Se puede observar un aumento promedio de  $6,819 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ , que es equivalente a un incremento del 403,2 % respecto del volumen inicial, que fue de  $1,69 \times 10^{-2} \text{ m}^3$  al final de la segunda temporada de crecimiento de los árboles.

Al igual que para las variables anteriores, no se evidenciaron diferencias entre los tratamientos, por lo que se concluye que cualquiera sea la sucesión de cultivos establecida en un sistema agroforestal con álamos, no afectará el desarrollo del crecimiento de los árboles en altura.

Cuadro 4. Incremento del volumen de madera por árbol, álamo clon I-488. Período mayo de 1999 a mayo de 2001. Coinco, VI Región.

Sucesión de Cultivos	Volumen inicial (m <sup>3</sup> x10 <sup>-2</sup> )	Volumen Final (m <sup>3</sup> x10 <sup>-2</sup> )	Diferencia de Volumen (m <sup>3</sup> x10 <sup>-2</sup> )
Cebolla, Lechuga, Arveja, Lechuga	1.6471	8.9674	7.3203
Coliflor, Lechuga, Haba, Pepino ensalada	1.6663	8.6500	6.9837
Haba, Tomate, Lechuga, Papa	1.5644	8.5073	6.9429
Testigo sin arar	1.8752	8.8082	6.9331
Testigo Arado	1.9481	8.8439	6.8959
Trigo, Zapallo italiano, Repollo, Poroto	1.8840	8.7201	6.8362
Arveja, Maíz choclero, Avena -Vicia, Z. italiano	1.7050	8.4617	6.7567
Brócoli, Lechuga, Lechuga, Pimiento	1.5114	8.1654	6.6540
Avena - Vicia, Poroto, Brócoli, Tomate	1.5397	8.1214	6.5817
Lechuga, Cebolla, Trigo, Lechuga	1.5703	7.8555	6.2853
Promedio	1.6911	8.5101	6.8190

## Proyección de la Copa

Del Cuadro 5, se puede extraer que el incremento de la proyección de la copa, en el período mayo de 1999 a mayo de 2001, fue en promedio, de 8,52 m<sup>2</sup>, equivalente a un 314,4 % respecto de la proyección inicial, no observándose diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos evaluados.

Por otra parte, al relacionar el área que cubre la proyección de copa, sobre el espacio intercalar, se puede inferir que ésta se incrementa de un 7,5% al término de la segunda temporada de crecimiento de los álamos, a un 31,2% al término de la cuarta temporada. De esta manera, si se considera que cuando el sol cae perpendicularmente sobre el suelo, esto representa el sombreado sobre la entre hilera de los álamos, la extinción de luz PAR, puede llegar a ser una seria limitante para el desarrollo de los cultivos.

Cuadro 5. Incremento de la proyección de la copa de álamos, clon I-488. Período mayo de 1999 a mayo de 2001. Coinco, VI Región.

Sucesión de Cultivos	Proyección de Copa inicial (m <sup>2</sup> )	Proyección de Copa final (m <sup>2</sup> )	Diferencia Proyección Copa(m <sup>2</sup> )
Testigo sin arar	2.85	12.13	9.28
Brócoli, Lechuga, Lechuga, Pimiento	2.15	11.30	9.15
Cebolla, Lechuga, Arveja, Lechuga	2.47	11.58	9.11
Lechuga, Cebolla, trigo, Lechuga	2.35	10.99	8.64
Testigo arado	3.17	11.72	8.55
Avena-Vicia, Poroto, Brócoli, Tomate	2.64	11.05	8.42
Coliflor, Lechuga, Haba, Pepino ensalada	2.97	11.03	8.06
Trigo, Zapallo italiano, Repollo, Poroto	3.11	11.16	8.05
Haba, Tomate, Lechuga, Papa	2.50	10.49	7.99
Arveja, Maíz choclero, Avena -Vicia, Z. italiano	2.92	10.82	7.90
Promedio	2.71	11.23	8.52

Luego del análisis de las variables dendrométricas, se puede concluir que las de mayor incremento corresponden al volumen de madera producido en primer lugar, y a la proyección de la copa. La primera con un incremento superior a 400 %, debido a que relaciona el crecimiento de tres de las variables dendrométricas: altura, diámetro a la primera rama y el DAP. La segunda, con un incremento de un 314%, debido al rápido crecimiento del área foliar y estructuras que soportan las hojas, como son las ramas laterales, lo cual representa una ventaja para la elaboración de madera. Es importante destacar el sustancial incremento en la variable Proyección de la Copa, lo cual induda-

blemente provocará un sustancial aumento en la extinción de la luz PAR en el espacio intercalar, afectando el comportamiento de los cultivos establecidos en éste, como se discutirá más adelante.

## Producción de los cultivos

Durante las temporadas de estudio los cultivos presentaron distintos niveles de rendimiento unitario, tanto expresados por hectárea, como a nivel del sistema agroforestal, donde ocuparon una superficie de un 83,33%, en relación al área total, correspondiéndole la diferencia, es decir un 16,67%, a los árboles. De esta manera en el Cuadro 6, se presentan los rendimientos alcanzados por cada uno de los cultivos.

Cuadro 6. Rendimiento alcanzado por los cultivos intercalares evaluados con álamos del clon I-488, durante el período mayo de 1999 a mayo de 2001. Coinco, VI Región.

ROT.	INVIERNO 1999	PRIMAVERA 1999 VERANO 2000	INVIERNO 2000	PRIMAVERA 2000 VERANO 2001
1	Lechuga 101.000 u/há	Cebolla 0	Trigo 47.7 qq/há	Lechuga Milanesa 0
2	Trigo 63.6 qq/há	Zap. Italiano 119.048 u/há	Repollo 0	Poroto Verde 8.500 kg/há
3	Brócoli 35.714 u/há	Lech. Milanesa 100.000 u/há	(Papa)/Lec Escarola 0 / 81.033 u/há	Pimiento 18.930 kg/há
4	Avena-Vicia 11.316 kg/há	Por. Granado 2.595 kg/há	Brócoli 0	Tomate 16.044 kg/há
5	Arveja 12.754 kg/há	Maíz Choclero 0	Avena-Vicia 10.004 kg/há	Zapallo Italiano 57.000 u/há
6	Cebolla 0	Lech. Milanesa 98.413 u/há	Arveja 11.325 kg/há	Lechuga Milanesa 38.000 u/há
7	Coliflor 35.714 u/há	Lech. Costina 0	Haba 20.840 kg/há	Pepino Ensalada 77.083 u/há
8	Haba 22.651 kg/há	Tomate 79.800 kg/há	Lechuga Milanesa 88.978 u/há	Papa 11.341 kg/há
9	Testigo Arado, Con Movimiento Permanente del Suelo, Sin Fertilizar			
10	Testigo Sin Arar, sin Movimiento del Suelo, Sin Fertilizar			

El rendimiento alcanzado por los diferentes cultivos evaluados, es un indicador del efecto que tienen los álamos sobre éstos. Un modo simple y claro de mostrar estos resultados es a través del ISR y del ICR. El primero corresponde al Índice Simple de Rendimiento, y que relaciona el rendimiento alcanzado por el cultivo establecido en el espacio intercalar de los álamos y el rendimiento promedio regional de éstos cultivados en condiciones normales, al aire libre. Por otra parte, el ICR corresponde al Índice Compuesto de Rendimiento y representa el promedio de los ISR, calculados para el conjunto de cultivos realizados por temporada, y por estación del año.

A continuación en el Cuadro 7, se presentan estos indicadores para los cultivos establecidos durante el período de estudio.



• Cultivos asociados a álamos. Coinco, VI Región.

Cuadro 7. ISR e ICR, alcanzado por los cultivos intercalares evaluados con álamos del clon I-488, durante el período mayo de 1999 a mayo de 2001. Coainco, VI Región.

Sucesión N°	Otoño-invierno 1999 (3ª Temp.)	ISR (%)	Primavera 1999 Verano 2000 (3ª Temp)	ISR (%)	Otoño-invierno 2000 (4ª Temp.)	ISR (%)	Primavera 2000 Verano 2001 (4ª Temp.)	ISR (%)
1	Lechuga	123.0	Cebolla	0.0	Trigo	75.4	Lechuga	69.3
2	Trigo	100.6	Zapallo italiano	170.0	Repollo *	0.0	Poroto verde	141.7
3	Brócoli	142.8	Lechuga 1	121.0	Lechuga	98.0	Pimiento	63.1
4	Avena-Vicia	94.3	Poroto granado	43.0	Brócoli *	0.0	Tomate	40.1
6	Arveja	141.7	Maiz choclero	0.0	Avena-Vicia	83.4	Zapallo italiano	36.1
7	Cebolla	63.7	Lechuga 2	119.0	Arveja	125.8	Lechuga	0.0
8	Coliflor	142.8	Lechuga costina	0.0	Haba	173.7	Pepino ensalada	54.3
9	Haba	188.8	Tomate	177.0	Lechuga	108.0	Papa	85.9
ICR (%) Temporada		124.7		78.7		110.7		61.3

\* Nota: No se consideraron para el cálculo de los ICR, debido a que la razón de sus nullos rendimientos, fue la época de siembra y no el efecto del sistema agroforestal.

Al analizar el comportamiento conjunto de los cultivos, se puede observar que los ICR disminuyen drásticamente a través del tiempo, especialmente si se comparan por temporada de cultivo. En efecto, las especies establecidas en otoño-invierno de 1999, alcanzaron un ICR de 124,7%, mientras que aquellos establecidos durante la misma época, pero en el año 2000, obtienen un ICR de 110,7%. Es decir, la productividad de los cultivos decrece en un 14%. Por otra parte, al analizar exclusivamente los cultivos de primavera-verano, el ICR obtenido en la temporada 1999-2000 fue de 78,8%, mientras que el obtenido durante la temporada 2000-2001, alcanza sólo un 61,3%, es decir, los rendimientos disminuyeron en un 17%. En la Figura 1 se presenta gráficamente el comportamiento de los ICR indicados.

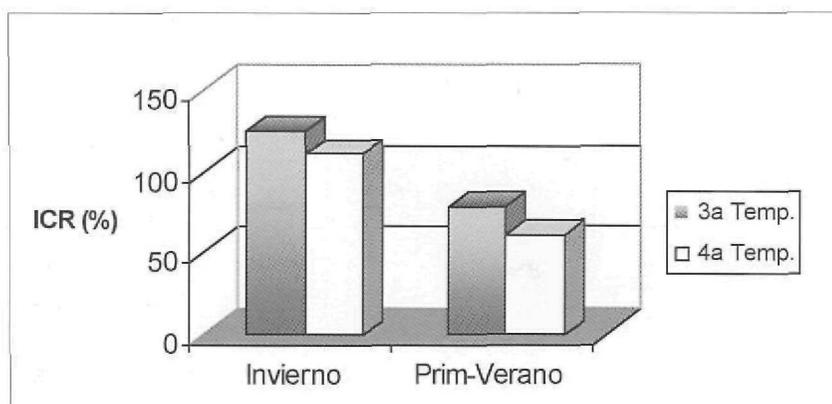


Figura 1. ICR de los cultivos intercalares en la 3ª y 4ª temporada de crecimiento de álamos del clon I-488. Coinco VI Región.

De la Figura 1 se infiere que tanto en otoño-invierno como en primavera-verano los rendimientos disminuyen de una temporada a otra, el efecto de los álamos sobre los cultivos intercalares es claramente distinto. Es así, como para el caso de cultivos establecidos en otoño-invierno, los ICR se mantienen aún por sobre el 100%, o sea, aún son comparables con los rendimientos obtenidos en promedio, al aire libre en la zona. Esta situación se puede explicar porque los árboles se encuentran en receso en invierno, y por lo tanto, no tienen gran efecto sobre la luz incidente, puesto que como se discutirá más adelante, la extinción de luz PAR en esa época del año alcanza sólo al 6-7%, no afectando la fotosíntesis de los cultivos asociados.

Por otra parte, para los cultivos de primavera-verano, y a partir de la tercera temporada de crecimiento de los álamos, el ICR para el conjunto de cultivos establecidos alcanzó sólo un 78,8%, como respuesta al incremento en área foliar de los árboles y a la extinción de luz PAR que éstos provocan, alcanzando una reducción que fluctuó entre un 30 y un 45% en este período de estudio. Mientras tanto durante el período primavera-verano de 2000-2001, donde se alcanzó una cobertura foliar de un 31,2% del espacio intercalar, que representa un sombreado de igual magnitud cuando el sol cae perpendicularmente sobre el suelo, los cultivos evaluados alcanzaron un ICR de sólo 61,3%. Esto se puede explicar por la alta extinción de luz observada, la que alcanzó valores que oscilaron entre 68 y 76%, como se discutirá más adelante.

De esta manera, se puede concluir al analizar en forma conjunta el comportamiento de los cultivos, y considerando que los rendimientos promedio normalmente no representan un buen nivel de productividad, que a partir de la tercera temporada de crecimiento de los álamos, ya existen algunos cultivos que no se pueden recomendar para un sistema agroforestal, tales como maíz, cebolla, lechuga costina y poroto granado, entre otros; mientras que definitivamente a partir de la cuarta temporada, no resulta recomendable establecer cultivos de primavera-verano, bajo estas condiciones. Por otra parte, para el caso de los cultivos de otoño-invierno, debido a la escasa reducción de luz observada en ese período, aún hasta la cuarta temporada de crecimiento de los árboles, se podrían establecer cultivos que ocupen exclusivamente esa época del año, sin afectar mayormente los rendimientos. A este respecto debe indicarse que probablemente un aspecto importante de considerar, son los precios que se podrían obtener por cada una de estas cosechas, como elemento para seleccionar las especies más apropiadas.

La situación comentada para el conjunto de los cultivos se desagrega a continuación, para analizar en forma individual el comportamiento a través del tiempo de las diferentes especies, tanto de otoño-invierno como de primavera-verano.

La Figura 2, muestra el comportamiento de los cultivos intercalares de otoño-invierno para la tercera y cuarta temporada de crecimiento de los álamos.

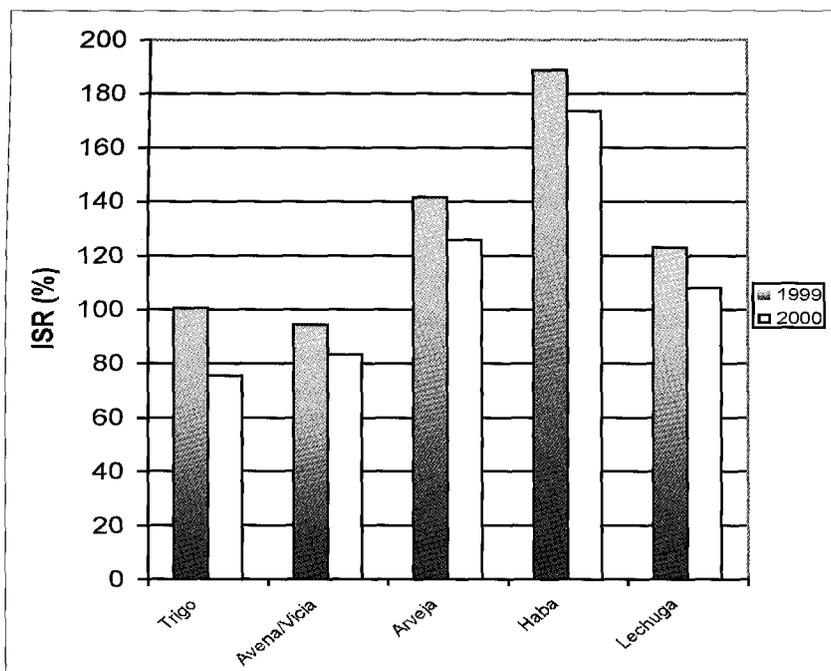


Figura 2. ISR de los cultivos intercalares de invierno evaluados durante la 3ª y 4ª temporada de crecimiento de álamos del clon I-488. Coinco, VI región.

Se destaca claramente en la figura anterior, que los cultivos de trigo y avena-vicia obtuvieron los más bajos valores de ISR, incluso menores al 100%. En el caso de haba, arveja y lechuga, los ISR fueron todos superiores al 100% en ambas temporadas. Destaca el caso de haba que alcanzó los más altos valores, con 188,8% en la temporada 1999 y de 173,7% en la siguiente temporada. Esto se debe a que las tres últimas especies mencionadas, corresponden a cultivos de corto período vegetativo, siendo cosechados a inicios o mediados de primavera, cuando los árboles recién están en la etapa de foliación, donde la intercepción de luz no es tan importante. Para el caso de trigo y avena-vicia, la situación es diferente ya que se trata de especies de período vegetativo más largo, que se encuentran en plena fase de llenado de granos, cuando los árboles (noviembre y diciembre) están en pleno desarrollo foliar, provocando una extinción de luz PAR sobre el espacio intercalar, que fluctúa entre 30% y 68% en la tercera y cuarta temporada de crecimiento de los álamos, respecti-

vamente. De este modo, la producción y translocación de fotoasimilados se ve seriamente afectada. Para las demás especies, la disminución del rendimiento se debe exclusivamente a la extinción de luz debido al aumento de la biomasa de los árboles.

En el caso de los cultivos de primavera, la disminución de los rendimientos es más importante ya que la extinción de luz es mayor.

La Figura 3 muestra el comportamiento de los ISR para tres cultivos intercalares de primavera-verano, durante la tercera y cuarta temporada de crecimiento de los álamos.

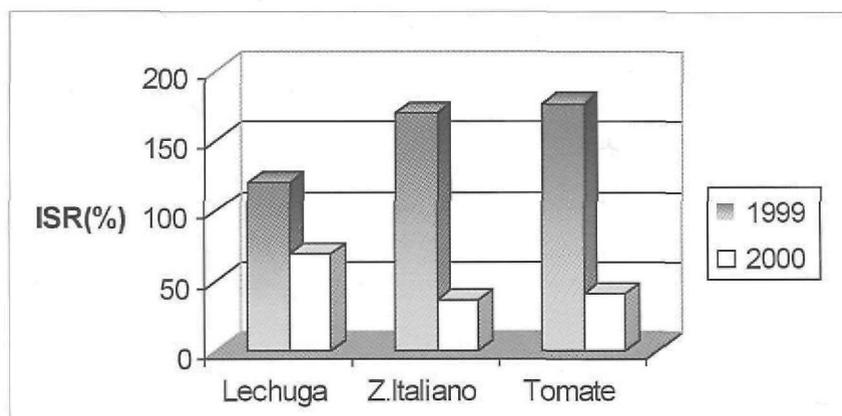


Figura 3. ISR de los cultivos intercalares de primavera-verano, evaluados durante la 3ª y 4ª temporada de crecimiento de álamos del clon I-488. Coinco, VI región.

En este caso, se puede observar que estas especies, durante la primavera-verano de la tercera temporada de crecimiento de los álamos, alcanzaron rendimientos bastante aceptables, con ISR que fluctuaron entre 121% y 177%, mientras que en la temporada siguiente los rendimientos decaen drásticamente, especialmente en el caso de zapallo italiano y tomate que reducen sus productividades en un 140%, puesto que alcanzan ISR de sólo 36,1% y 40,1% respectivamente, en la cuarta temporada de crecimiento.

En el caso de lechuga, la reducción en rendimiento también es fuerte, afectando principalmente la calidad comercial de éstas, puesto que no llegan a

formar un corazón compacto como lo requiere el mercado, disminuyendo su productividad en un 52%.

Para el caso de zapallo italiano y tomate, bajo estas condiciones de sombreadamiento, sus plantas se etiolan fuertemente, es decir, alargan sus entrenudos con lo cual la planta gasta gran parte de sus reservas en este fenómeno, disminuyendo severamente el número de flores por planta. Esto se traduce en el caso de zapallo italiano, en una producción del orden de 3-4 frutos/planta y en tomate a sólo 1 fruto/racimo.

De esta manera, se ratifica lo comentado anteriormente, en el sentido que en la cuarta temporada de crecimiento de los álamos no es recomendable establecer ningún cultivo de primavera-verano, puesto que la fuerte reducción de la luz PAR en el espacio intercalar que alcanza cerca de un 80%, no permite un buen comportamiento de estas especies.

# Cultivos asociados a álamos y sus interacciones en la zona centro sur de Chile

*Alejandro Fraga S.*

*Patricio Soto O.*

Todos los sistemas probados en la VIII Región se ubicaron en la comuna de Cabrero a 67 kilómetros de la ciudad de Chillán y a 60 de Concepción, aproximadamente. Este sector es representativo de una vasta zona que, bajo las mismas condiciones, suelos arenosos con alto nivel freático, alcanza a unas 60.000 ha dedicadas, entre otras cosas, a la silvicultura, producción de cultivos anuales y engorda de novillos. Para este ambiente, los sistemas agroforestales estuvieron conformados de dos partes principales; el bosque y el cultivo.

- El bosque correspondió a álamos del clon *Carolinensis* porteño, cuyas varetas de 4 metros fueron plantadas en agosto de 1998 a una distancia de 6 x 6 metros utilizando un barreno con motor de combustión operado por dos personas.
- El área de cultivo estuvo representada por cultivos anuales, hortícolas, forrajeras o mezclas forrajeras establecidas entre las hileras de árboles en dirección norte-sur, para un mejor aprovechamiento de la luz.

En el marco del proyecto se evaluaron muchos cultivos, seleccionándose para esta publicación aquellos que presentaron rendimientos aceptables y que, además, no afectaron o incluso mejoraron el desarrollo de los álamos.

## **Praderas leguminosas para corte**

Se probaron distintas especies leguminosas para forraje, destinadas principalmente para corte y henificación, las cuales eventualmente se pueden usar para pastoreo cuando el crecimiento y vigor de los árboles permitan el ingreso de animales al bosque.

Praderas:

- Alfalfa
- Lotera
- Trébol rosado
- Pradera natural

## Desarrollo de los árboles

### Diámetro

Al observar la evolución del diámetro de los árboles durante tres temporadas, se observa que al asociar una pradera leguminosa de corte a los álamos, estas producen, como efecto de su manejo, un incremento en el DAP, con respecto a los árboles testigo, vale decir, los que crecieron solamente con la pradera natural del sector. De esta manera, los álamos que no fueron asociados a leguminosas de corte siempre presentaron DAP menores a los de los que si se desarrollaron con alguna de las alternativas estudiadas. También se puede señalar que los DAP de los álamos asociados a las distintas especies leguminosas de corte, no presentaron diferencias entre sí (Figura 1).

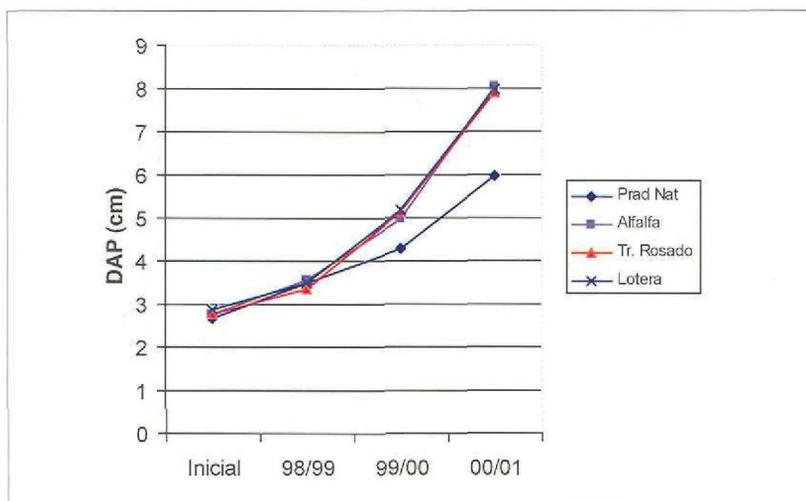


Figura 1. Evolución del DAP de álamos asociados a distintas leguminosas de corte, durante tres temporadas.

## Altura

La evolución de la altura de los árboles durante tres temporadas, muestra un patrón muy similar al desarrollo del diámetro de los fustes produciéndose en todos los casos en que los árboles crecieron asociados a alguna de las alternativas de cultivos, un incremento en la altura en relación a los árboles cuyo desarrollo estuvo acompañado por la pradera natural del sector en estudio. De esta manera, los álamos que no fueron asociados a praderas leguminosas presentaron alturas menores, en las últimas dos temporadas, a los árboles que si se desarrollaron con alguna de las alternativas estudiadas. También se puede señalar que la altura de los álamos asociados a distintas praderas leguminosas no presentaron diferencias entre sí (Figura 2).

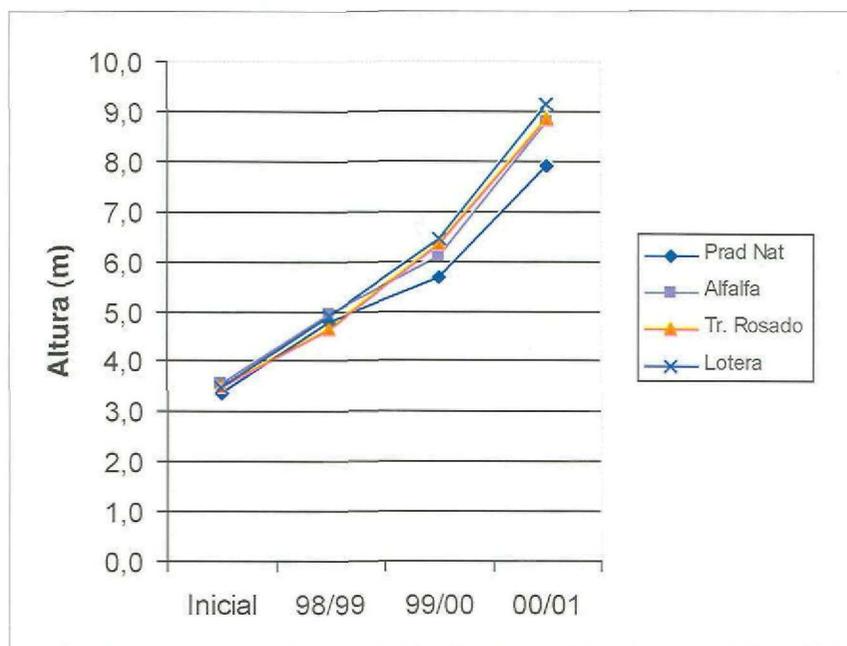


Figura 2. Evolución de la altura de álamos asociados a praderas leguminosas de corte, durante tres temporadas.

En conclusión, las praderas leguminosas destinadas para corte o ensilaje en algunos casos, son alternativas de especies intercalares viables para un sistema agroforestal con una plantación de álamos durante los primeros años del bosque. En todo caso, hay que hacer notar que por el tipo de crecimiento y persistencia de la pradera, el trébol rosado se presenta como una buena alternativa ya que en condiciones normales, es decir sin bosque, la pradera dura entre 2 a 3 temporadas, justo cuando el problema de sombreado comienza a afectar notoriamente a la estrata herbácea. También hay que destacar el continuo aumento de producción registrado en la lotera, la cual es una especie que crece naturalmente en el sector y que deja la interrogante de cual será su producción en la siguiente temporada. Finalmente, se puede aseverar que el cultivo de este tipo de praderas es beneficioso para los árboles ya que siempre presentaron mayores tasas de crecimiento que los álamos que se desarrollaron acompañados solamente de la pradera natural que crece en el sector donde se realizó el estudio.

## **Producción de las praderas**

### **Primera temporada**

En la primera temporada, el trébol rosado fue el que presentó los mayores niveles de producción de materia seca, seguido por alfalfa, lotera y la pradera natural, respectivamente (Figura 3).

### **Segunda temporada**

La situación cambia en la segunda temporada ya que la alfalfa y la lotera, habitualmente presentan bajos niveles de producción en el primer año, evidenciándose un notable mejoramiento de la producción en general. Alfalfa llega a niveles cercanos a las 9 ton de m.s./ha, superando al trébol rosado que alcanzó un nivel de producción de 6,6 ton de m.s./ha. La lotera alcanzó niveles levemente inferiores a las 5 ton y la pradera natural registró una baja con respecto al año anterior con una producción de 0,9 ton m.s./ha (Figura3).

### Tercera temporada

En la tercera temporada se comienza a evidenciar una baja general en los rendimientos producto, posiblemente, a el grado de sombreado de los árboles sobre las praderas. De todas formas, la pradera de lotera fue la única que presentó un incremento de la producción con respecto al año anterior, vale decir, es la alternativa que se vio menos afectada por la sombra de los álamos (Figura 3).

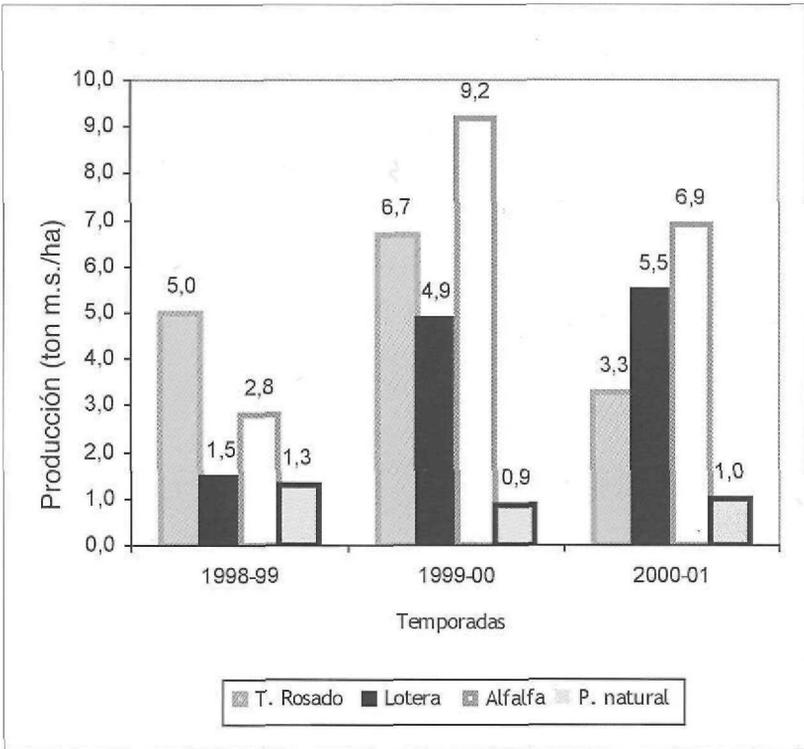


Figura 3. Evolución de la producción de tres leguminosas forrajeras para corte y pradera natural en un sistema agroforestal con bosque de álamos durante las tres primeras temporadas.

## Leguminosas de grano

Las leguminosas para grano se incorporaron a las evaluaciones debido a que al igual que las praderas leguminosas para corte, son especies fijadoras de nitrógeno, lo cual es muy importante en éstos suelos que son químicamente muy pobres. Las especies evaluadas se detallan en el Cuadro 1.

SEMILLA	VARIEDAD
Lenteja	Superaraucana-INIA
Arveja	Arveja botanica-INIA
Lupino	Lupino multolupa
Chicharo	Chicharo Jumbo-INIA

Cuadro 1. Especies y variedades de leguminosas de grano utilizadas en asociación con bosque de álamos.

## Desarrollo de los árboles

### Diámetro

Después de la cosecha de los cultivos, cuando los árboles perdieron sus hojas se realizaron las mediciones de éstos, observándose que el diámetro a altura de pecho (DAP) promedio fue de 4 cm, valor que superó al de los árboles sin cultivo asociado que promediaron los 3,1 cm. Los álamos asociados a lupino fueron los que alcanzaron el mayor DAP con 4,2 cm (Figura 4). Se puede deducir que los cultivos intercalados y las labores de suelo en el bosque de álamo afectaron favorablemente crecimiento en diámetro de los fustes.

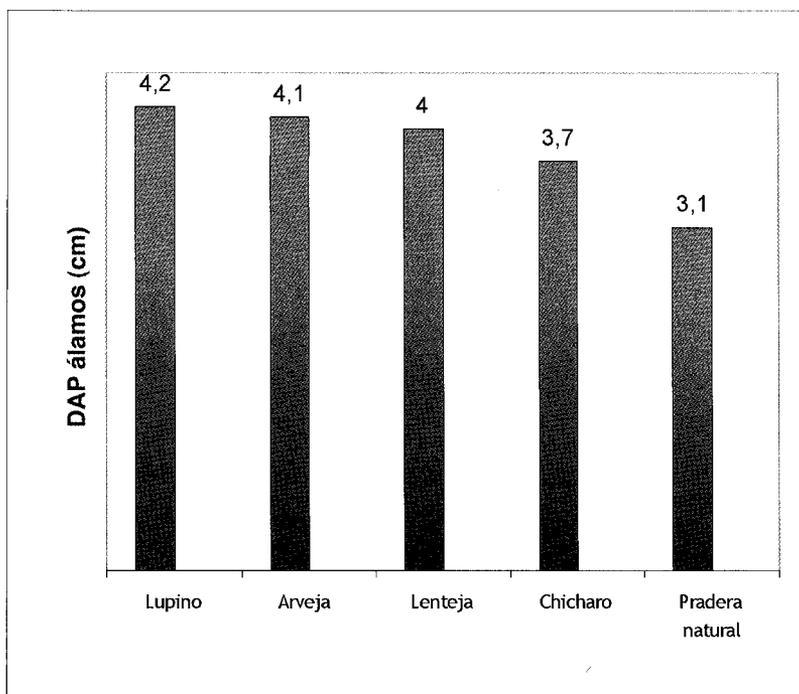


Figura 4 . Efecto del cultivo de leguminosas de grano sobre el DAP de álamos.

### Altura

No se presentaron diferencias entre los tratamientos en relación a la altura de los árboles pero si hubo diferencias entre estos y los álamos con pradera natural, lo cual reafirma que el cultivo o labranza intercalar en bosques de álamo, mejora los parámetros de crecimiento de los árboles. (Figura 5).

La altura promedio de los árboles con cultivos alcanzó a 4,8 m superando la altura alcanzada por los álamos con pradera natural, la cual llegó a 4,3 m, siendo nuevamente los árboles del tratamiento lupino los que mayor altura alcanzaron después de la cosecha de los cultivos.

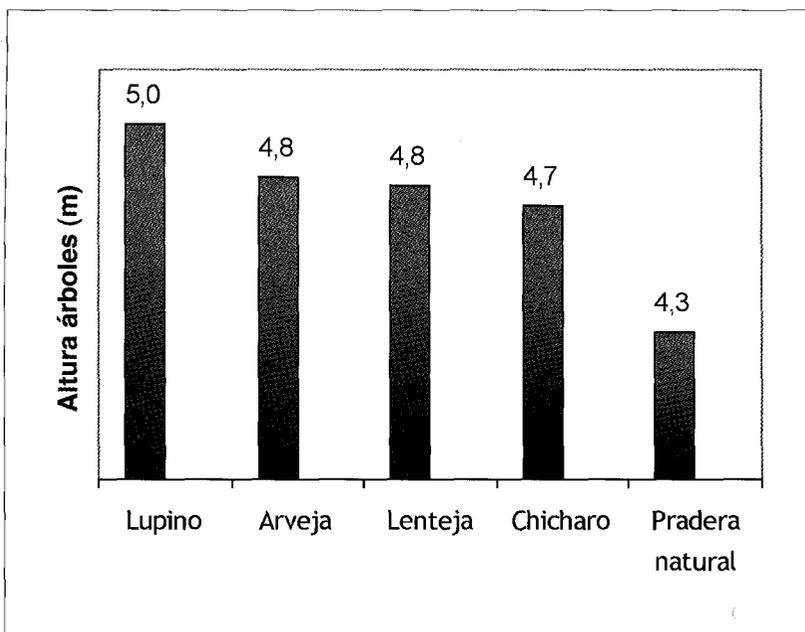


Figura 5. Efecto del cultivo de leguminosas de grano sobre la altura de álamos asociados.

### Producción de los cultivos

El lupino fue el que presentó el mayor rendimiento total de grano con 19,4 qqm/ha, obteniendo un 116% del rendimiento promedio regional o Índice Simple de Rendimiento (ISR); el chícharo con 12,57 qqm/ha fue muy superior en el ensayo a los rendimientos regionales (3,7 qqm/ha) siendo el cultivo con mejores perspectivas para un sistema agroforestal en suelos arenosos. Por otra parte, la arveja tuvo una producción de 7,73 qqm/ha, buena al comparar su rendimiento con el promedio regional (6,1 qqm/ha). Y por último los rendimientos de la lenteja solamente llegan a un 70% de los promedios regionales; valores afectados principalmente por el exceso de humedad que produjo asfixia radicular en una gran parte de las lentejas (Figuras 6 y 7).

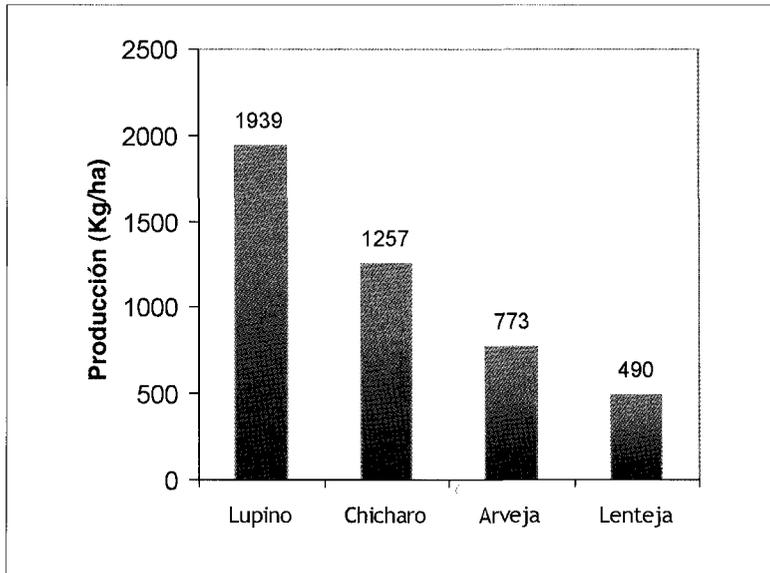


Figura 6. Rendimientos de diferentes leguminosas de para grano en un sistema agroforestal con álamos.

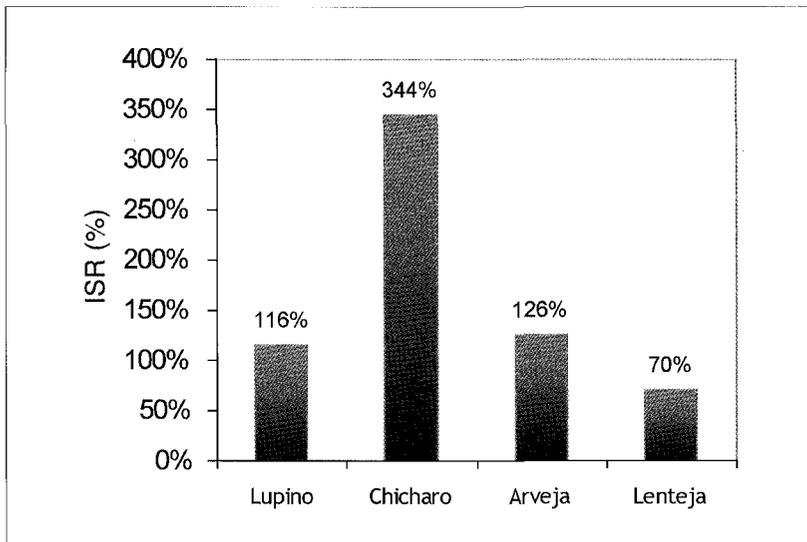


Figura 7. Índice Simple de Rendimiento de diferentes leguminosas de para grano en un sistema agroforestal con álamos de dos temporadas.

## Recomendación

Dentro de las alternativas de especies leguminosas adecuadas para el cultivo en asociación con álamos destaca notablemente el chícharo por su excelente rendimiento y por su efecto positivo sobre el desarrollo de los árboles siendo una leguminosa recomendable para ser incluida dentro de una rotación de cultivos intercalares en los primeros años de desarrollo de un bosque de álamos establecido en suelos arenosos con nivel freático alto y fluctuante.

## Rotaciones de cultivos

Se evaluó una sucesión de cultivos durante los tres primeros años desde el establecimiento de la plantación de los álamos para observar el efecto de un sistema de cultivo continuo en el tiempo.

## Rotaciones

Las distintas rotaciones de cultivos utilizadas se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Rotaciones de cultivos utilizadas en asociación con álamos.

Clave (*)	Temporada 1998/1999	Temporada 1999/2000	Temporada 2000/2001
Me-T-Md	Maíz ensilaje	Trigo	Maíz dulce
Md-T-Mch	Maíz dulce	Trigo	Maíz choclero
Sc-T-Fv	Sorgo corte	Trigo	Frejol verde
Suc-T-Fgs	Sorgo ensilaje	Trigo	Frejol grano seco
Fgs-T-Fgr	Frejol grano seco	Trigo	Frejol granado
Fb-T-Fe	Frejol blanco	Trigo	Frejol exportación

(\*) = Clave indica abreviaciones de las rotaciones de cultivos.

### **Primera temporada**

La siembra se realizó entre el 4 y 5 de septiembre de 1998, durante la primera temporada de crecimiento de los álamos. Se utilizaron los herbicidas e insecticidas normalmente recomendados para cada alternativa, tomando las precauciones necesarias para no afectar el crecimiento de los árboles.

### **Segunda temporada**

La siembra de trigo se realizó en invierno del año 1999 en cero labranza con los niveles adecuados de fertilización y un buen control de malezas o barbecho químico habitual en este tipo de siembra. Posteriormente, se realizó un plan de control de malezas, plagas y enfermedades normalmente utilizado en siembras de trigo.

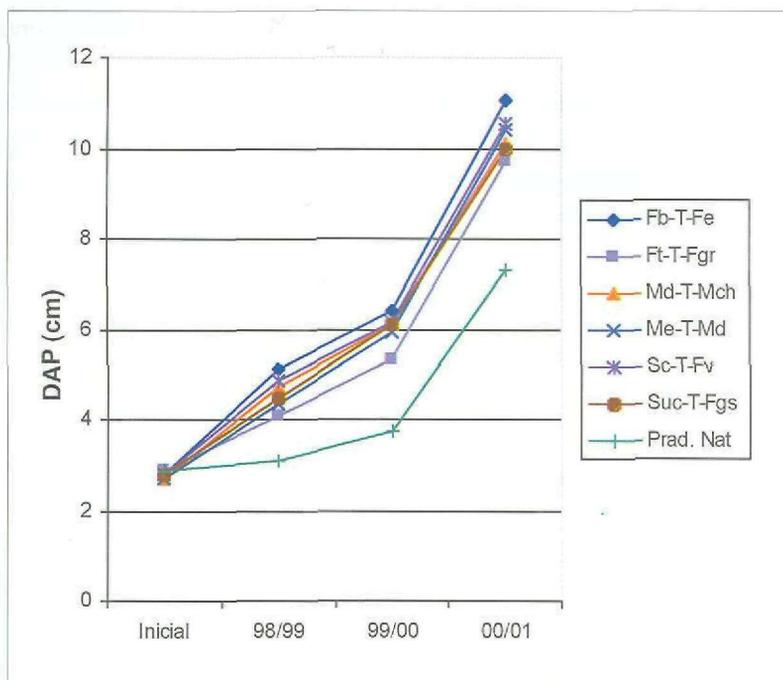
### **Tercera temporada**

En primavera del año 2000, vale decir durante la tercera temporada de crecimiento de los árboles, se llevó a cabo la siembra de maíz dulce, maíz choclero y porotos para verde, granado y grano seco considerándose las normas de manejo normales para cada especie sembrada.

## **Desarrollo de los árboles**

### **Diámetro**

Al observar la evolución del diámetro de los árboles durante tres temporadas, se observa que no importando el cultivo que se asocie al álamo, estos producen, como efecto de su manejo, un incremento en el DAP, con respecto a los árboles que crecieron sin cultivo acompañante. De esta manera, los álamos que no fueron asociados a rotaciones de cultivos siempre presentaron DAP menores a los de los que se desarrollaron con alguna de las rotaciones de cultivos. También se puede señalar que los DAP de los álamos asociados a las distintas alternativas, no presentaron diferencias entre sí (Figura 8).

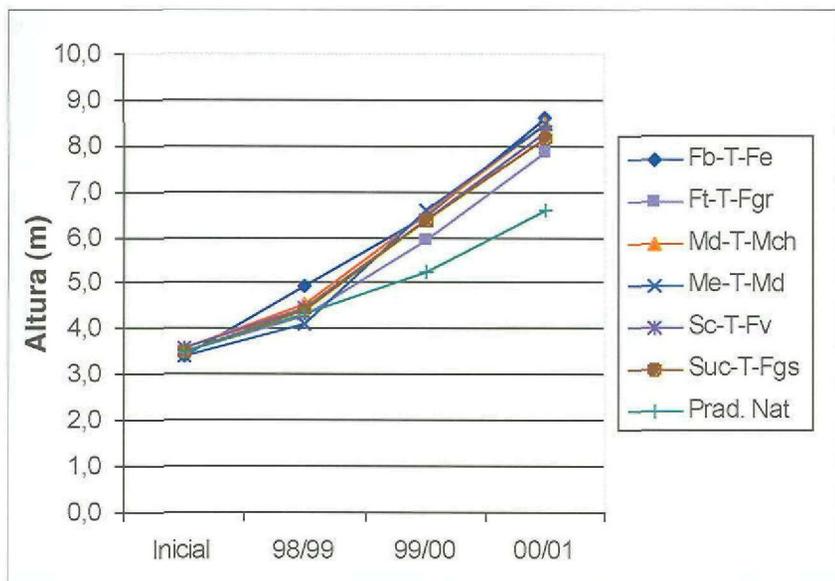


Nota: Abreviaturas de rotaciones se explican en el Cuadro 2.

Figura 8. Evolución del DAP de álamos asociados a distintas rotaciones de cultivos, durante tres temporadas.

## Altura

La evolución de la altura de los árboles durante tres temporadas, muestra que no importando la rotación de cultivos que se asocie al álamo, éstas producen un incremento en la altura, en relación a los árboles que crecieron sin cultivo acompañante. De esta manera, los álamos que no fueron asociados a rotaciones de cultivos presentaron alturas menores, en las últimas dos temporadas, que los álamos que se desarrollaron con alguna de las alternativas estudiadas. También se puede señalar que la altura de los árboles asociados a distintas rotaciones, no presentaron diferencias entre sí (Figura 9).



Nota: Abreviaturas de rotaciones se explican en el Cuadro 2.

Figura 9. Evolución de la altura de álamos asociados a distintas rotaciones de cultivos, durante tres temporadas.

## Producción de los cultivos

### Primera temporada

Durante la primera temporada, los rendimientos obtenidos no difirieron con los promedios para la zona, debido principalmente a que los árboles estaban recién plantados y no afectaron a los cultivos acompañantes. En esta temporada destaca el maíz dulce. En segundo término y con buenos niveles de producción destacan el sorgo, sucrosorgo y los porotos para grano seco. El maíz para ensilaje presentó rendimientos más bien discretos pero normales para la zona en estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimientos obtenidos en cultivos de primavera establecidos en asociación con álamos. Sector Peñuelas, comuna de Cabrero, temporada 98/99.

Tratamiento	Variedad	Corte	Total	Real	Unidad
Sorgo	Sordan 79	23-12-98	6.062	5.032	Kg m.s./ha
		02-02-99	7.373	6.120	Kg m.s./ha
		10-03-99	2.865	2.378	Kg m.s./ha
		15-04-99	1.111	922	Kg m.s./ha
		Total	17.411	14.452	Kg m.s./ha
	Sucrosorgo		15.983	13.266	Kg m.s./ha
Maíz	Sundace	Total	41.344	34.316	Mazorcas/ha
		Comercial	34.929	28.991	Mazorcas/ha
Maíz silo	INIA 150	Total	16.633	13.805	Kg m.s./ha
		Caña	962	798	Kg m.s./ha
		Mazorca	718	596	Kg m.s./ha
Poroto	Blanco INIA	grano	17,57	14,58	Qqm/há
	Torcaza INIA	grano	15,49	12,86	Qqm/há

### Segunda temporada

No hubo diferencias en el rendimiento de trigo sembrado a continuación de las alternativas de cultivo del año anterior. Los rendimientos obtenidos bordearon los 30 quintales como promedio, lo cual está dentro de lo normal para la zona, considerando las limitaciones del suelo en estudio y la incipiente disminución de la cantidad de luz sobre el trigo.

El ISR para el trigo en promedio fue de un 90%, lo cual es bajo considerando que se basa en el rendimiento regional, pero considerado como un nivel de producción normal para los suelos de la serie arenales que como se ha dicho antes son de un nivel de fertilidad muy bajo y requieren de fuertes dosis de fertilizantes para lograr producciones aceptables.

## Tercera temporada

### ■ Porotos

En la tercera temporada que consideró el estudio, se analizaron los rendimientos por grupo de especies, vale decir, los porotos aparte de los maíces. En la Figura 10 se grafican los rendimientos para las distintas variedades de porotos, señalándose además los rendimientos totales (por hectárea sin considerar el espacio ocupado por los árboles) y reales (considerándose el 83% de una ha, vale decir, descontándose la superficie ocupada por los álamos). Se puede decir, en general, que los destinados a grano seco tuvieron un mejor rendimiento que los porotos destinados para consumo en verde o granado. Además, las producciones de poroto tórtola y negro fueron de 144% y 84% del rendimiento normal para la zona en estudio, respectivamente, lo cual se puede calificar como bueno tomando en cuenta el grado de sombreado de los cultivos en esta tercera temporada.

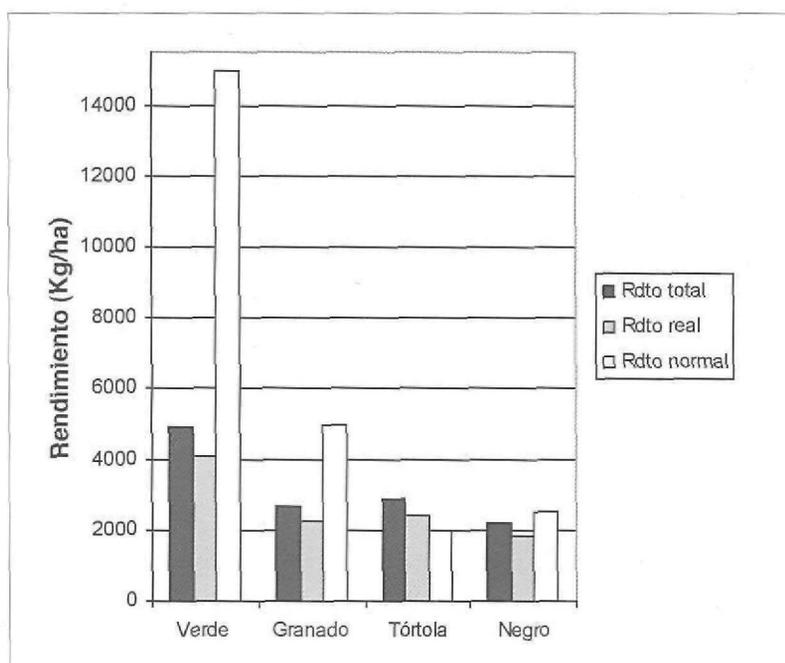


Figura 10. Rendimiento de los distintos frejoles en asociación con álamos de tercera temporada. Cabrero, VIII Región.

## ■ Maíces

En cuanto a los maíces, éstos presentaron rendimientos considerados como malos, con respecto a los rendimientos promedios regionales pero similares a los de suelos pobres y de textura arenosa, lo cual es muy positivo, tomando en cuenta el grado de sombreamiento que ejercieron los árboles sobre las plantas de maíz (Figura 11). De esta manera, rendimientos de aproximadamente 13,8 ton para maíz dulce y 11,5 ton para choclero deben considerarse como buenos en las circunstancias enunciadas anteriormente. De todas maneras, ya no debería considerarse la siembra de maíces en una cuarta temporada.

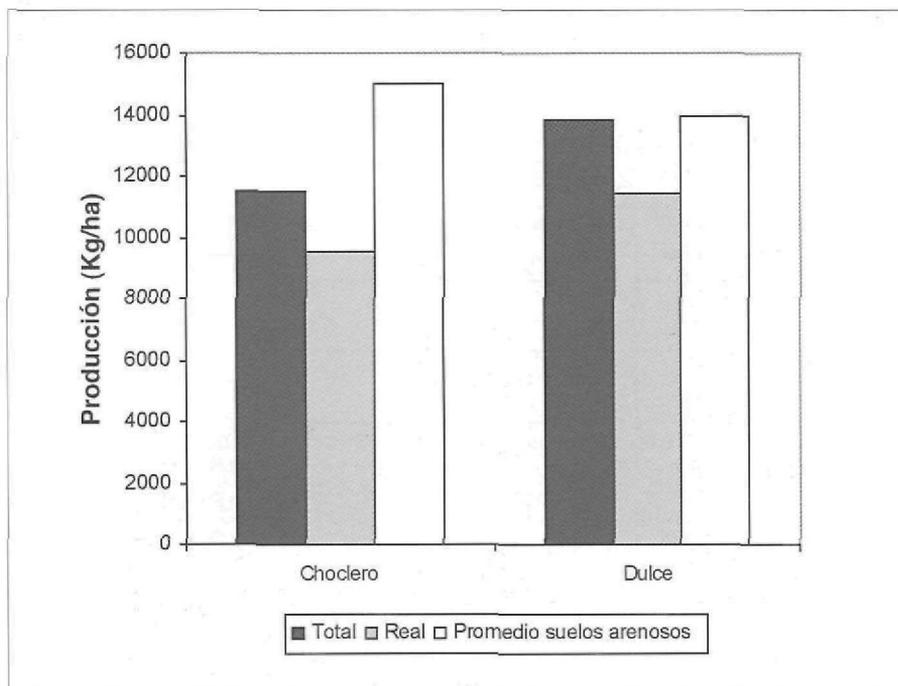


Figura 11. Rendimiento de maíces en asociación con álamos de tercera temporada, Cabrero, VIII Región.

## Recomendación

El establecimiento de una rotación de cultivos entre las hileras de álamos es siempre beneficiosa para el árbol, el cual responde muy positivamente al manejo que se le da a los cultivos, es decir, preparación de suelos, fertilización y riegos. Por el contrario, los rendimientos de los cultivos van decayendo en el tiempo, debido principalmente a la disminución de la radiación solar por efecto del crecimiento de los álamos. Por lo tanto, para la zona que comprende la serie arenales con alto nivel freático, es posible llevar a cabo una rotación de cultivos hasta el tercer año de crecimiento del bosque, considerando para la última temporada de cultivo, la siembra de especies menos demandantes por luz como los porotos en relación a los maíces, los cuales se ven muy afectados por este problema.



- Porotos y alfalfa asociados a álamos. Cabrero, VIII Región.

# Cultivos asociados a álamos y sus interacciones en la zona sur de Chile

*Sergio Iraira H.  
Marcelo Ponce V.*

## Desarrollo de los árboles

Las evaluaciones que se llevaron a cabo con las distintas especies forrajeras permitieron cuantificar el efecto de los distintos cultivos sobre el crecimiento y desarrollo de los árboles.

Dentro de las evaluaciones dendrométricas de mayor importancia se encuentra el diámetro a altura del pecho (DAP). Esta evaluación se realizó cada año bajo las distintas condiciones de asociación cultivo - álamo. A continuación, en el Cuadro 1, se presentan los incrementos anuales de diámetro en álamos asociados a distintos cultivos evaluados. Cabe señalar que el DAP inicial de los álamos, de 2 años de edad, era de 11 cm.

Cuadro 1. Incremento anual del fuste (cm) del álamo asociado a distintos cultivos.

Cultivo	Edad (años)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Alfalfa	2.8	4.0	-	2.3	3.8	4.3	2.6	-
Avena	2.0	4.0	5.3	1.7	-	-	-	3.0
Ballica anual	-	3.6	5.8	-	-	-	-	3.0
Ballica bianual	-	2.9	5.1	-	3.9	3.7	2.1	3.4
Ballica híbrida	-	4.2	3.6	-	4.3	3.6	2.7	1.7
Ballica perenne	-	3.3	4.7	-	4.5	3.2	2.6	-
Cebada	1.9	4.0	4.7	1.8	4.0	4.1	-	-
Rodal sin cultivos	1.0	3.0	4.0	0.8	3.5	3.2	1.8	2.3

El establecimiento de los cultivos generó un incremento diamétrico superior a la condición sin cultivo. El aumento en diámetro aun teniendo el mismo cultivo asociado, no es el equivalente durante los nueve años que se realizó la evaluación. La explicación a esta situación se asocia a la condición climática anual que juega un rol relevante en el crecimiento de los árboles, especialmente en lo que se refiere a la pluviometría durante el periodo de primavera y verano, lapso en que los árboles están en pleno crecimiento.

Por otro lado, se puede observar que los mayores incrementos en diámetro del fuste ocurrieron entre el tercer y quinto año de la plantación, lo cual coincide con la literatura al señalar que durante los primeros nueve a diez años el árbol existe un crecimiento exponencial, y que en el caso de incorporar cultivos este crecimiento se incrementa aún más, debido a la aireación del suelo; condición importante para el adecuado desarrollo de sus raíces y la mayor captación de nutrientes por el árbol debido a la fertilización dirigida hacia el cultivo y aprovechada parcialmente por el árbol.

La fertilización realizada sobre el cultivo permite mejorar el crecimiento de los árboles, lo que se refleja en el crecimiento de la cobertura de copa y la altura, esta última se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Incremento de altura (m) de álamos asociados a distintos cultivos.

Cultivo	Edad del Rodal (años)							
	2	3	4	5	6	7	8	9
Alfalfa	1.5	1.6	-	1.4	1.4	-	1.3	-
Avena	1.6	1.8	2.7	1.5	-	-	-	1.9
Ballica anual	-	1.7	2.5	-	-	-	-	2.1
Ballica bianual	-	1.6	2.4	-	1.2	1.9	2.3	2.4
Ballica híbrida	-	1.6	1.8	-	1.6	1.5	3.0	-
Ballica perenne	-	1.5	1.7	-	0.5	2.4	1.9	2.6
Cebada	1.5	2.0	2.4	1.6	1.3	1.7	-	-
Rodal sin cultivos	1.1	1.1	1.8	1.1	0.6	1.4	0.8	2.2

A partir de la información obtenida se estimó la curva de acumulación de volumen para un rodal de álamo en las condiciones existentes en el fundo Austria, San José de la Mariquina - Décima Región, proyectándose la edad de corte a los 15 años y alcanzando los 300 m<sup>3</sup>/ha como volumen de cosecha.

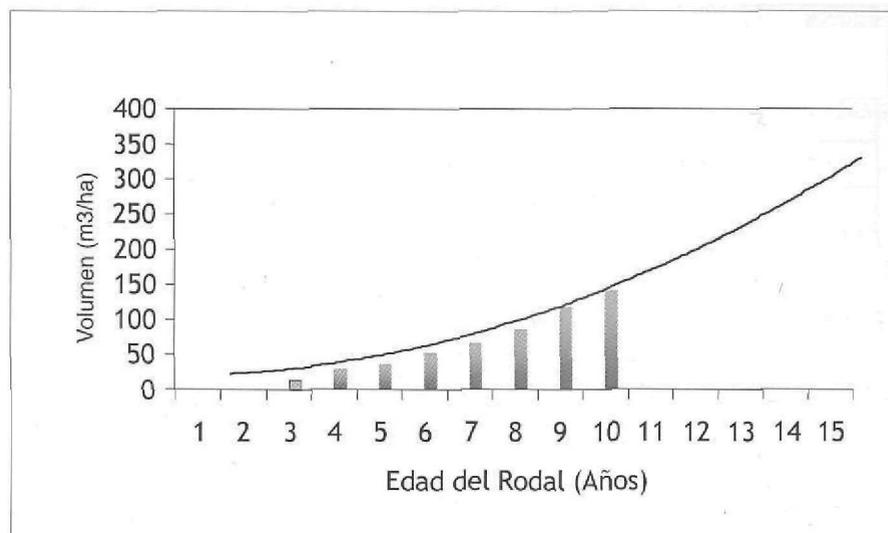


Figura 1. Acumulación de volumen (m<sup>3</sup>/ha) en un rodal de álamo en el Fundo Austria, Décima Región.

Cabe destacar que hasta la fecha no existían estudios respecto del comportamiento del álamo en la X Región, por lo que estos antecedentes son de gran relevancia para la proyección del negocio del álamo en el sur de Chile.

Con la información dendrométrica reunida fue posible determinar el volumen existente al inicio y al final del proyecto para las distintas rotaciones de cultivos desarrolladas en los rodales de distinta edad. En el Cuadro 3, se presenta la rotación de cultivo, la edad del rodal y el incremento medio anual (IMA) del volumen de madera.

Cuadro 3. Rotación de cultivo, la edad del rodal y el incremento medio anual (IMA) del volumen de madera de álamos.

Edad Inicial Rodal	Rotación de cultivo			IMA m <sup>3</sup> /ha/año
	Año 1	Año 2	Año 3	
3	Barbecho	B. perenne	B. perenne	22.3
5	Barbecho	B. perenne	B. perenne	21.6
7	Barbecho	B. perenne	B. perenne	31.8
3	Barbecho	B. híbrida	B. híbrida	20.7
5	Barbecho	B. híbrida	B. híbrida	25.0
7	Barbecho	B. híbrida	B. anual	37.4
3	Barbecho	B. bianual	B. bianual	22.8
5	Barbecho	B. bianual	B. bianual	25.0
7	Barbecho	B. bianual	B. bianual	37.7
3	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	26.5
5	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	26.4
7	Alfalfa	Alfalfa	Avena	39.7
3	Barbecho	B. anual	B. anual	28.2
3	Maíz	Maíz	Triticale	29.0
5	Maíz	Maíz	Triticale	23.1
3	Cebada	Cebada	Cebada	23.6
5	Cebada	Cebada	Cebada	26.5
3	Avena	Avena	Avena	22.8
3	Testigo*	Testigo*	Testigo*	20.4
5	Testigo*	Testigo*	Testigo*	23.1
7	Testigo*	Testigo*	Testigo*	32.2

Testigo\* = equivale a la pradera natural constituida por malezas de hoja ancha y gramíneas como pasto cebolla y chéptica.

## Producción de los cultivos

La evaluación de la tercera temporada incluyó los cultivos de otoño y de primavera. Respecto a los cereales, la incorporación del triticale constituyó una buena alternativa dado que su producción de materia seca y de grano fue superior a la de los otros cereales, bajo las mismas condiciones de sombra. La producción de materia seca de la alfalfa durante esta última temporada fue marginal considerándose una especie no apta para su uso en estas condiciones de agroforestería.

En cuanto a los cultivos de ballicas bianuales y perennes, sus producciones resultaron interesantes en álamos menores a siete años, posteriormente se reduce en forma significativa. De acuerdo a estos resultados se considera que sería adecuado establecerlos hasta que los árboles cubren con su copa un 70% de la superficie.

En el aspecto fitosanitario, no se observó la presencia de enfermedades y/o plagas que pudiesen afectar al cultivo y/o a los árboles.

Desde el punto de vista forrajero, como es de esperar en este tipo de asociación, se produce una disminución en su producción cuya magnitud varía de acuerdo a la especie, lo cual deberá ser considerado al momento de desarrollar éstos sistemas.

La zona sur del país posee, predominantemente, sistemas de producción de leche y carne, los cuales ocupan un alto porcentaje de la superficie de la IX y X Regiones. Bajo este contexto, el desarrollo de sistemas agroforestales se debería considerar como complemento de los sistemas ganaderos, en el sentido de constituirse en una alternativa capaz de entregar una parte importante de los requerimientos anuales de forraje.

La posibilidad de establecer cultivos intercalados en un rodal de álamo es factible con el esquema de plantación 6 x 6 m, u otros más amplios. La arquitectura del árbol permite establecer cultivos durante parte del período de crecimiento de la especie forestal, logrando con esto una adecuada utilización del recurso suelo.

Considerando que este sistema es complementario al ganadero, se evaluó una serie de especies capaces de producir forraje durante la mayor parte del año, las cuales fueron utilizadas como soiling y para ser conservado. Si bien este forraje puede ser utilizado a través de pastoreo, se debe considerar que existe el riesgo de daños a los árboles por parte del ganado. No obstante, aún cuando esta variable no fue evaluada a través del proyecto, es posible manejarla en términos técnicos.

Entre las especies evaluadas se encuentran las siguientes especies: ballica anual, bianual, híbrida y perenne, alfalfa, cebada, avena y triticale, en rodales con distinto grado de sombramiento o edad.

En general, los cultivos fueron manejados tal como en una condición tradicional. Cabe señalar que, en esta distribución (6 x 6) no existen problemas respecto a la incorporación de maquinaria, lo cual facilita las labores que se deben realizar en cada caso. La preparación de suelo fue la tradicional según el tipo de cultivo (rastra offset, vibrocultivador, rodillo compactador, sembradora, etc.), la fertilización a utilizar dependerá de la fertilidad del suelo y de los rendimientos que se proyectan.

Además de cosechar de forraje para ensilaje, existe la alternativa de henificarlo. En tal caso, todas las labores fueron desarrolladas sin mayor problema en el sentido de la disponibilidad de espacio.

En el Cuadro 4, se indican las fechas de establecimiento de cada una de las especies evaluadas y la forma de utilización.

Cuadro 4. Fechas de establecimiento de las especies evaluadas en un sistema agroforestal con álamos.

<b>Especie</b>	<b>Fecha de siembra</b>	<b>Forma de utilización</b>
<b>Alfalfa</b>	<b>Agosto</b>	<b>Soiling</b>
<b>Avena</b>	<b>Agosto</b>	<b>Ensilaje y grano</b>
<b>Ballica anual</b>	<b>Marzo</b>	<b>Soiling y ensilaje</b>
<b>Ballica bianual</b>	<b>Marzo</b>	<b>Soiling y ensilaje</b>
<b>Ballica Híbrida</b>	<b>Marzo</b>	<b>Soiling y ensilaje</b>
<b>Ballica perenne</b>	<b>Marzo</b>	<b>Soiling y ensilaje</b>
<b>Cebada</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Ensilaje</b>
<b>Triticale</b>	<b>Mayo</b>	<b>Ensilaje</b>
<b>Pradera natural</b>	<b>-</b>	<b>Soiling y ensilaje</b>

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a la evaluación realizada durante tres años, en que se establecieron los cultivos anteriormente señalados, asociados a álamos y la edad de los rodales fluctuó entre los 2 y 9 años. Se ha determinado como parámetro de referencia la cobertura de copa, dado que es un factor que afecta en forma directa el rendimiento de los cultivos.

En el Cuadro 5, se presenta la producción de forraje, expresada en toneladas de materia seca por hectárea. Cabe señalar que los rendimientos que se presentan son los obtenidos en la superficie disponible para cultivos en este sistema, es decir, 8.300 m<sup>2</sup> (0,83 ha).

Cuadro 5. Producción de forraje (ton materia seca/ha/año) de distintos cultivos asociados a rodal de álamos con distinta cobertura de copa.

Especie forrajera	Producción de Forraje (ton materia seca/ha)	Cobertura de Copa (m)								
		3.2	4.0	4.4	5.2	5.4	6.2	6.4	7.2	
Alfalfa	-	3.7	-	2.0	6.6	3.3	0.5	-	-	
Avena	5.5	6.5	-	-	5.9	-	-	-	-	
Ballica anual	-	7.9	-	-	5.1	-	-	1.9	-	
Ballica bianual	-	8.3	-	7.1	6.4	5.9	2.3	-	-	
Ballica Híbrida	-	8.6	-	6.4	6.5	4.3	1.4	-	-	
Ballica perenne	-	7.5	-	7.7	6.9	5.1	1.8	1.6	-	
Cebada	6.3	6.8	8.9	4.1	4.8	2.3	-	-	-	
Triticale	-	-	-	-	8.7	4.1	-	-	-	
Pradera natural	2.5	1.9	1.8	1.8	1.8	1.1	1.1	1.0	-	

Según los datos presentados en el Cuadro 5 es evidente el efecto negativo que ocurre sobre los rendimientos de los cultivos en la medida que los árboles crecen y aumentan su cobertura de copa, pese al manejo de poda que se realiza durante los primeros siete años.

Se debe destacar que la especie de mejor comportamiento bajo esta condición agroforestal es la ballica, mientras que la especie con mayor sensibilidad a la condición de menor luminosidad fue la alfalfa. En cuanto a los cereales estos presentan un comportamiento intermedio, destacándose de entre ellos el triticale.

La evaluación de producción durante los nueve primeros años del rodal permite determinar que la condición para un adecuado crecimiento de cultivos sería hasta el séptimo año, alcanzando un 36% promedio de producción respecto al cultivo tradicional, Cuadro 6. Posteriormente la producción de materia seca por hectárea comienza a ser marginal y no justifica su manejo bajo la alternativa de corte. En adelante es posible el aprovechamiento mediante pastoreo directo, manteniendo una carga animal del orden de 0,25 cabezas/ha;

teniendo la precaución de mantener un adecuado sistema de pastoreo, buena condición sanitaria del ganado y suministro de minerales, factores que reducirían el riesgo de daño a los árboles. En el Cuadro 6, se presenta el índice simple de rendimiento de los distintos cultivos forrajeros evaluados.

Cuadro 6. Índice simple de rendimiento de distintos cultivos asociados a álamos con distinta cobertura de copa.

Especie	Producción (ton m.s/ha)	Cobertura de Copa (m)							
		3.2	4.0	4.4	5.2	5.4	6.2	6.4	7.2
Alfalfa	12,5	-	29,6	-	16,0	52,8	26,4	4,0	-
Avena	9,2	59,7	70,1	-	-	64,2	-	-	-
B. anual	10,5	-	75,2	-	-	48,6	-	-	18,1
B. bianual	12,4	-	67,0	-	57,3	51,6	47,5	18,5	-
B. Híbrida	12,5	-	68,8	-	51,2	52,0	34,4	11,2	-
B. perenne	11,6	-	64,6	-	66,3	59,5	43,9	15,5	13,4
Cebada	8,3	75,9	82,0	-	49,3	57,8	27,7	-	-
Triticale		-	-	-	-	-	-	-	-
Prad. Natural	3,5	71,4	54,2	51,4	51,4	51,4	31,4	31,4	28,6

De acuerdo al Cuadro 6, cuando se presenta una cobertura de copa del orden de los 6,4 metros, los cultivos alcanzan entre un 15 y 10% de su producción.

Por otro lado, si bien se aprecia una disminución de producción del orden del 25% en la mayoría de los cultivos desde un inicio, las producciones obtenidas son muy superiores a las obtenidas por la pradera natural sin fertilizar.

La pradera natural, además de presentar una baja producción de materia seca, ésta se concentra entre los meses de octubre y diciembre y es de baja calidad nutritiva.

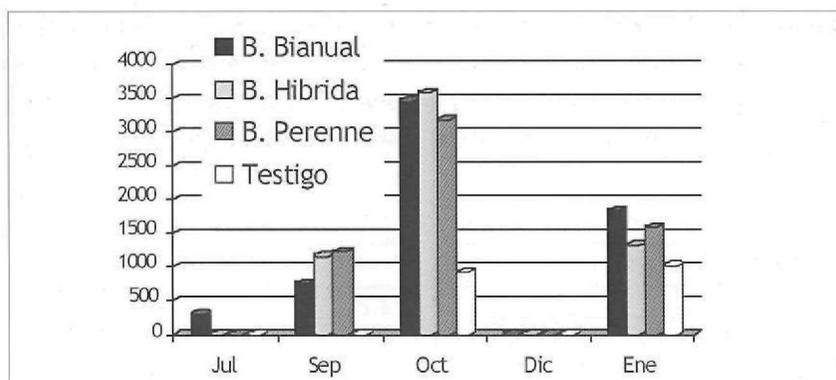


Figura 2. Distribución de la producción de distintos cultivos forrajeros establecidos bajo álamos de tres años.

La información antes expuesta ha permitido elaborar la ecuación de regresión para la producción anual de forraje, por medio de ballica perenne, describiendo de manera precisa la productividad forrajera a lo largo de la vida del rodal.

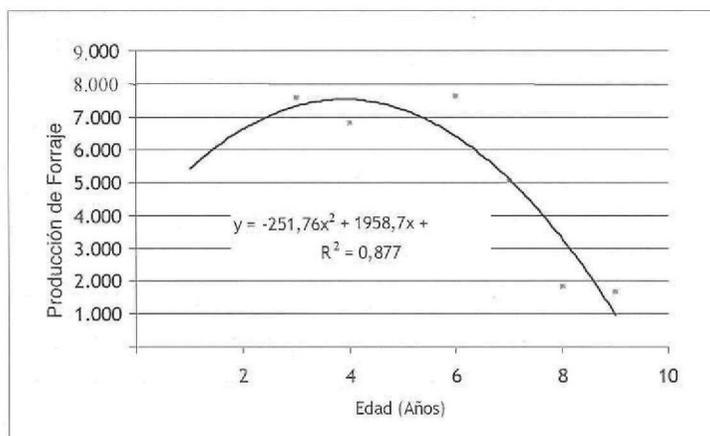


Figura 3. Regresión de la producción anual de ballica perenne (ton de materia seca/ha) en álamos de distinta edad (años).

Lo anterior suministra información relevante para el diseño de los sistemas productivos asociados, indicando la capacidad sustentadora de ganado hasta el séptimo año, bajo las condiciones del diseño 6 x 6. Posteriormente sólo es posible el aprovechamiento de la producción marginal, hasta el fin de la rotación forestal.

La calidad del forraje producido es sin duda importante de considerar en la medida que existe una menor disponibilidad de luz. Cabe señalar que la evaluación de calidad que se presenta en los Cuadros 7 y 8, corresponde al forraje que se cosechó para ser conservado, en todos esos casos siempre en el estado fenológico recomendado para alcanzar un adecuado nivel de proteína y energía, es decir, en el caso de ballicas en inicio de espigadura y para el caso de los cereales éste fue en estado de grano pastoso.

Cuadro 7. Contenido de proteína (%) obtenido en el forraje cosechado en estado fenológico de emergencia de espigadura.

Especie forrajera	Cobertura de Copa ( m )							
	3.2	4.0	4.4	5.2	5.4	6.2	6.4	7.2
Alfalfa	-	23,6	-	23,6	19,3	17,1	22,4	-
Avena	11,1	10,9	-	-	5,8	-	-	-
Ballica anual	-	12,1	-	-	12,4	-	-	12,5
Ballica bianual	-	11,8	-	9,7	13,7	17,6	16,4	-
Ballica Híbrida	-	12,3	-	12,9	10,1	16,9	16,7	-
Ballica perenne	-	11,5	-	11,7	9,0	14,1	18,4	12,2
Cebada	12,0	8,1	12,4	11,2	5,3	6,6	-	-
Triticale	-	-	-	-	7,2	9,8	-	-
Pradera natural	10,5	10,4	10,0	9,7	8,4	13,8	12,0	17,3

Cuadro 8. Contenido de energía metabolizable (Mcal/kg m.s.) del forraje cosechado en estado fenológico recomendado para su conservación como ensilaje (emergencia de espigadura).

Especie forrajera	Cobertura de Copa (m)							
	3.2	4.0	4.4	5.2	5.4	6.2	6.4	7.2
Alfalfa	-	2,16	-	2,16	2,24	2,22	2,22	-
Avena	2,30	2,15	-	-	2.07	-	-	-
Ballica anual	-	2,60	-	-	2,52	-	-	2.01
Ballica bianual	-	2,59	-	2,65	2,52	2,42	2,30	-
Ballica Híbrida	-	2,62	-	2,67	2,60	2,46	2,61	-
Ballica perenne	-	2,72	-	2,67	2,53	2,46	2,52	2,33
Cebada	2,60	1,93	2,1	1,92	1.80	1.80	-	-
Triticale	-	-	-	-	2.07	2.01	-	-
Pradera natural	1,80	1,81	1,78	1,80	1.81	1.80	1,90	1,81

En general se aprecia una tendencia a la disminución en el contenido de energía metabolizable del forraje en la medida que la sombra de los árboles aumenta, sin embargo, esta reducción no es tan significativa en el caso de las ballicas.

De igual importancia que el contenido proteico y energético del forraje, la digestibilidad de la materia seca forma parte de los parámetros nutricionales de considerar en la evaluación de calidad de los alimentos, ya que existe una relación directa entre el valor de éste y la respuesta animal (producción de leche y carne).

Al respecto (Figura 4), en ballicas se observa disminución constante de la digestibilidad en la medida que aumenta el grado de sombramiento de los árboles, siendo esta caída de 5 a 8 puntos porcentuales. Sin duda que esta situación afectará negativamente la nutrición animal. En el caso de los cereales de grano pequeño, esta disminución presenta la misma magnitud, Figura 5.

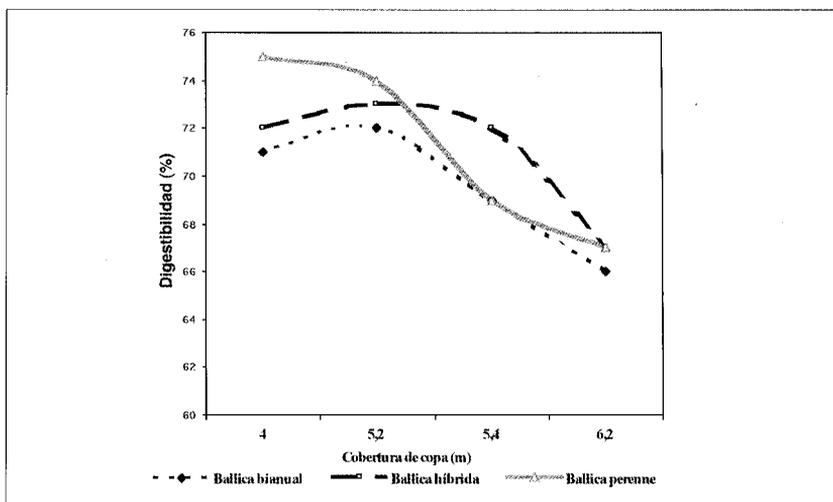


Figura 4. Digestibilidad *in vitro* (%) de ballicas destinadas a ensilajes cosechadas bajo álamos de distinta cobertura de copa.

Otro parámetro nutricional de importancia es el contenido de materia seca y carbohidratos solubles (CHOS) al momento de cortar el forraje para ensilaje. Al respecto se debe señalar, que estos elementos son de suma importancia para obtener una buena fermentación, lo que significa, un nivel igual o superior al 25% de materia seca y a lo menos un 12% de CHOS.

Si se analizan los resultados obtenidos con los distintos cultivos, se observa que en general las ballicas presentan un contenido de materia seca entre 12 y 19%, lo cual está por debajo de lo requerido y que dificulta el proceso de fermentación, acentuándose aun más esta situación en los cultivos que están bajo una copa mayor. En tanto, los cereales cosechados en estado de grano pastoso, presentan un rango de entre 22 y 35 %.

Respecto a la situación de las ballicas, se puede señalar que el contenido de materia seca puede aumentar a través de un premarchitamiento del forraje, cuyo aumento dependerá de las condiciones climáticas y el tiempo de deshidratación.

Respecto a los CHOS, se aprecia en la Figura 6 que aquellos cultivos que se mantiene bajo árboles con cobertura de copa superior a 5,2 metros el nivel de carbohidratos solubles ya comienza a ser crítico.

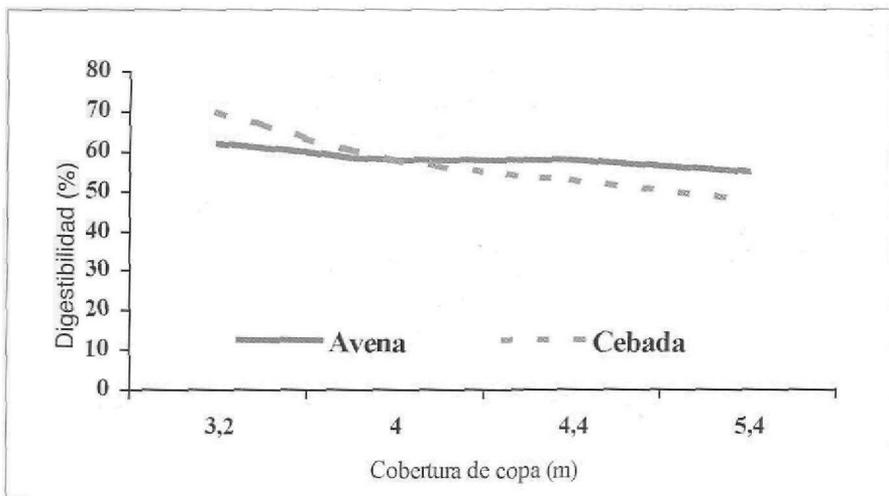


Figura 5. Digestibilidad in vitro (%) de cereales en estado de grano pastoso, cosechados bajo álamos de distinta cobertura de copa.

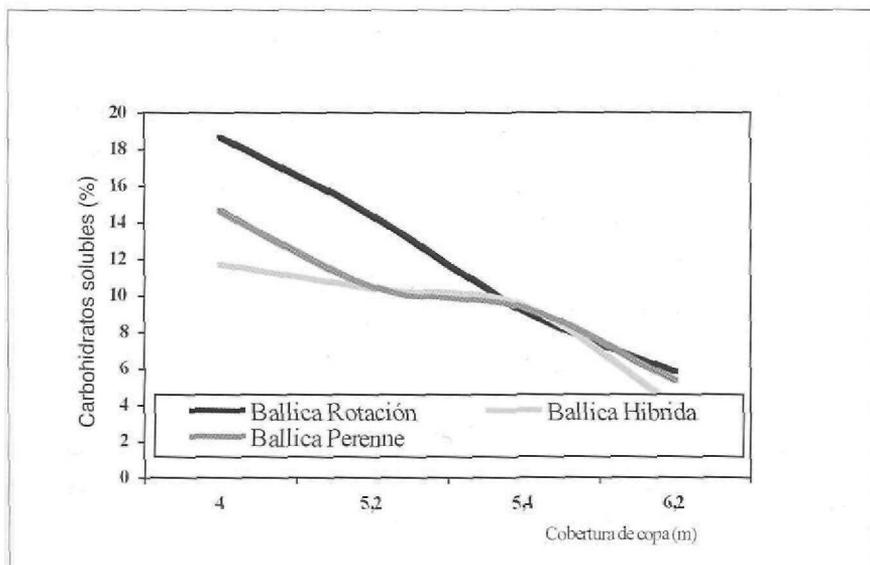


Figura 6. Contenido de carbohidratos solubles (%) en forraje destinado a ensilaje cosechado bajo álamos de distinta cobertura de copa.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el proyecto y en lo que respecta a la Décima Región, se pueden plantear las siguientes conclusiones:

- La incorporación de cultivos en las entre hileras de la plantación forestal, independientemente de la edad del rodal, genera efectos positivos sobre el crecimiento de los álamos, expresándose a través de un mayor crecimiento en altura, de cobertura de copa y del DAP.
- No se aprecian diferencias de impacto, sobre el crecimiento de los arboles, entre los distintos cultivos evaluados.
- La incorporación de cultivos permite mejorar la condición de aireación del suelo, factor de suma relevancia para el adecuado crecimiento de esta especie forestal.
- La fertilización realizada sobre el cultivo cumple un doble propósito, ya que en primer lugar suministra nutrientes a la especie forrajera y adicionalmente al álamo, con lo cual se mejora la eficiencia de utilización de los distintos nutrientes. Este efecto se visualiza a través de un follaje de mayor vigor (mayor tamaño de las hojas y de color verde más intenso) y por el retardo en la abscisión de las hojas, todo lo cual favorece el crecimiento del árbol.
- La alfalfa y el maíz son especies que no se adaptan a la asociación con álamos, independiente de su edad, bajo las condiciones del fundo Austria.
- Los cereales de grano pequeño, tales como la avena, cebada y triticale tienen un buen comportamiento con álamos de hasta 3 años, posteriormente los rendimientos decaen rápidamente.
- Las especies que mejor se adaptan a este tipo de asociaciones son las ballicas anuales, bianuales, híbridas y perennes.

- ☒ La ballica anual presenta un adecuado comportamiento productivo y económico cuando se establece en rodales de álamo de hasta tres años de edad, con árboles más antiguos el costo del cultivo resulta antieconómico por su bajo rendimiento.
- ☒ Las ballicas bianuales, híbridas y perennes pueden ser mantenidas con rendimientos interesantes, en términos de kilos de materia seca por hectárea, hasta que los álamos presentan una edad de siete años, momento en que los rendimientos decaen en un 40 a 50%.
- ☒ Cualquiera de los cultivos evaluados bajo un rodal de más de ocho años, obtiene sólo un rendimiento de materia seca marginal, incrementándose su costo a niveles extremadamente altos.
- ☒ Las labores agronómicas realizadas para establecer cultivos, tales como preparación de suelo y fertilización bajo arboles mayores a siete años, provocaron un efecto positivo sobre su crecimiento.
- ☒ La asociación cultivo – árbol permite generar un ambiente favorable para el crecimiento de la especie forrajera en el periodo estival, ya que reduce la evapotranspiración del área localizada entre las hileras de álamos.
- ☒ La menor cantidad de luz que ingresa al substrato herbáceo y la gran cantidad de biomasa que genera el árbol son algunos de los factores que mayor afectan el crecimiento de las especies forrajeras asociadas a álamos mayores de siete años.
- ☒ El establecimiento de cultivos de otoño deber ser realizado a fines de febrero para minimizar el efecto negativo que puede provocar la caída de hojas.
- ☒ La descomposición de las hojas caídas en otoño es rápida, lo cual favorece el reciclaje de nutrientes y la incorporación de materia orgánica al suelo.
- ☒ En cuanto a la calidad del forraje, en general, se aprecia una tendencia a la disminución en el contenido de energía metabolizable del forraje en la

medida que la sombra de los árboles aumenta, sin embargo, esta reducción no es tan significativa en el caso de las ballicas.

- La digestibilidad de la materia seca cae en forma importante en todos los cultivos en la medida que aumenta el grado de sombramiento de los árboles, situación que afecta negativamente en la nutrición animal.
- Uno de los parámetros menos afectados por el grado de sombreamiento de los arboles es el contenido de proteína.
- El forraje destinado a conservación, cosechado de cultivos asociados a álamos mayores de seis años, presentaría problemas en el proceso de fermentación por el bajo contenido de carbohidratos solubles y el alto contenido de humedad.

## Recomendación

Sin duda que la incorporación de cultivos puede ser desde el primer año, en donde se pueden incluir cereales (cebada, avena o triticale) o bien ballicas anuales, bianuales y perennes. Sin embargo, la utilización de las ballicas durante los primeros años de plantación forestal deberá ser en forma de soiling o a través de pastoreo pero considerando una protección sobre los arboles. Si se opta por la ultima opción, se deberá diseñar un buen esquema de pastoreo, mantener una adecuada sanidad en los animales y un aporte de sales minerales tal que permita cubrir sus requerimientos.



- Ballicas asociadas a álamos. X Región.

Nutrientes del Suelo,  
Relaciones y Variables  
Microclimáticas en  
un Sistema Agroforestal  
con Álamos

# Relaciones entre el DAP y el crecimiento de distintos clones de álamos

*Francisco Tapia F.*

*Gabriel Bascur B.*

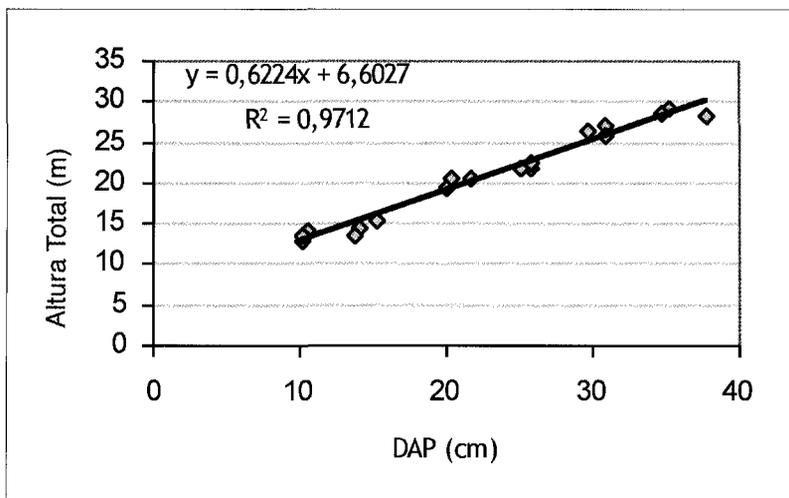
Con la finalidad de desarrollar funciones de crecimiento del álamo y predecir su comportamiento en sistemas agroforestales, se estudiaron los clones I-488, I-214 e I-63/51, para lo cual se establecieron relaciones entre el DAP (diámetro a altura del pecho), y las variables peso seco de hojas, área foliar, altura total, volumen de madera acumulado, cobertura de la copa y luz incidente bajo la copa.

Este estudio tiene por objetivo que el populicultor pueda predecir el comportamiento de los cultivos intercalares conociendo solamente el DAP de sus árboles. Con este propósito todas las relaciones indicadas se hicieron en función del DAP, puesto que es un parámetro muy fácil de medir por parte del productor.

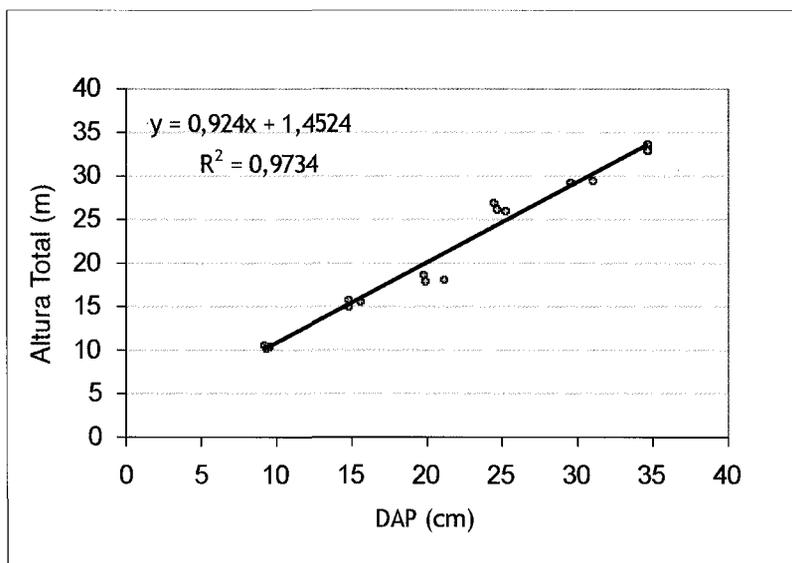
A continuación se presentan las principales relaciones establecidas y su implicancia en el desarrollo de cultivos intercalares a plantaciones de álamos.

## **Relación entre el DAP y la altura total**

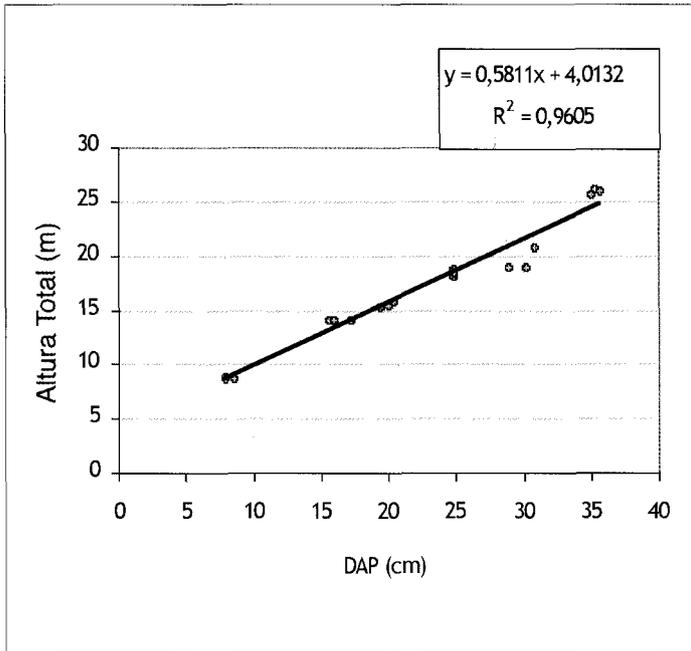
A continuación se presentan para los tres clones estudiados, I-488; I-214 y 63/51, las figuras que representan la relación entre el DAP y la altura total de los álamos.



Clon I - 488



Clon I - 214



Clon I - 63/51

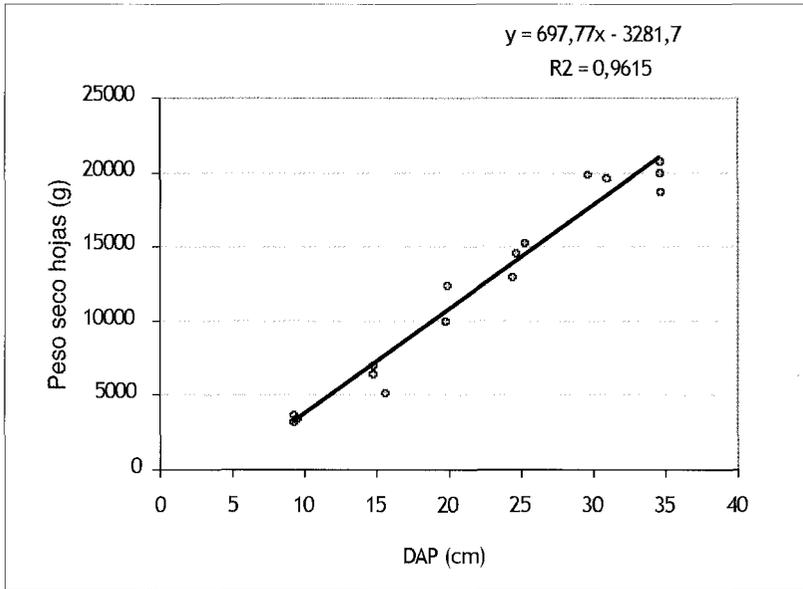
La relación entre el DAP y la altura total, se ajusta a un modelo lineal, con un alto grado de ajuste en todos los casos, observándose que la altura de los árboles se relaciona directamente con el DAP que, en el caso del clon I-488, representa un incremento en altura de aproximadamente 90 cm, cada vez que el árbol crece en 1 cm en su DAP.

A pesar que se observa una tendencia lineal para la altura, las empresas forestales han definido que el momento de cosecha, corresponde a árboles con DAP entre 35-40 cm, que se relaciona con una altura total de aproximadamente 35 m. Esta situación se puede deber a que si bien es dable esperar incrementos de madera, con DAP y alturas superiores, sin embargo, la rentabilidad actual del negocio del álamo lo exige así.

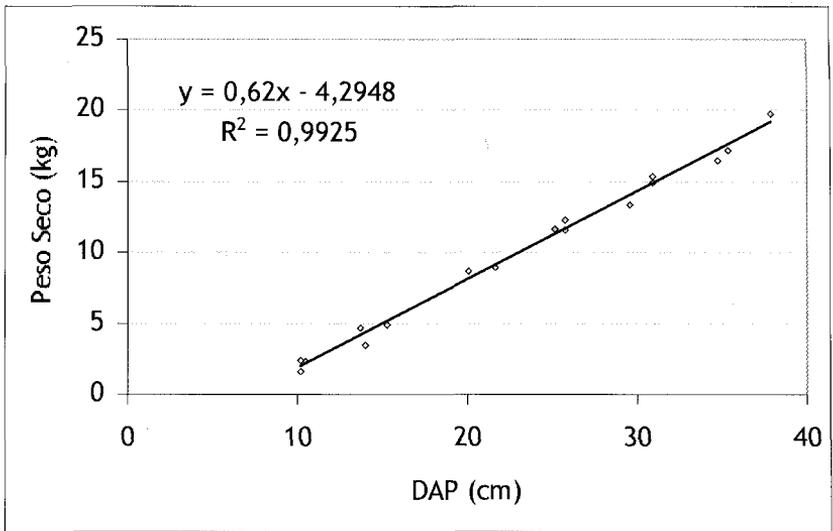
Según varios autores, el crecimiento en altura de los árboles, no tiene ningún obstáculo, solo se ve afectado cuando las ramas de los álamos se entrecruzan provocando que la luz se transforme en un factor limitante. Por lo tanto, en plantaciones de 6 x 6 m. (278 árboles/ha), cada ejemplar se elongará en forma lineal al crecimiento en diámetro.

## Relación entre el DAP y el peso seco de las hojas del árbol

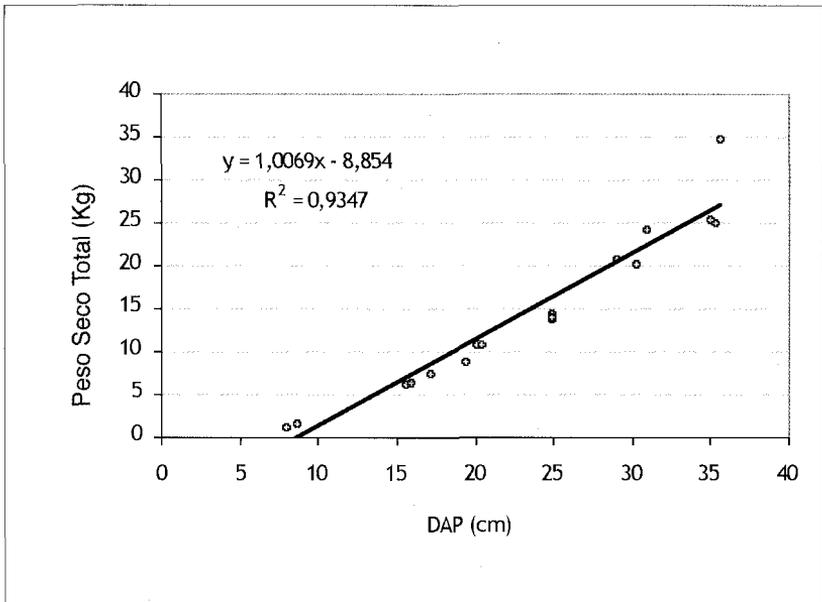
Para este estudio es importante evaluar el incremento de la biomasa foliar de los árboles, para lo cual se evaluó el peso seco de las hojas, dado que éstas se relacionan directamente con el sombreadamiento que se produce bajo la copa de los árboles. La relación entre el DAP y el peso seco de hojas, se presenta a continuación para los tres clones en estudio.



Clon I - 488



Clon I- 214



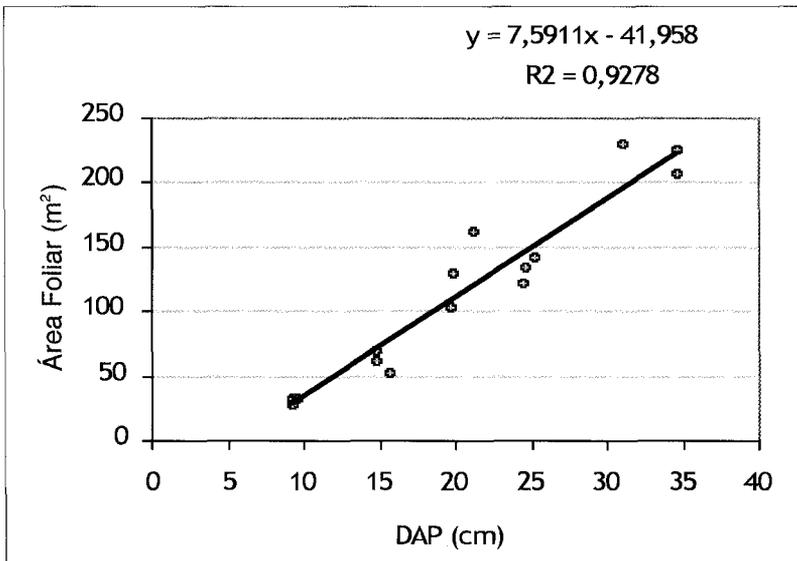
Clon I - 63/51

La relación entre el DAP y el peso seco total de las hojas, se ajusta en los tres clones a un modelo lineal, es decir en la medida que el árbol aumenta su DAP, el peso seco de las hojas aumenta casi proporcionalmente, debido a un mayor número de ramificaciones y de hojas, que hacen posible que el árbol pueda seguir creciendo. Por ejemplo, para el clon I-488, por cada 1 cm que aumente el DAP, el peso seco de las hojas aumenta en 0,7 kg/árbol.

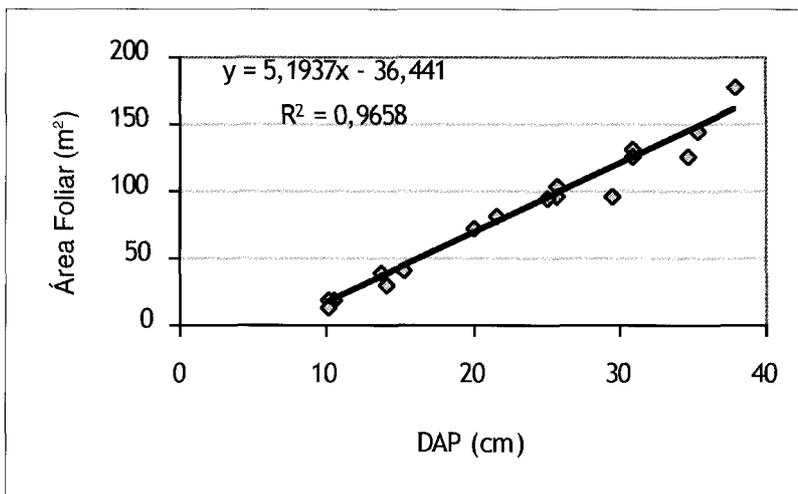
Del mismo modo, se puede inferir, que en la medida que la biomasa aumenta, la cobertura de la copa es mayor, por lo tanto se incrementa el sombreadamiento y la extinción de luz en el espacio intercalar, limitando la posibilidad de establecer cultivos, tal como se comentará al relacionar, el DAP con la luz PAR.

### Relación entre el DAP y el área foliar

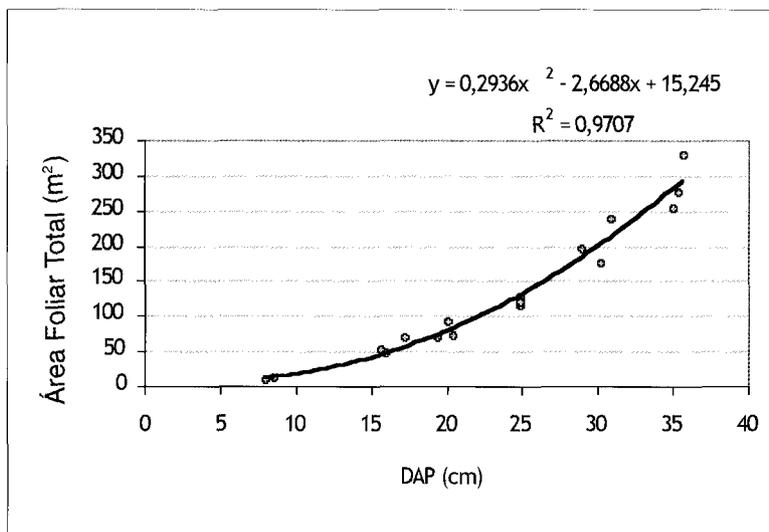
La relación entre el DAP y el área foliar, se ajusta a un modelo lineal, para los clones I-488 e I-214, mientras que para el clon I-63/51, a uno de tipo cuadrático, tal como se observa en las siguientes figuras.



Clon I - 488



Clon I - 214

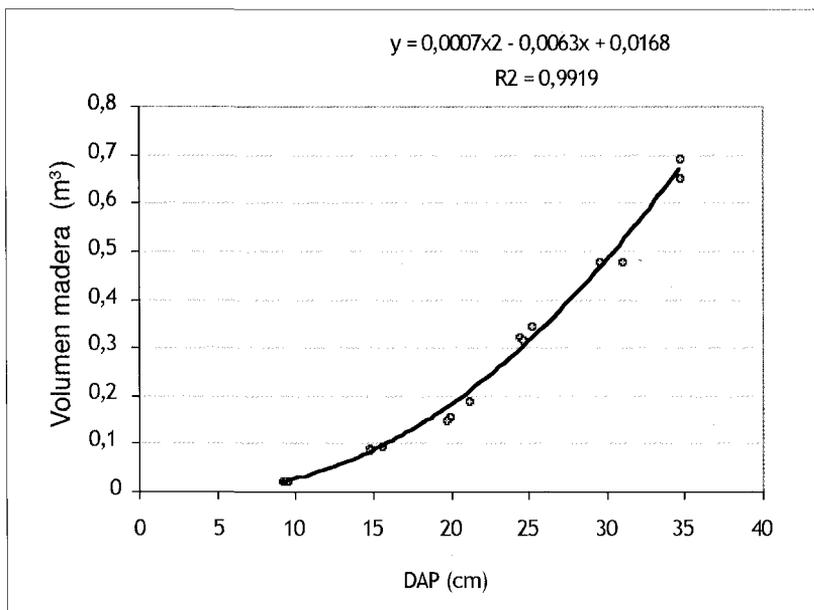


Clon I - 63/51

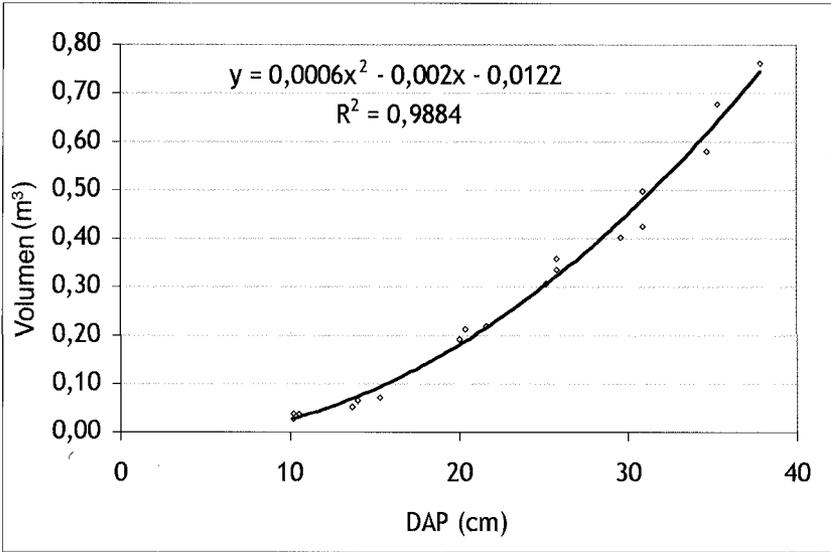
El aumento del área foliar, se relaciona estrechamente con el crecimiento de los árboles, es así que para el caso del clon I-488, por cada cm en que se incrementa el DAP, el área foliar aumenta en 8 m<sup>2</sup>. De esta manera, el área foliar es otro factor que se relaciona con el sombreado bajo las copas de los árboles, ya que a medida que aumenta el DAP la biomasa foliar de los árboles aumenta casi proporcionalmente; pues el árbol va requiriendo una mayor cantidad de hojas para realizar la fotosíntesis que sustente su crecimiento, y por ende el incremento en el volumen de madera.

### Relación entre el DAP y Volumen de Madera

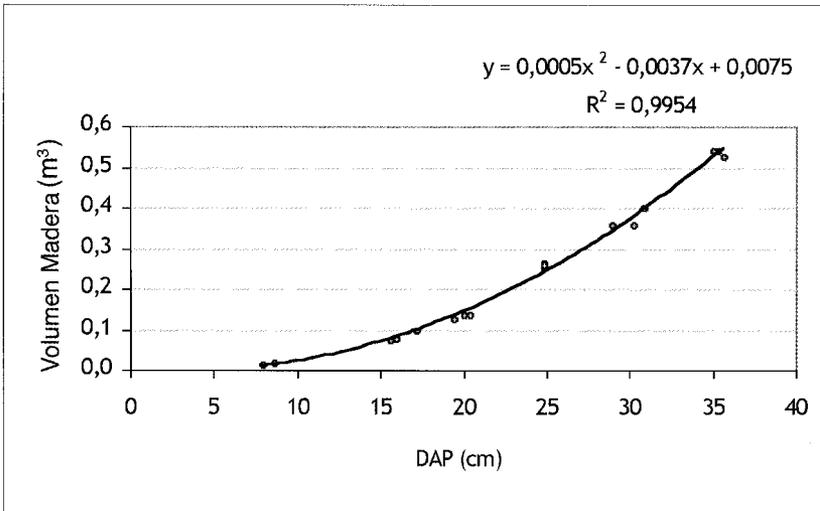
A modo de integrar, el crecimiento en altura y en diámetro de los árboles, se estimó la relación existente entre el incremento del DAP y del volumen de madera acumulado hasta la primera rama, que corresponde a la sección del álamo que genera madera de mayor calidad.



Clon I - 488



Clon I - 214

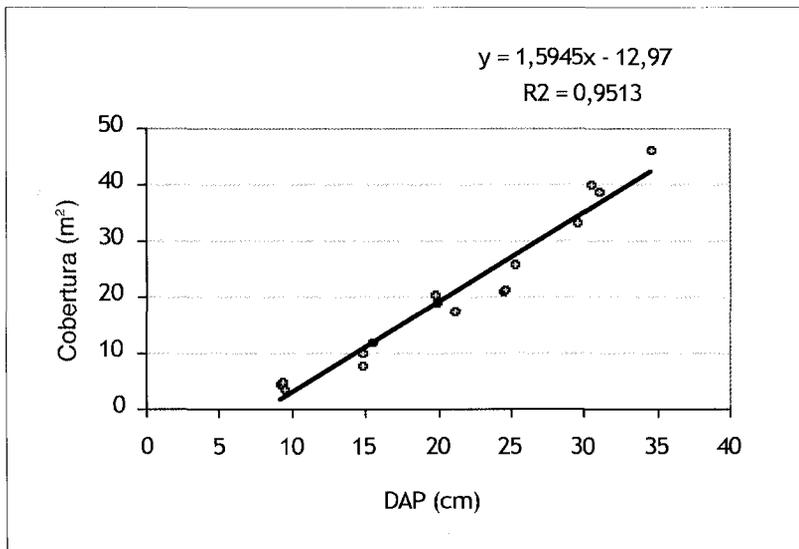


Clon I - 63/51

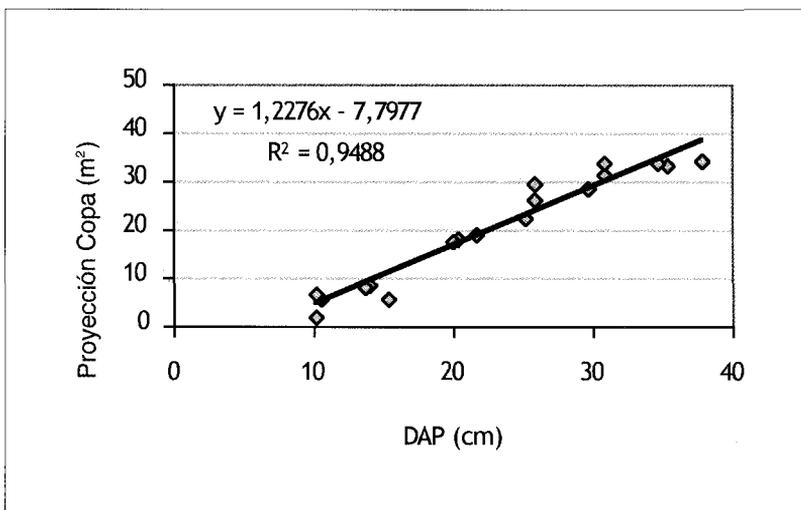
A pesar de que en las figuras se observa que el volumen de madera seguiría aumentando para los DAP mayores a 35 cm, actualmente los álamos se cosechan con estos diámetros. Esto hace suponer que para las industrias forestales, el incremento en volumen de madera que se produciría con diámetros superiores a 35 cm no sería lo suficientemente importante para la rentabilidad del negocio.

### Relación entre el DAP y cobertura de la copa

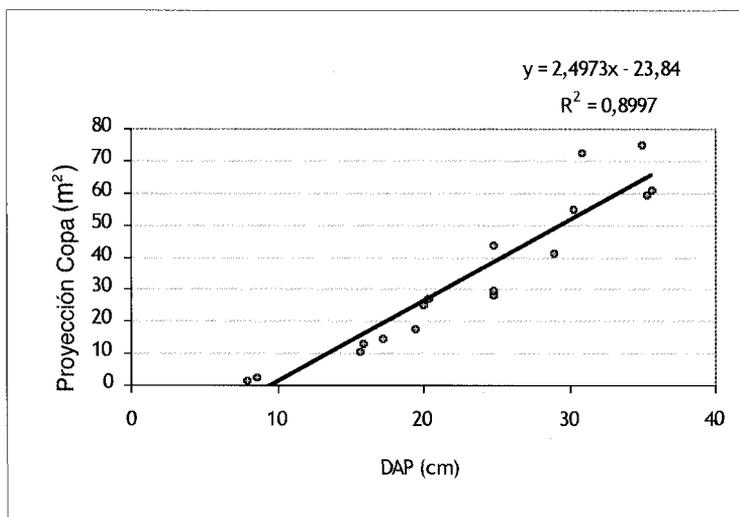
Como se puede observar en las siguientes figuras, la cobertura de la copa aumenta constantemente en forma lineal a medida que los árboles se van desarrollando.



Clon I - 488



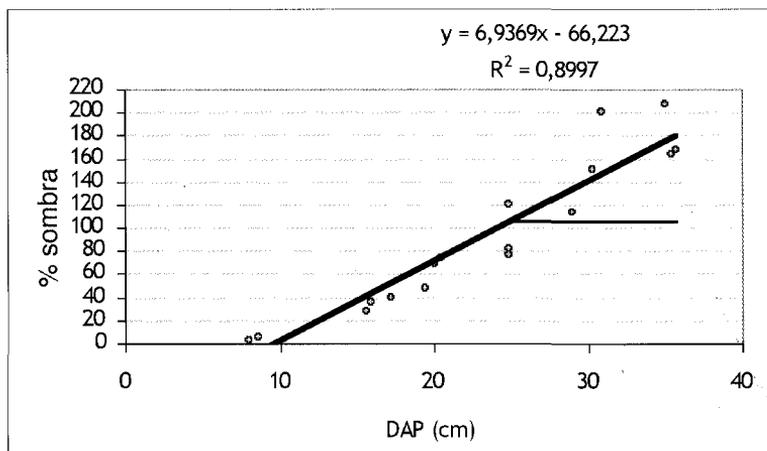
Clon I - 214



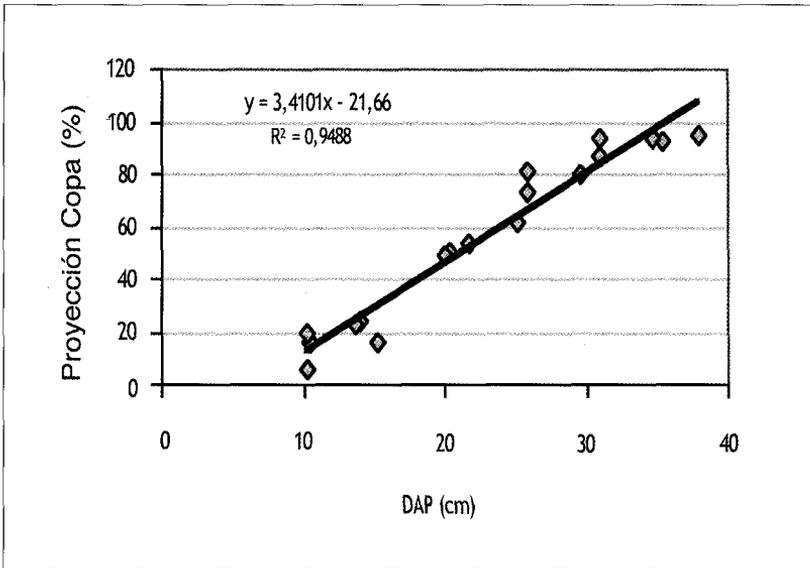
Clon I - 63/51

A través de la función generada, se puede determinar que en el clon I-488, por cada 1 cm que aumenta el DAP, la proyección de la copa aumenta en 1,59 m<sup>2</sup>. Se debe considerar que con un diseño de plantación de 6 x 6, cada árbol posee un espacio de 36 m<sup>2</sup> y que con DAP superiores a 30 cm, sus ramas se entrecruzan dificultando el paso de luz al espacio intercalar, originando un sombreado que sin duda, afectará el comportamiento de los cultivos asociados.

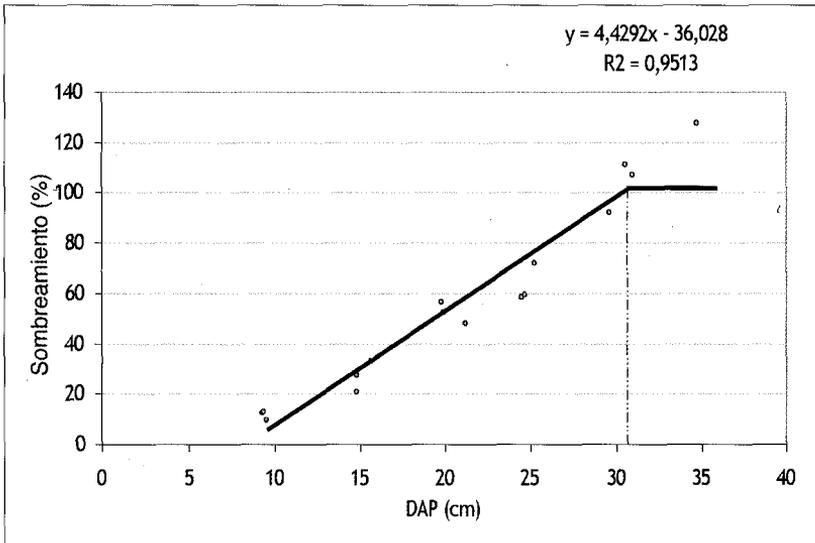
Para un mejor entendimiento de lo que implica la cobertura de la copa, en las siguientes figuras, se presenta una relación entre el crecimiento en DAP y la cobertura de la copa en porcentaje, de acuerdo al área total que dispone cada árbol.



Clon I - 488



Clon I - 214



Clon I - 63/51

De estas figuras se puede inferir, que el sombreado originado, especialmente en los períodos de primavera y verano, está determinado por el crecimiento de los álamos en DAP. De la ecuación se desprende que por cada cm que aumenta el DAP, para el caso del clon I-488, el sombreado originado por la cobertura de la copa aumenta en 4,3% promedio, en relación con la superficie total que ocupa cada árbol sobre el campo.

De esta manera, se puede observar que en los DAP inferiores a 15 cm, la proyección de la copa es de 10 m<sup>2</sup> y ocupa hasta el 30% del área destinada para cada árbol, lo cual confirma que en los primeros años del rodal, se pueden intercalar cultivos agrícolas. Esta situación queda ratificada, por los trabajos realizados, en los cuales, cultivos de invierno tales como, trigo, avena, coliflor, haba, arveja, no tienen problemas, para integrar un sistema agroforestal con álamos alcanzando rendimientos similares a los obtenidos bajo condiciones normales de cultivo, al igual que algunas especies de primavera y verano como, lechuga y tomate. Al mismo tiempo, con DAP cercanos a 15 cm, es decir con un sombreado entre el 25-30%, algunas especies presentan dificultades para su normal desarrollo, es así como la cebolla que posee altos requerimientos de fotoperíodo, no alcanza una bulbificación adecuada, logrando solo calibres no comerciales; por otro lado especies como el maíz y poroto, que tienen alto requerimiento de luminosidad, desarrollan una pobre estructura foliar, disminuyendo sus rendimientos en aproximadamente 25%.

Entre los DAP 15 y 25 cm se alcanza una cobertura del follaje, que fluctúa entre 11 y 27 m<sup>2</sup>, con un porcentaje de sombreado entre 30-75%, con lo cual se estima que gradualmente se incrementarían las restricciones para establecer cultivos intercalares.

Probablemente se podrán incorporar al sistema agroforestal solo algunas especies de crecimiento invernal, donde en la medida que el sombreado se acerque al 70%, se privilegien solo praderas, también de crecimiento invernal, situación que requiere de más investigación.

Con DAP superiores a 25 cm, es decir, con un cubrimiento de la cobertura foliar mayor al 75%, del espacio intercalar, ya la copa de los árboles abarca sobre los 27 m<sup>2</sup>. Lo anterior reduce notablemente la luz PAR, llegando a nive-

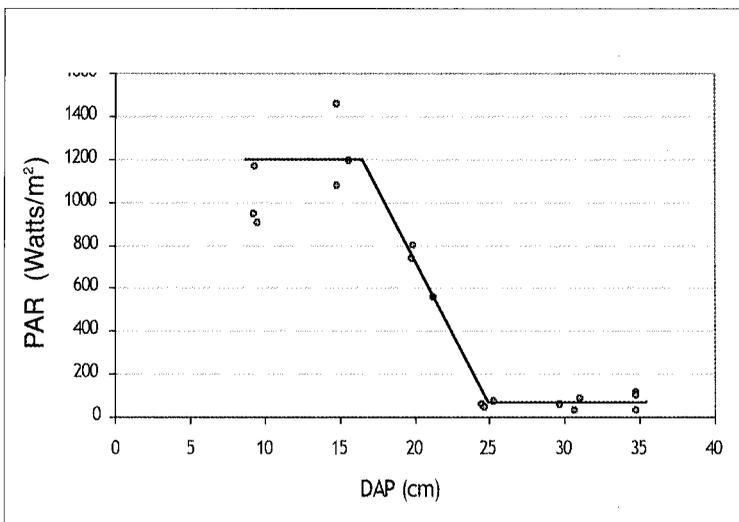
les menores a  $100 \text{ watt/m}^2$ , en los DAP superiores a 30 cm que corresponden por ejemplo en la VI Región a árboles de entre 6 a 9 años, lo que implica que las especies que se podrían establecer se reduzcan drásticamente, a tal punto de que solo se puedan intercalar praderas de crecimiento invernal, tal como se comentó anteriormente.

Se puede indicar además que cuando los árboles alcanzan un DAP de aproximadamente 30 cm, la cobertura de la copa y su proyección determinan, cuando el sol cae perpendicularmente sobre el suelo, una sombra que equivale al 100% del espacio intercalar. Incluso con DAP superiores, las ramas laterales empiezan a interactuar con el follaje de los árboles vecinos, extendiéndose más allá del área que le corresponde a cada árbol.

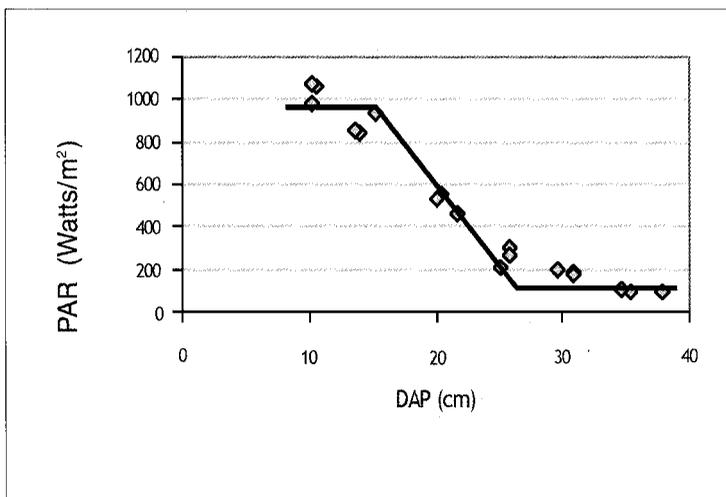
### **Relación entre el DAP y la radiación fotosintéticamente activa (PAR)**

La incidencia de la luz fotosintéticamente activa (PAR), en el espacio intercalar, está estrechamente ligada al área foliar de los árboles, a través de la intercepción de luz que hacen las hojas, y por lo tanto, al grado de sombreado que se produce bajo la copa de los árboles, determinando directamente la posibilidad de integrar algún cultivo agrícola, para desarrollar un sistema agroforestal.

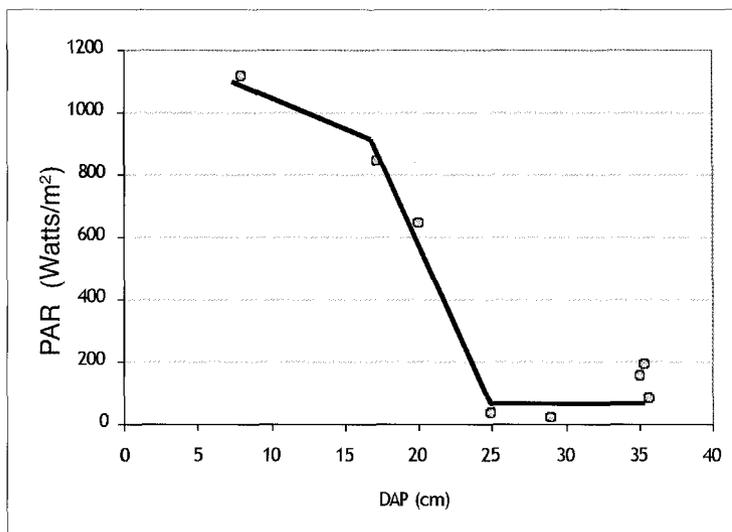
Las mediciones de luz PAR realizadas en este estudio, se presentan en las siguientes figuras, en donde, a través de una media móvil, se pudo demostrar que en la medida que los árboles van creciendo, es decir, en la medida que aumenta el DAP, la luz PAR va disminuyendo, debido a que los árboles van adquiriendo una mayor cobertura.



Clon I - 488



Clon I - 214



Clon I - 63/51

De estas figuras, se pueden observar tres segmentos claramente definidos. En el primero se agrupan los DAP menores a 15 cm, que corresponden en la zona central, a árboles de 3-4 años de edad, en los cuales existe una luminosidad promedio de 1.200 watt/m<sup>2</sup>, suficiente para el desarrollo de cualquier cultivo.

Por lo tanto, se puede inferir, que desde plantación hasta que los árboles alcanzan un DAP de 15 cm, es decir los 2 a 3 primeros años, es posible intercalar cualquier cultivo, tanto en invierno como en la época estival, a excepción de algunas especies de altos requerimientos fotoperiódicos y lumínicos.

El segundo segmento, definido entre los DAP 15 - 25 cm, que corresponden a árboles entre 4 a 6 años, en la zona central, bajo los cuales existe una luminosidad de entre 1000 y 200 watt/m<sup>2</sup>. Las condiciones de luminosidad disminuyen drásticamente, estimándose que las alternativas de cultivos intercalares, puede disminuir hasta el punto de solo permitir el desarrollo de cultivos de

crecimiento invernal, como por ejemplo, trigo, avena, arveja, haba etc., durante la tercera y cuarta temporada de crecimiento de los álamos, es decir con DAP entre 15-20 cm. Luego con DAP cercanos a 25 cm, el sistema puede quedar restringido, exclusivamente a praderas de crecimiento invernal, las cuales se recomiendan establecer solo hasta el 6º año desde la plantación. Entre las especies posibles de integrar al sistema se pueden mencionar: trébol alejandrino, ballicas anuales y bianuales, avena y pasto ovillo.

En el último segmento, o sea, desde el DAP 25 cm y hasta cosecha que corresponden en la VI Región a álamos de entre 6-9 años aproximadamente, las condiciones de luminosidad son tan precarias, menores a  $100 \text{ watt/m}^2$ , que solo permitirían el desarrollo de praderas naturales o artificiales que quedaron de siembras anteriores al 6º año como se explicó anteriormente, ya que las ramas de los álamos, con DAP superiores a 25 cm, cubren la totalidad del espacio, e impiden el paso de la cantidad necesaria de luz para que los vegetales fotosinteticen, puesto que la mayoría de las especies detienen su desarrollo vegetativo cuando la iluminación está por debajo de  $50 \text{ watt/m}^2$ .

## **Recomendación**

Las posibilidades de establecer cultivos en el espacio intercalar de álamos bajo un diseño de plantación de  $6 \times 6 \text{ m}$ , están directamente relacionadas con el crecimiento de los árboles, ya que el área foliar es proporcional al sombreadamiento y por consiguiente al grado de extinción de luz en el espacio intercalar. En efecto, desde el establecimiento del bosque, hasta que los árboles alcanzan un DAP de 10 cm, se puede esperar que no existan limitaciones para ningún cultivo, tanto bajo condiciones de primavera-verano, como de invierno. Entre los DAP 10 y 15 cm, no se aprecian limitaciones para cultivos de invierno, mientras que en primavera-verano, se ven restringidas algunas especies con altos requerimientos fotolumínicos o bien, sensibles al fotoperíodo. Finalmente, a partir de los DAP 15 y 25 cm, se podrían esperar

severas restricciones para el establecimiento de los cultivos, prosperando sólo los de crecimiento invernal. Mientras que con DAP superiores a 25 cm y hasta la cosecha de los álamos, con DAP entre 35-40 cm, la reducción de luz es tan severa que sólo se podría esperar el desarrollo de praderas de invierno, para transformar el sistema agroforestal en un sistema silvoagropecuario, con la incorporación de ganado.

# Comportamiento de la luz fotosintéticamente activa en el área intercalar

*Francisco Tapia F.*

*Gabriel Bascur B.*

Primero debe indicarse que la luz fotosintéticamente activa, PAR, corresponde a la fracción del espectro solar que está en el rango de 400-700 nm, valores entre los cuales se produce el proceso de la fotosíntesis en los vegetales.

Por otra parte, es importante enfatizar que un sistema agroforestal se puede definir como una asociación de especies arbóreas y herbáceas, donde para este caso, una de ellas es el álamo, y las otras corresponden a distintos cultivos hortícolas, de cereales y forrajeras, que se establecen en el espacio intercalar y que de acuerdo al arreglo espacial de los álamos, representa una superficie de un 83,33%, mientras que el resto, es decir el 16.67% corresponde a los árboles.

De esta manera, se puede evidenciar que el comportamiento de los cultivos que se desarrollan en el espacio intercalar, va a depender directamente de la luz fotosintéticamente activa incidente sobre éstos y por tanto, este fenómeno se relacionará con la edad y área foliar de los álamos y con la extinción de luz en el sotobosque.

Para el caso de la VI Región, se midió la luz PAR incidente en el exterior e interior del bosque de álamos, a partir de la tercera temporada de crecimiento, en noviembre de 1999 y hasta el término de la cuarta temporada, en junio de 2001. Se iniciaron las mediciones en la tercera temporada, debido a que el proyecto inició sus trabajos con cultivos intercalares, en la zona de Coinco, precisamente en esa temporada.

La metodología seguida para la medición de la luz PAR, se basó en el uso de un instrumento denominado Ceptómetro, que corresponde a una barra

solarimétrica que mide esta fracción del espectro lumínico y la expresa en  $\text{watt/m}^2$ . Para estos efectos, en un día despejado de cada mes, durante el período descrito, se evaluó la luz incidente en el exterior del bosque y en el espacio intercalar. Esta medición correspondió a evaluaciones realizadas cada una hora, durante el período de luz.

De las evaluaciones de luz PAR, tanto de la incidente en el exterior del bosque, como de aquellas que inciden el espacio intercalar de éste, se pudo construir las siguientes curvas que representan la variación de la luz fotosintéticamente activa a través del tiempo y la extinción de luz en el espacio intercalar, que corresponde a la interferencia real que ejercen los álamos hacia el interior del bosque.

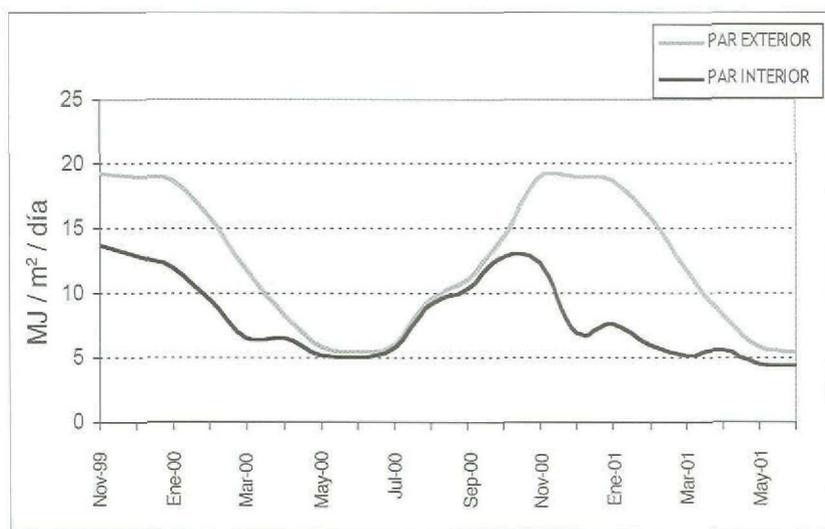


Figura 1. Evolución de la luz PAR incidente en el exterior e interior de un bosque de álamos. Clon I-488, Coinco, VI Región.

En la Figura 1 se puede observar que la luz PAR que incide sobre el bosque de álamos, en la zona de Coinco, VI Región, presenta una evolución que se relaciona marcadamente con las estaciones del año. En efecto, en los períodos de primavera verano, comprendido entre noviembre y enero, se alcanzan las máximas magnitudes de este parámetro, con aproximadamente 19  $\text{mj}/\text{m}^2/\text{día}$ , en promedio; por el contrario, en el período invernal, que corresponde a los meses de junio y julio, se evidencia los menores valores para luz PAR incidente, llegando a aproximadamente 5  $\text{mj}/\text{m}^2/\text{día}$ , promedio, es decir, se alcanza por razones de orden exclusivamente geográfico (latitud), una disminución de la luz PAR, de un 73,7% en relación a la luz incidente en verano. En los períodos intermedios entre ambas situaciones comentadas, se producen cambios drásticos en la luz incidente. Así, de febrero a mayo, se evidencia una disminución lineal de la luz PAR, desde los valores máximos a los mínimos; por el contrario desde julio a noviembre, se observa un incremento lineal de la luz incidente, entre los valores mínimos alcanzados en invierno, a los máximos.

Para el caso de la luz PAR, incidente en el espacio intercalar, es decir luego de ser filtrada por el bosque, se evidencian variaciones estacionales y también variaciones entre las temporadas de crecimiento de los álamos. En relación a las primeras se puede indicar que las máximas radiaciones que inciden sobre el espacio intercalar se producen al término de la primavera, con aproximadamente 13  $\text{mj}/\text{m}^2/\text{día}$ , en el mes de noviembre; mientras que las mínimas se producen en el mes de junio, con aproximadamente 5,3  $\text{mj}/\text{m}^2/\text{día}$ .

Respecto de las variaciones que se producen entre las temporadas de crecimiento de los árboles, claramente se aprecia una disminución en los valores máximos alcanzados al comparar la temporada 1999/2000 y 2000/2001; igual situación se presenta al observar los valores mínimos. Esto se puede atribuir a que los álamos en la última temporada de crecimiento presentaron un mayor desarrollo de su área foliar por una mayor cantidad de hojas lo que genera una mayor interceptación de luz en los períodos de primavera verano. Del mismo modo, como consecuencia de este crecimiento se produce un aumento en la altura y DAP que se transforma en un mayor sombreado por efecto de la madera producida; sin embargo la magnitud de esta interceptación (invierno) es menor en comparación a la producida en primavera verano.

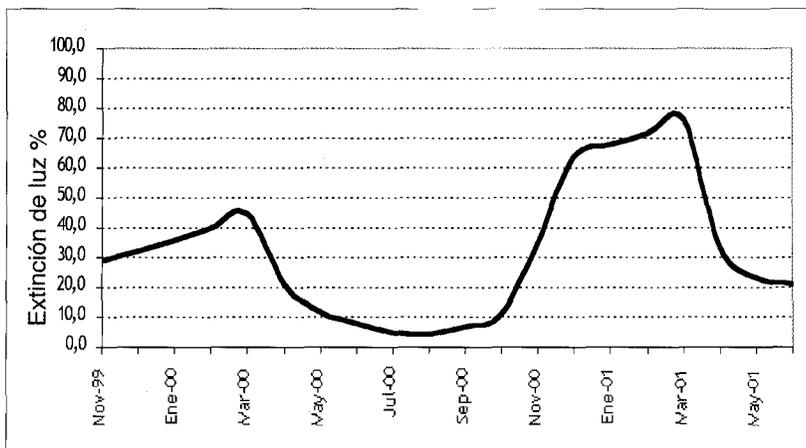


Figura 2. Extinción de luz PAR (%), en el espacio intercalar de álamos de 3-4 años. Clon I-488, Coinco, VI Región.

Al relacionar la luz incidente que llega al interior del bosque en el área intercalar, luego de pasar por el filtro que representa el área foliar, tronco y ramas de los árboles, se puede observar en la Figura 2 que, tal como para la luz PAR, se aprecian dos áreas bien definidas. La primera corresponde al período de primavera-verano y la segunda a otoño -invierno; en efecto, en el primer caso se observa que la reducción de luz se hace máxima, en el mes de marzo, mientras que los valores menores se presentan en agosto, con una reducción de sólo un 4%.

Por otra parte, al comparar las dos temporadas de estudio, se puede indicar que también se observan diferencias en ambas áreas de la curva, ya definidas. Así en el período de primavera verano, de árboles de 2-3 años, la extinción de luz fluctúa entre un 30% en noviembre a un 45% en marzo, que resulta inferior a lo observado en ese mismo período con árboles de 3-4 años, donde la reducción de luz se incrementa a valores que oscilan entre 68% y 76% respectivamente, es decir de una temporada a otra la extinción de luz aumenta en aproximadamente un 35%, por efectos de un mayor incremento de la biomasa. Este mismo efecto se observa en el período invernal, pero en menor grado, debido a que la luz incidente es menor y porque fundamentalmente los árboles se encuentran en receso, sin hojas. De esta manera, se evidencia un incremento de una temporada a otra de solo 12 a 13%.

En definitiva, se puede indicar que en la medida que el bosque va creciendo e incrementado su biomasa, se va restringiendo la luz incidente en el espacio intercalar, y por tanto las posibilidades de establecer cultivos asociados se relaciona directamente con la cobertura foliar de los álamos.



- Extinción de luz en el área intercalar.

# Efecto de las hojas del álamo sobre las propiedades químicas del suelo y germinación de cultivos anuales intercalares

*Gabriel Bascur B.*

*Francisco Tapia F.*

Junto con determinar la cantidad de materia seca y el contenido de nutrientes que los álamos están devolviendo al sistema mediante la caída de hojas, se desarrolló un estudio para evaluar el efecto que pueden tener en las propiedades químicas del suelo, así como también en el proceso de la germinación y emergencia de plántulas de cultivos que se establecen en el espacio intercalar del sistema agroforestal.

Con este propósito, en el Fundo La Campana, Coinco, VI Región, se cosecharon las hojas caídas de los árboles mediante recolectores instalados en una superficie conocida del bosque, material que posteriormente fue procesado para cuantificar la materia seca y, mediante análisis foliar, determinar los principales nutrientes y sus niveles presentes en las hojas.

Complementario a esto, se procedió a extraer suelo del bosque de álamos, plantado en un diseño de 6 x 6m, que permitió conformar tres sustratos bajo distintas condiciones de manejo de las hojas caídas en el espacio intercalar, y mediante análisis de suelo se determinó el efecto sobre las propiedades químicas de éste. Posteriormente, bajo condiciones controladas de invernadero, se evaluó la incidencia en distintos factores relacionados con el establecimiento de cultivos anuales por semillas. Para poder determinar la existencia de los posibles efectos se compararon con un suelo testigo, sin presencia de álamos.

## Cuantificación y contenido de nutrientes en las hojas de álamos

La cantidad total de hojas obtenida del sistema agroforestal estudiado (después de su tercera temporada de crecimiento) fue de 2,2 toneladas de materia seca por hectárea, lo que representa un importante aporte de materia orgánica al sistema, si se compara con estudios efectuados en álamos de la misma edad, en Ohio, EE.UU., en donde se obtuvo un total de 750 kg/ha de biomasa foliar. Sin embargo, al comparar este valor con los correspondientes a la cantidad de residuos dejados por distintos cultivos en el sistema agroforestal, se puede considerar bajo, puesto que éstos superan ampliamente a lo obtenido en álamos.

Respecto de los nutrientes, según los resultados del Cuadro 1, el macroelemento que se presenta en mayor cantidad es el Calcio, seguido de Nitrógeno y Potasio, con rangos que varían entre 67 y 24 kg/ha. Los macronutrientes que se encuentran en menor proporción, en orden decreciente, corresponden a Magnesio, Fósforo y Sodio.

Cuadro 1. Contenido de macro y microelementos de hojas senescentes de álamos en un sistema agroforestal. Coinco, 2000.

		MACROELEMENTOS					
		N	P	K	Ca	Mg	Na
Base a 100 grs.		1,47%	0,12%	1,09%	3,03%	0,38%	0,41ppm
Base 2,2		32,34	2,53	23,87	66,66	8,36	0,001
Ton/ha		Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
		MICROELEMENTOS					
		Fe	Zn	Mn	Cu	B	
Base a 100 g		190ppm	43ppm	64ppm	11,5ppm	184ppm	
Base 2,2		0,42	0,09	0,14	0,03	0,41	
Ton/ha		Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	

Para el caso de los micronutrientes, Boro y Hierro presentan los más altos contenidos, con un valor aproximado de 0,4 kg/ha. El Cobre, por su parte, presenta el nivel más bajo con un total de 0,03 kg/ha.

Se debe dejar establecido que estos valores corresponden a la cantidad de nutrientes presentes en las hojas al momento de su caída y no a la cantidad que estaría disponible en el suelo después del proceso de descomposición.

## Efecto de la caída de hojas sobre algunas propiedades químicas del suelo

Las hojas senescentes y los rastrojos de cosecha que se incorporan al suelo, son la base para enriquecerlo; estos residuos son descompuestos gradualmente por distintos microorganismos produciéndose un reciclaje de muchos elementos y compuestos que terminan por modificar las propiedades químicas y la fertilidad de un suelo.

## Efecto sobre la fertilidad

Los resultados de los análisis de fertilidad realizados a los cuatro sustratos que se presentan en el Cuadro 2, muestran que el potasio es el elemento que se encuentra en mayor cantidad, sin embargo, en los sustratos donde no hay presencia de hojas su contenido es mayor.

Cuadro 2. Contenido de macroelementos para tres suelos provenientes de un bosque de álamos con y sin presencia de hojas y un suelo sin álamos. Coinco, 2000.

SISTRATOS	MACROELEMENTOS					
	N ppm	P ppm	K ppm	Ca cmol(+)/Kg	Mg cmol(+)/Kg	Na cmol(+)/Kg
Con hojas/Suelo arado	11	9	124	24,35	3,8	0,69
Con hojas/Suelo sin arar	18	6	110	28,97	4,21	0,7
Sin hojas/Suelo sin arar	14	7	192	23,28	3,45	0,69
Suelo sin álamos	9	7	180	22,18	5,32	1,9

Para el caso del nitrógeno, su nivel es bastante más bajo que el potasio y se concentra en mayor proporción en los sustratos donde no hay movimiento del suelo, sin embargo, el contenido es mayor para el caso en que hay presencia de hojas. En los suelos donde hubo laboreo, como el suelo con hojas y el sin álamos, los niveles de nitrógeno son los más bajos, ya que se trata de un elemento móvil y que debido al movimiento del suelo se distribuye en todo el perfil bajando su concentración en la estrata superior (20 cm), donde se tomaron las muestras para el análisis.

Respecto del fósforo, su contenido es bastante bajo y no existen diferencias entre los distintos sustratos, debido a que el contenido de este elemento en las hojas es muy bajo y por tanto no tiene mayor efecto en el suelo.

En general, los valores de Calcio y Magnesio son altos y se detecta una diferencia marcada en la cantidad de Sodio del testigo, respecto de los sustratos provenientes del sistema agroforestal (Rojas, 2001)<sup>1</sup>.

Con el propósito de poder dimensionar lo que representan las cantidades de estos elementos en los distintos sustratos, se hace necesario conocer los requerimientos de las especies o cultivos que se incorporan en el sistema agroforestal. Es así como la mayoría de los cultivos anuales (trigo, maíz, arvejas, poroto, habas, entre otros) tienen requerimientos que se sitúan entre los 100 y 250 kg/ha para nitrógeno, entre 20 y 90 kg/ha de fósforo y entre 50 y 300 kg/ha para potasio.

Si se asume que los primeros 20 cm del suelo pesan 2.700 ton/ha, la cantidad de nutrientes que aporta el suelo del sistema agroforestal, con la normal acumulación de hojas y su posterior incorporación al sistema mediante labranza (sustrato con hojas, suelo arado), al momento del establecimiento de los cultivos, equivalen a 29,7 kg N/ha, 24,3 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 334,8 kg K<sub>2</sub>O/ha, valores que están muy por debajo de los requeridos por los cultivos y que claramente están indicando que se deben efectuar fertilizaciones artificiales para nitrógeno y fósforo; no así para el caso de potasio donde los valores son adecuados.

Para el caso de los microelementos los valores obtenidos (Cuadro 3) indican que Hierro, Manganeso, Cobre y Boro son considerados valores altos para un suelo característico de la Zona Central. (Rojas, 2001)<sup>1</sup>.

Los valores de Zinc, en cambio, aparecen bajos para los sustratos extraídos del sistema agroforestal, y medio para el testigo. Sin embargo, no se observa una tendencia clara para ninguno de los microelementos analizados en los diferentes tipos de sustratos, con excepción del suelo con hojas y arado, que presentó los valores más bajos para Zn, Mn y B; en cambio, para estos mismos elementos el suelo testigo (suelo sin álamos), presentó los más altos valores. (Rojas, 2001)<sup>1</sup>.

Cuadro 3. Contenido de microelementos para tres suelos provenientes de un bosque de álamos con y sin presencia de hojas y un suelo sin álamos. Coinco, 2000.

SUSTRATOS	MICROELEMENTOS				
	Fe <i>ppm</i>	Zn <i>ppm</i>	Mn <i>ppm</i>	Cu <i>ppm</i>	B <i>ppm</i>
Con hojas/Suelo arado	19,3	0,26	5,1	12,7	3,41
Con hojas/Suelo sin arar	70,9	0,32	9,6	18,3	4,18
Sin hojas/Suelo sin arar	15,7	0,28	5,2	13,9	3,98
Suelo sin álamos	28,8	0,74	6,5	10,7	4,98

Según antecedentes existentes para la serie Cachapoal, boro sería el único micronutriente estudiado que se encontraría en proporciones más bajas a lo obtenido en el sistema agroforestal. Los demás microelementos se encontrarían en cantidades más altas.

### **Efecto sobre la materia orgánica, el pH y la conductividad eléctrica del suelo.**

En general, para estas dos características no se observan tendencias asociadas a los sustratos. Los valores del Cuadro 4 no muestran mayores diferencias para la materia orgánica entre los sustratos, con excepción del suelo con hojas sin arar que presentó el porcentaje más alto; esto debido probablemente a que las hojas se acumulan en la superficie y al no haber movimiento del suelo se produce un proceso muy lento de descomposición concentrado en el perfil

[1] Carlos Rojas W. Ingeniero Agrónomo, Santiago, Chile, 2001. (Comunicación personal).

superior del suelo. Por otra parte, en los otros casos, por el movimiento del suelo y/o la presencia de hojas distribuidas en todo el perfil arable, se aceleró el proceso de descomposición, en el período transcurrido desde la caída de las hojas (abril) hasta el momento de hacer la evaluación (octubre) volviendo el suelo a sus valores normales y característicos, que son similares al testigo sin álamos.

Cuadro 4. Variación del contenido de materia orgánica, pH y conductividad eléctrica para tres suelos provenientes de un bosque de álamos con y sin presencia de hojas y un suelo sin álamos. Coinco, 2000.

SUSTRATOS	MATERIA ORGÁNICA %	pH
Con hojas/Suelo arado	3,3	8,7
Con hojas/Suelo sin arar	4,9	8,3
Sin hojas/Suelo sin arar	3,6	8,6
Suelo sin álamos	3,8	8,4

Para el caso del pH, el rango de variación observado entre los sustratos fue aún menor, lo que corrobora que esta característica es muy difícil de modificar; sin embargo, se observa que los sustratos de mayor contenido de materia orgánica presentan menores valores de pH lo que significa una menor alcalinidad del suelo.

Respecto a la conductividad eléctrica, los valores obtenidos para todos los sustratos provenientes de suelos con álamos fueron muy similares, pero inferiores al suelo testigo sin álamos. Los valores para los sustratos variaron entre 0,7 y 0,9 dS/m, los que no se consideran limitantes para el establecimiento y normal desarrollo de cultivos.

### **Efecto de la caída de hojas sobre la germinación y emergencia de algunos cultivos**

El ensayo de germinación tuvo por objeto determinar la capacidad de una muestra de semillas para producir plántulas normales en condiciones genera-

das por los diferentes tipos de sustratos, de tal manera de poder establecer si existen efectos positivos o negativos que puedan alterar el proceso de germinación y emergencia de los cultivos a establecer en el sistema agroforestal.

Para evaluar el comportamiento de los distintos sustratos se utilizaron como indicadores el porcentaje de germinación y vigor de semilla; para esto se evaluó el número total de plantas normales emergidas, índice de velocidad de emergencia (IVE), y producción de materia seca en siete cultivos que se establecen por semilla.

Cuadro 5. Efecto de tres suelos provenientes de un bosque de álamos con y sin presencia de hojas y un suelo sin álamos, sobre el porcentaje de germinación de distintos cultivos anuales. La Platina, 2001.

	SUSTRATOS			
	Con hojas Suelo arado	Con hojas Suelo sin arar	Sin hojas Suelo sin arar	Suelo sin álamos
ARVEJAS	32,25	26,25	27,5	52,5
AVENA	91,25	95	95,5	93,5
HABAS	87,25	85,75	81,5	85,25
MAÍZ	91	91,5	90,75	93
POROTO	56,5	47	44	60,25
TRIGO	92,25	82,5	80	49,25
VICIA	96,75	96,5	95,75	97

Al analizar el comportamiento de las distintas especies en los diferentes sustratos, de acuerdo a los valores presentados en el Cuadro 5, existen especies como vicia, maíz, habas y avena que su germinación fue la misma en cualquier sustrato proveniente de suelo con álamos y también en el suelo sin álamos, lo que indica que el porcentaje de germinación no es afectado por el tipo de sustrato. A su vez, en las especies de arvejas, poroto y trigo se observa un efecto distinto de los suelos provenientes del sistema agroforestal, que en el caso de las especies leguminosas (arveja y poroto), la germinación se reduce al comparar los valores con el suelo sin álamos. Esto significa que, de alguna manera, la presencia de los árboles y/o de sus hojas están interfiriendo negativamente el proceso de germinación. En el caso del trigo se observa el efecto contrario, es decir que el sistema agroforestal está favoreciendo la germinación ya que sus valores son mayores que para el caso del suelo sin álamos.

La germinación no determina el número potencial de plantas que se pueden obtener a partir de las semillas, por lo que también es importante conocer la capacidad de esas semillas de generar plantas vigorosas y sanas. Para determinar el vigor de las plántulas emergidas se evaluó el número de plantas normales, el índice de velocidad de emergencia y el peso seco de las plántulas para los distintos sustratos, en cada cultivo.

Según los resultados del Cuadro 6, los sustratos provenientes del sistema no afectaron el número de plantas normales en avena, haba, maíz y vicia al compararlos con el suelo sin álamos. Por el contrario, en arveja, poroto y trigo se determinaron dos tipos de efectos: el primero que correspondió a una reducción del número de plantas normales en aquellos sustratos con presencia de álamos, en arveja y poroto, y el segundo, en el caso del trigo, donde los suelos provenientes del sistema agroforestal provocan un efecto positivo sobre el número de plantas normales.

Estos resultados están indicando que la presencia ya sea de los álamos o de las hojas en el suelo, están ejerciendo un efecto que puede ser positivo o negativo en el vigor de las plántulas, representado en este caso por el número de plantas normales para las especies de arveja, poroto y trigo. En el resto de las especies evaluadas no se evidencia ningún tipo de efecto.

Otro parámetro que también permite definir y específicamente cuantificar el vigor de las plantas es el índice de velocidad de emergencia (IVE), que relaciona el número de plántulas emergidas en función del tiempo, es decir los días desde siembra a la aparición de las plantas sobre la superficie del suelo; por lo tanto en una misma especie a mayor IVE más vigorosa es su semilla.

Cuadro 6. Efecto de tres suelos provenientes de un bosque de álamos con y sin presencia de hojas y un suelo sin álamos, en el porcentaje de plántulas normales emergidas en siete cultivos. La Platina, 2001.

	SUSTRATOS			
	Con hojas Suelo arado	Con hojas Suelo sin arar	Sin hojas Suelo sin arar	Suelo sin álamos
ARVEJAS	29,5	25,75	27	51,75
AVENA	91,25	95	95,5	93,5
HABAS	87,25	85,75	81,5	85,25
MAÍZ	91	91,5	90,75	93
POROTO	42,5	38,5	31,5	50
TRIGO	92,25	82,5	80	49,25
VICIA	96,75	96,5	95,75	97

Los resultados obtenidos para el IVE se presentan en el Cuadro 7, donde se observa que solo los cultivos de haba y vicia no presentaron efecto del tipo de sustrato en este parámetro, en relación al testigo sin álamos. En las otras especies se observan efectos distintos, donde los sustratos provenientes del sistema ejercen un efecto negativo sobre el IVE al compararlo con el testigo sin árboles, como sería el caso de la arveja, maíz y poroto.



- Hojas de álamos en el espacio intercalar.

Cuadro 7. Efecto de tres suelos provenientes de un bosque de álamos con y sin presencia de hojas y un suelo sin álamos, en el índice de velocidad de emergencia (IVE), en siete cultivos. La Platina, 2001.

	SUSTRATOS			
	Con hojas Suelo arado	Con hojas Suelo sin arar	Sin hojas Suelo sin arar	Suelo sin hojas
ARVEJAS	27,39	26,46	22,47	45,15
AVENA	73,09	88,62	86,45	75,04
HABAS	44,4	42,01	45,69	40,58
MAÍZ	77,7	83,14	75,12	88,53
POROTO	34,64	29,85	28,45	40,63
TRIGO	86,45	82,32	80,79	44,36
VICIA	81,63	83,3	82,41	84,27

Por otra parte, los resultados también muestran un efecto positivo de los sustratos del sistema agroforestal en el IVE de especies como avena y trigo al presentar mayores valores que el suelo sin álamos. Esto significa que en la mayoría de las especies evaluadas, el vigor de la semilla, cuantificado a través del índice de velocidad de emergencia, es afectado por el componente forestal del sistema.

Finalmente, el peso de la materia seca de las plántulas representa el crecimiento alcanzado a un momento determinado, lo que se relaciona directa-

mente con su vigor. En el Cuadro 8 se presenta el peso de la materia seca de cada una de las especies con los distintos sustratos provenientes del sistema agroforestal.

Cuadro 8. Efecto de tres suelos provenientes de un bosque de álamos con y sin presencia de hojas y un suelo sin álamos, en la acumulación de materia seca en siete cultivos. La Platina, 2001.

	SUSTRATOS			
	Con hojas Suelo arado	Con hojas Suelo sin arar	Sin hojas Suelo sin arar	Suelo sin álamos
ARVEJAS	0,88	0,8	0,74	1,96
AVENA	1,15	1,35	1,37	0,87
HABAS	18,42	16,07	11,42	11,22
MAÍZ	9,4	11,05	8,92	10,52
POROTO	10,85	10,3	9,12	11
TRIGO	1,47	1,52	0,6	1,62
VICIA	2,05	1,5	1,65	1,2

Debido a que lo más importante es determinar el efecto de las hojas de los álamos, en el crecimiento de las plántulas generadas de semillas de distintos cultivos anuales, los resultados del Cuadro 8 son analizados desde el punto de vista comparativo de los sustratos, ya que no tiene sentido agronómico

comparar entre especies o entre combinaciones de especies y sustratos. De acuerdo a esto, la mayoría de las especies no se afectó en su crecimiento después de la germinación por efecto de los álamos o de sus hojas, ya que en todas ellas (arveja, avena, poroto, trigo y vicia) los valores de la materia seca obtenido en cada sustrato no difiere entre ellos ni al compararlos con el testigo sin álamos. Solamente para el caso de habas y maíz se observan diferencias entre los sustratos, sin embargo no es posible establecer una tendencia.

Al analizar todos los parámetros simultáneamente se puede establecer que hay un efecto de los álamos y/o de sus hojas en el proceso de germinación y en el vigor mostrado por las plantas de las distintas especies, ya que paralelo a este estudio, bajo condiciones de laboratorio, se procedió a evaluar la germinación y calidad de las semillas que se utilizaron. Los resultados indicaron que la calidad de éstas, en todas las especies fue muy buena con valores de porcentajes de germinación que variaron entre un 92 y 98%.

Los resultados en conjunto indican que los cultivos evaluados se pueden clasificar en tres categorías de acuerdo al efecto observado en la mayoría de los parámetros. Un primer grupo donde especies como vicia, haba, maíz y avena no se afectan en su germinación y crecimiento por presencia de los álamos. Un segundo grupo en que se observa un efecto negativo de los árboles o de sus hojas en los parámetros evaluados (arveja y poroto). Finalmente, un tercer grupo representado solo por el trigo donde existió un efecto positivo sobre la germinación y el vigor de las plantas.

La reducción de germinación y vigor mostrado por estas especies puede compararse con los resultados de estudios realizados en la India, en donde la germinación, altura de plantas y biomasa mostraron una reducción entre un 10 a un 30% en diferentes especies asociados a suelos con presencia de *Populus deltoides*. En ese ensayo se comprobó que las reducciones observadas en los distintos cultivos eran atribuibles a compuestos fenólicos fitotóxicos encontrados en las hojas de álamos y en su posterior descomposición e incorporación a la materia orgánica del suelo.

# Evolución de algunas propiedades químicas del suelo en un sistema agroforestal álamo - cultivo

*Gabriel Bascur B.*

*Francisco Tapia F.*

Considerando que junto con el establecimiento de las distintas alternativas de cultivos, en el tiempo se fueron conformando sucesiones de cultivos para un mismo suelo, y como a cada cultivo se le dio un manejo técnico de acuerdo a sus requerimientos nutricionales básicos, se hizo un análisis de la variación del contenido de macronutrientes del suelo así como también sobre la materia orgánica y el pH, mediante muestreos de los primeros 25 cm del perfil de suelo.

En el Cuadro 1 se detallan las distintas secuencias de cultivos que se establecieron en el bosque de álamos desde mayo del 1999 hasta abril del 2001. Estas secuencias se conformaron de acuerdo a los criterios de un uso intensivo del suelo, aspectos fitosanitarios y facilidad de comercialización de los rubros. Las ocho rotaciones evaluadas fueron el resultado de combinaciones de cultivos anuales y especies hortícolas de invierno y primavera-verano. Las fertilizaciones aplicadas a cada cultivo de cada una de las sucesiones establecidas también se presentan en el Cuadro 1.

Para determinar el efecto de las rotaciones sobre los distintos aspectos relacionados con la fertilidad del suelo se establecieron dos testigos sin cultivos, que correspondieron a un suelo con movimiento permanente mediante arado (Testigo arado) y a un suelo sin movimiento del perfil superficial (Testigo sin arar); ambos testigos no recibieron ningún tipo de fertilización durante todo el período del estudio.

Cuadro 1. Rotaciones de cultivos y sus fertilizaciones con macroelementos establecidas en un sistema agroforestal con álamos. Cainco 1999-2001.

Rotación	Invierno 1999	Primavera - Verano 1999/00	Invierno 2000	Primavera -Verano 2000/01
Rotación 1 Fertilización	Lechuga 120 N 62,5 P	Cebolla 144 N 62,5 P	Trigo 126 N 62,5 P	Lechuga Milanesa 141 N 62,5 P
Rotación 2 Fertilización	Trigo 126 N 62,5 P	Zapallo Italiano 124,5 N 62,5 P	Repollo 142,5 N 62,5 P	Poroto Verde 72,0 N 62,5 P
Rotación 3 Fertilización	Brocoli 142,5 N 62,5 P	Lechuga Milanesa 136,6 N 64,5 P	Papa/Lech. Escarola 120,0 N 62,5 P	Pimiento 129,0 N 62,5 P
Rotación 4 Fertilización	Avena-Vicia 83,89 N 62,5 P	Poroto Granado 72,0 N 62,5 P	Brocoli 142,5 N 62,5 P	Tomate 156,0 N 62,5 P
Rotación 5 Fertilización	Arveja 46,8 N 62,5 P	Maiz Choclero 147,0 N 62,5 P	Avena-Vicia 83,9 N 62,5 P	Zapallo Italiano 111,0 N 62,5 P
Rotación 6 Fertilización	Cebolla 144,0 N 62,5 P	Lechuga Milanesa 136,5 N 54,5 P	Arveja 46,8 N 62,5 P	Lechuga Milanesa 141,0 N 62,5 P
Rotación 7 Fertilización	Coliflor 142,5 N 62,5 P	Lechuga Costina 54,0 N 62,5 P	Haba 46,8 N 62,5 P	Pepino Ensalada 111,0 N 62,5 P
Rotación 8 Fertilización	Haba 46,8 N 62,5 P	Tomate 152,3 N 62,5 P	Lechuga Milanesa 120,0 N 62,5 P	Papa 141,9 N 62,5 P
TESTIGO ARADO CON MOVIMIENTO PERMANENTE DEL SUELO				
SIN FERTILIZACION				
TESTIGO SIN ARAR SIN MOVIMIENTO DEL SUELO				
SIN FERTILIZACION				

## Efecto de los cultivos sobre los macronutrientes del suelo

En cada rotación establecida en el estudio de alternativas de cultivos, se hizo una evaluación de la disponibilidad de los macroelementos N, P y K, mediante análisis de suelos efectuados después de la cosecha de cada cultivo, lo que permitió conocer los niveles de cada nutriente al inicio y final de cada uno.

### Nitrógeno

En la Figura 1 se presenta la tendencia de la variación del nitrógeno del suelo en algunas sucesiones de cultivos con respecto a los dos tratamientos controles, cuyos suelos no tuvieron cultivos.

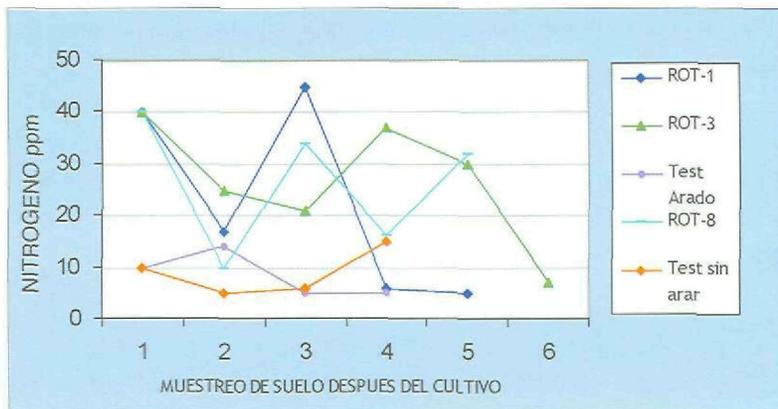


Figura 1. Variación del contenido de nitrógeno del suelo con distintas sucesiones de cultivos en un sistema agroforestal con álamos.

Los resultados obtenidos, categóricamente mostraron una disminución del contenido del nitrógeno al final de cada rotación con respecto al valor inicial, que correspondió al nitrógeno existente en el suelo al momento del establecimiento del primer cultivo, con excepción de la rotación 8 (habas-tomate-lechuga-papa), que presentó un contenido superior a 30 ppm de nitrógeno.

Para el caso de los dos tratamientos sin cultivos (testigos), se observó una leve superioridad para el suelo en que cada cierto tiempo se está haciendo un movimiento del perfil superior del suelo; sin embargo ambos presentaron muy bajo contenido de nitrógeno a partir del segundo ciclo de cultivos, situación que se mantuvo hasta el final del período de estudio, en la cuarta temporada de crecimiento de los álamos.

Por otra parte, en cada sucesión después de cada cultivo se determinó un remanente de nitrógeno en el suelo, que es variable dependiendo de la especie y que en algunos casos como la rotación 8 (habas-tomate-lechuga-papas) presentó niveles similares a los iniciales y muy superiores a los presentes en los suelos sin cultivos.

Esta mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo, que se observa con la presencia de los cultivos, permite suponer que para los álamos indirectamente también habría una mejor disponibilidad de este elemento, ya que por las características de su sistema radicular, éste ocupa todo el perfil del suelo de la entre hilera de los árboles que es donde se sitúan los cultivos, por lo que podrían tener un mejor aprovechamiento desde el punto de vista nutricional al compararlos con los árboles de los testigos en que no hay cultivos, ni fertilización artificial.

## **Fósforo**

En la Figura 2 se presenta la variación del fósforo del suelo para algunas sucesiones de cultivos con respecto a los dos tratamientos controles, cuyos suelos no tuvieron cultivos.

Los resultados obtenidos muestran, para todas las rotaciones establecidas, una marcada tendencia al aumento de los niveles del fósforo presente en el suelo al término de cada rotación. Sin embargo, hay sucesiones que permitieron acumular una gran cantidad de este elemento como el caso de la rotación 1 (lechuga-cebolla-trigo-lechuga) y la rotación 8 (haba-tomate-lechuga-papas) a diferencia de la rotación 3 (brócoli-lechuga-papas-lechuga-pimiento) que presentaron los mismos niveles que al inicio de la rotación. En general, esta

tendencia de no disminuir su disponibilidad en el suelo se debe a que el fósforo es un elemento muy poco móvil y como consecuencia de las fertilizaciones artificiales que se realizan para cada cultivo, se produce una acumulación en el perfil superficial del suelo. Como los requerimientos de cada cultivo son distintos, su aprovechamiento también es diferente, lo que genera las variaciones que se producen en la disponibilidad en el suelo durante el período de cada rotación.

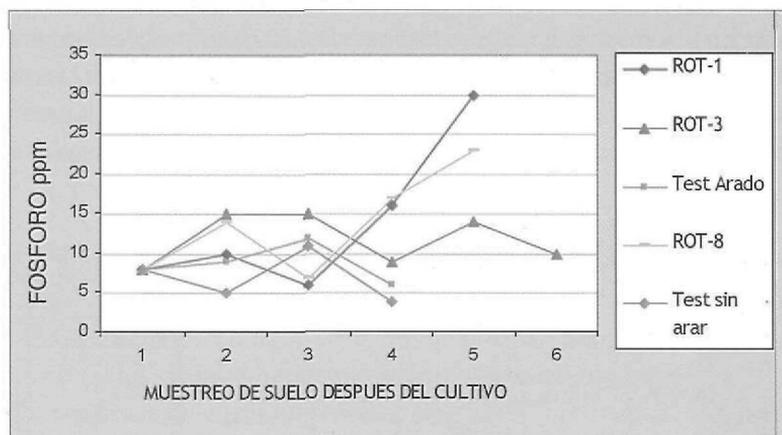


Figura 2. Variación del contenido de fósforo del suelo con distintas sucesiones de cultivos en un sistema agroforestal con álamos.

Para el caso de los suelos sin cultivos (testigos), al final del estudio, se observó una leve disminución en el contenido de fósforo, debido principalmente a que al no haber presencia de cultivos, no hay fertilización con este elemento y, por tanto, no se produce una acumulación en el tiempo, como en el caso de las distintas rotaciones evaluadas.

La acumulación observada en las sucesiones de cultivos permite asegurar una buena disponibilidad de fósforo en forma permanente para los álamos, ya que a través de la fertilización que se le entrega a los cultivos, se está contribuyendo a una disponibilidad creciente de este elemento en el suelo.

## Potasio

En la Figura 3 se presenta la variación del contenido de potasio del suelo para distintas sucesiones de cultivos con respecto a los dos tratamientos controles, cuyos suelos no tuvieron cultivos.

Los resultados obtenidos muestran, en general, una tendencia a la reducción de los niveles de potasio al final de las distintas rotaciones, ya que todas ellas presentaron valores más bajos que los iniciales. La magnitud de esta disminución es variable y depende de los distintos cultivos que conforman las rotaciones. Sin embargo la sucesión más consumidora de potasio fue la rotación 5 (arveja-maíz-avena vicia-zapallo italiano) con una reducción de aproximada-

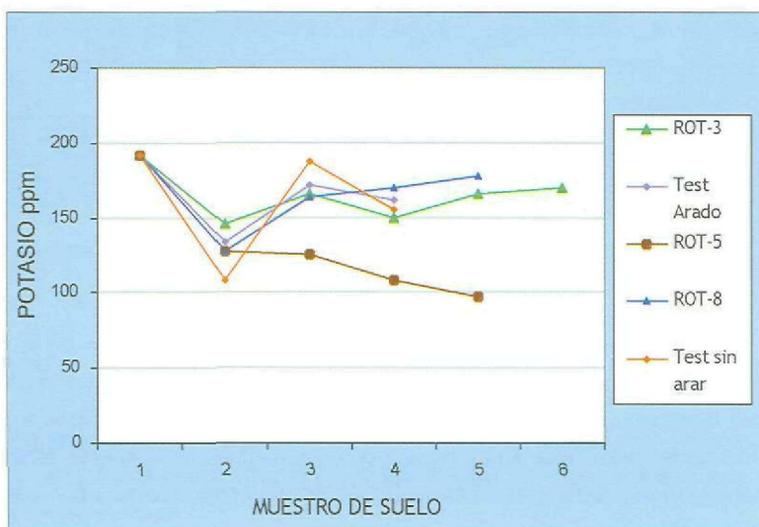


Figura 3. Variación del contenido de potasio del suelo con distintas sucesiones de cultivos en un sistema agroforestal con álamos.

mente 100 ppm, equivalente a la mitad de la disponibilidad inicial. Por el contrario, la que presentó una menor disminución correspondió a la rotación 8 con los cultivos haba-tomate-lechuga-papas.

Al analizar el comportamiento de los suelos sin cultivos, se observó que, si bien es cierto se produce una reducción en el contenido del potasio, ésta es baja ya que sus niveles son levemente inferiores a los iniciales, no observándose diferencias entre ellos de acuerdo a su manejo. Sin embargo, la mayoría de las sucesiones evaluadas provocaron una reducción de mayor magnitud en los niveles de este elemento. Esta situación puede deberse a que normalmente no se realizan fertilizaciones con potasio a los cultivos y como además en el sistema participan los álamos, la demanda aumenta produciéndose una disminución progresiva en el tiempo.

La tendencia observada en el potasio, normalmente no se presentó en los suelos sin cultivos (testigos), lo que estaría indicando que las mayores demandas provienen de los cultivos y no de los álamos. Por lo tanto, se debería considerar en los cultivos intercalares, fertilizaciones con potasio para no reducir el nivel de este elemento en el suelo.

## **Efecto de los cultivos sobre la materia orgánica del suelo**

En la Figura 4 se presenta la variación del contenido de materia orgánica del suelo durante el desarrollo de algunas rotaciones de cultivos y de dos suelos controles (testigos) que no tuvieron cultivos.

En general, al observar las variaciones producidas en el porcentaje de materia orgánica del suelo con distintas rotaciones de cultivos, solo algunas de ellas contribuyeron a aumentar la cantidad final que fue de 4,7% en comparación al valor inicial de 3,8%. De éstas, sólo la rotación 3 (brócoli-lechuga-papa-lechuga-pimiento) superó a los suelos testigos sin cultivos.

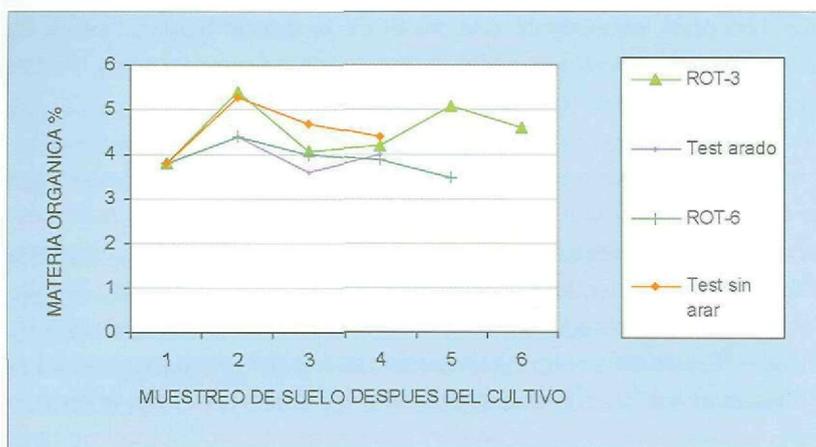


Figura 4. Variación del contenido de la materia orgánica del suelo con distintas sucesiones de cultivos en un sistema agroforestal con álamos.

En el caso del resto de las rotaciones evaluadas, sus porcentajes finales de materia orgánica fueron muy similares y con valores muy próximos a los iniciales. La rotación 6 (cebolla-lechuga-arveja-lechuga) tuvo un efecto negativo ya que su porcentaje final de materia orgánica de 3,5% fue inferior al que presentaba el suelo cuando se inició la rotación.

Como se trata de un sistema agroforestal, el álamo, por ser de hoja caduca, contribuye al aumento de la materia orgánica a través de la caída de hojas, situación que se aprecia al observar los valores para los suelos que no tenían cultivos. Si bien es cierto, todas las rotaciones se vieron afectadas por esta situación, el hecho de establecer cultivos para un uso intensivo del suelo no permitiría un proceso eficiente en su descomposición, situación que no ocurre en el caso en que no hay cultivos donde la descomposición se produce en forma lenta y probablemente con todas sus fases.

## Efecto de los cultivos sobre el pH del suelo

En la Figura 5 se presentan las variaciones del pH del suelo para algunas rotaciones de cultivos, en comparación a dos suelos controles que no presentaron cultivos.

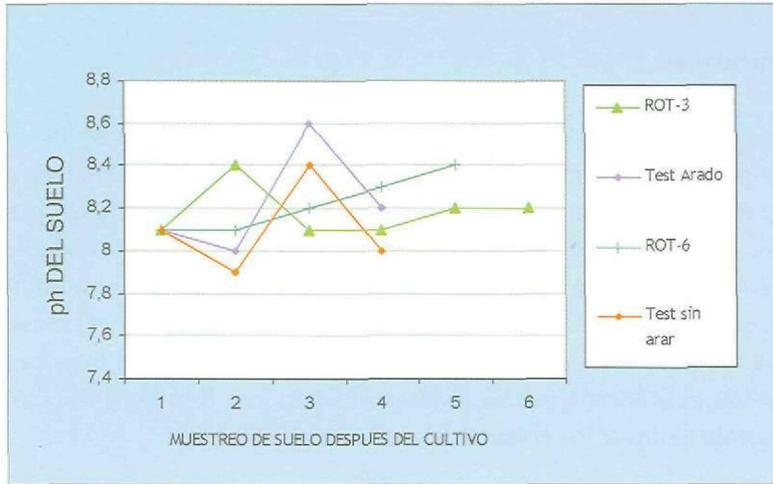


Figura 5. Variación del pH del suelo con distintas sucesiones de cultivos en un sistema agroforestal con álamos.

El pH del suelo es una característica que normalmente presenta muy poca variación en el tiempo por efecto de rotaciones de cultivo. En la mayoría de los casos se producen oscilaciones temporales dependiendo del tipo de cultivo que se establece y especialmente del tipo de residuos que se incorporan una vez cosechado el cultivo. De acuerdo a los resultados obtenidos, al analizar el comportamiento de los suelos sin cultivos al final del estudio, no se evidencia variación en el pH. Solamente se produce un aumento momentáneo que coincide con la caída de hojas de los álamos y su posterior descomposición, para luego volver a su valor normal.

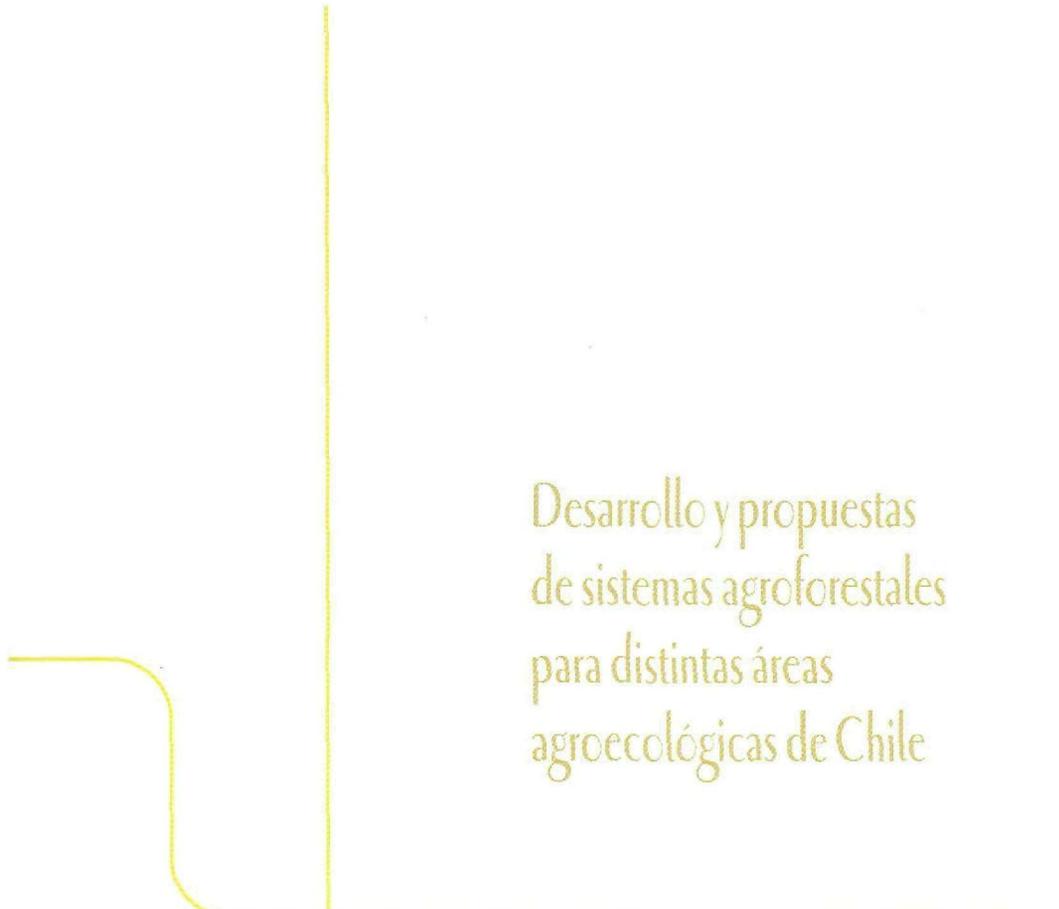
El mismo comportamiento se puede observar en las distintas sucesiones de cultivos, donde se producen aumentos y/o reducciones momentáneas del pH dependiendo del tipo de cultivo anterior que fue establecido y consecuentemente del tipo y cantidad de rastrojo. Al término del período de cada rotación, los valores de pH se movieron entre 8,0 y 8,4 muy parecido al valor inicial de 8,1.

## Recomendación

Los resultados obtenidos muestran que se producen variaciones en los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo del sistema agroforestal. Para nitrógeno y fósforo la presencia de los cultivos intercalares es altamente positiva para los álamos ya que permiten mantener una cierta disponibilidad en el suelo para su demanda; esto significa que fertilizando los cultivos, indirectamente, se está favoreciendo el crecimiento de los árboles. En el potasio, se debería chequear cada cierto tiempo debido a que algunos cultivos son muy consumidores y disminuyen su nivel en el suelo, por lo que en ese caso, se recomienda fertilizar los cultivos para este elemento.



• Sucesiones de cultivos asociados a álamos. Coinco, VI Región.



Desarrollo y propuestas  
de sistemas agroforestales  
para distintas áreas  
agroecológicas de Chile

# Desarrollo y propuestas de sistemas agroforestales para la zona central de Chile

*Gabriel Bascur B.*

*Francisco Tapia F.*

De acuerdo al comportamiento de los diferentes cultivos intercalares a álamos, evaluados durante el período de estudio, analizados en detalle en el capítulo “Cultivos asociados a álamos y sus interacciones”, se elaboraron distintas alternativas de sistemas agroforestales, según criterios tales como:

- Cultivos Agroindustriales
- Cultivos Extensivos
- Cultivos Hortícolas Intensivos

## **Cultivos Agroindustriales**

Esta rotación tiene por finalidad conformar un sistema agroforestal, basado en especies que constituyen materia prima para las numerosas agroindustrias situadas en la zona central del país. Este sistema se caracteriza por brindarle al agricultor cierta seguridad en la compra y en los precios de venta, por cuanto representan cultivos sujetos a contrato. Por ello, podría constituir un sistema apropiado para medianos y grandes productores que pretender desarrollar cultivos altamente tecnificados, de baja demanda de mano de obra y con seguridad de venta.

En el Cuadro 1 se presentan tres opciones definidas de acuerdo al comportamiento de los cultivos en la etapa de investigación que formó parte de este proyecto, en términos de productividad y calidad comercial de la producción.

Cuadro 1. Propuesta de sistemas agroforestales, basadas en cultivos agroindustriales.

Propuesta	TEMPORADA DE CRECIMIENTO						
	1		2		3		4
	Prima- vera	Invierno	Prima- vera	Invierno	Prima- vera	Invierno	Primavera
1	Tomate	Arveja	Maíz Dulce	Coliflor	Poroto Verde	Haba	No Recomen- dable
2	Maíz Dulce	Arveja	Tomate	Brócoli	Poroto Verde	Haba	No Recomen- dable
3	Poroto Granado	Coliflor	Maíz Dulce	Arveja	Tomate	Haba	No Recomen- dable

## Cultivos Extensivos

Esta propuesta se basa en una sucesión de cultivos intercalares de mayores superficies que se adaptan de mejor manera a medianos y grandes productores, o bien a productores que posean un capital limitado para invertir en sus cultivos. No obstante, esta sucesión requiere de un sistema de producción mecanizado, en términos de siembra, manejo y cosechas, con la finalidad de hacer más eficiente el manejo de los distintos factores, debido a la mayor extensión de los cultivos que componen esta propuesta. Debe considerarse que lo anterior es especialmente válido, dado que estas especies son normalmente de baja rentabilidad y ,por tanto, la posibilidad de tener ingresos razonables para el sistema, se basa precisamente en una mayor superficie de cultivo.

En el Cuadro 2 se presentan tres propuestas de cultivos extensivos para un sistema agroforestal con álamos, en la zona central del país.

Cuadro 2. Propuesta de sistemas agroforestales, basadas en cultivos extensivos.

Propuesta	TEMPORADA DE CRECIMIENTO						
	1	2		3		4	
	Primavera	Invierno	Primavera	Invierno	Primavera	Invierno	Primavera
1	Maíz Grano	Trigo		Arveja para Verde		Trigo	
2	Maíz Grano	Trigo		Avena/Vicia		Trigo	
3	Maíz Grano	Trigo		Haba		Trigo	

### Cultivos Hortícolas Intensivos

Las propuestas basadas en cultivos hortícolas pueden ser múltiples, dado que son especies, en general, de corto período de crecimiento que mostraron buen comportamiento, especialmente en las épocas en que los árboles se encontraban en receso y carecían de hojas. Este grupo de especies presentaron una mayor adaptación para su cultivo bajo los álamos, incluso en la cuarta temporada de crecimiento de los árboles, explicado por las mismas razones indicadas anteriormente.

Por otra parte, debe indicarse que los sistemas agroforestales basados en cultivos hortícolas, se adaptan de mejor manera a los pequeños productores, dada la alta demanda de mano de obra de estas especies, además de la alta perecibilidad que caracteriza, en general, a las hortalizas.

A continuación, el Cuadro 3 presenta las principales opciones de cultivos hortícolas para las diferentes temporadas de crecimiento de los álamos.

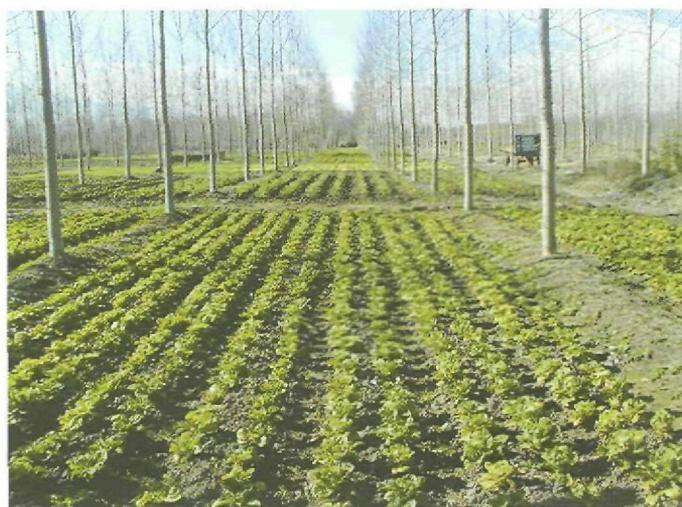
Cuadro 3. Principales opciones de cultivos hortícolas para ser intergrados en sistemas agroforestales con álamos.

TEMPORADA DE CRECIMIENTO						
1	2		3		4	
Primavera	Invierno	Primavera	Invierno	Primavera	Invierno	Primavera
Cebolla guarda	Brocoli	Poroto verde	Arveja verde	Lechuga	Lechuga	No Recomendable
Maíz choclo	Coliflor	Tomate	Haba	Zapallo Italiano	Arveja	No Recomendable
Poroto Granado	Lechuga	Zapallo italiano	Coliflor	Tomate fresco	Haba	No Recomendable
Poroto verde	Repollo	Lechuga	Brocoli	Poroto verde	Brocoli	
Lechuga milanesa	Brocoli	Maíz dulce	Repollo		Coliflor	
			Lechuga		Repollo	

Como se puede observar en el cuadro, existen múltiples combinaciones posibles para establecer un sistema agroforestal con álamos y cultivos intercalares en base a hortalizas. Por ello, a continuación se presenta una propuesta con sólo tres alternativas que se ajustan de mayor manera a las sucesiones efectivamente evaluadas en el estudio.

Cuadro 4. Propuesta de sistemas agroforestales, basadas en cultivos hortícolas intensivos.

Propuesta	TEMPORADA DE CRECIMIENTO						
	1	2		3		4	
	Primavera	Invierno	Primavera	Invierno	Primavera	Invierno	Primavera
1	Cebolla Guarda	Coliflor	Tomate Fresco	Lechuga	Poroto Verde	Lechuga	No Recomendable
2	Maíz Choclo	Lechuga	Zapallo Italiano	Coliflor	Tomate Fresco	Lechuga	No Recomendable
3	Lechuga/ Poroto Verde	Repollo	Maíz Dulce	Coliflor	Tomate Fresco	Lechuga	No Recomendable



• Cultivos hortícolas en el espacio intercalar. Coinco, VI Región.

# Desarrollo y propuestas de sistemas agroforestales para la zona centro sur de Chile

*Patricio Soto O.*

*Alejandro Fraga S.*

*Carlos Ovalle M.*

Para la VIII Región y específicamente en suelos arenales, se elaboraron distintas alternativas de sistemas agroforestales, según tipos de producción tales como praderas, cultivos extensivos y cultivos hortícolas.

## **Praderas**

La elección de esta alternativa se ajusta al caso de agricultores ganaderos que necesitan una fuente de forraje invernal y cuya escala de producción sea pequeña, dadas dificultades físicas para la cosecha de material para soiling o henificación, ya que el pastoreo no es recomendable cuando los árboles están en sus dos primeros años de desarrollo. Para este caso, y tomando en cuenta las restricciones antes mencionadas, la alternativa más correcta sería la siembra de alfalfa o lotera, la cual debiera hacerse junto con la plantación de los árboles para evitar el daño que pudiera hacerse a la pradera en el caso de que la siembra se efectúe antes de la plantación.

En las temporadas siguientes al establecimiento de las praderas se deben hacer los cortes necesarios de acuerdo a los parámetros normales, vale decir, un porcentaje de floración óptimo de acuerdo a la especie.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la producción de praderas leguminosas en estos suelos y el desarrollo de los árboles, también sería posible el pastoreo directo desde la tercera temporada de crecimiento de los álamos sin que se produzcan daños.

A modo de resumen, en el Cuadro 1 se presentan dos opciones definidas de acuerdo al comportamiento de las praderas en los tres primeros años de desarrollo de un bosque de álamos en suelos arenales de la comuna de Cabrero.

Cuadro 1. Propuestas de sistemas agroforestales basadas en praderas leguminosas.

Propuesta	TEMPORADA DE CRECIMIENTO			
	1	2	3	4
Alfalfa	Soiling y/o henificación	Soiling y/o henificación	Pastoreo	Pastoreo
Lotería	Soiling y/o henificación	Soiling y/o henificación	Pastoreo	Pastoreo

## Cultivos Extensivos

Esta propuesta se adapta mejor a agricultores con mayores superficies que deseen realizar todas las labores en forma mecanizada y se basa en una sucesión de cultivos entre las hileras de árboles. Puede diferir según la orientación o mejor dicho al mercado objetivo de la producción, considerando que estas especies son normalmente de baja rentabilidad, por lo tanto, la posibilidad de tener ingresos razonables para el sistema se basa precisamente en una mayor superficie de cultivo.

En el Cuadro 2 se presentan tres propuestas de cultivos extensivos para un sistema agroforestal con álamos, en la zona centro sur del país.

Cuadro 2. Propuestas de sistemas agroforestales basadas en cultivos extensivos en la zona centro sur.

Propuesta	TEMPORADA DE CRECIMIENTO		
	1 Primavera	2 Invierno/Primavera	3 Invierno/Primavera
1	Maíz Grano	Trigo	Poroto para grano
2	Poroto para grano	Trigo	Avena
3	Trigo	Chicharo	Avena

## Cultivos Hortícolas

Estas propuestas están más orientadas a productores que deseen obtener una mayor rentabilidad por unidad de superficie, pero que a su vez tienen un nivel tecnológico mucho más alto para lograr buenos rendimientos.

Para la zona centro sur las alternativas son mucho más limitadas que en la zona central, donde incluso se pueden realizar dos cultivos hortícolas intensivos en una misma temporada. Este grupo de especies, al requerir un manejo muy intensivo, afectan positivamente al desarrollo de los álamos, por lo que su adopción podría tener como consecuencia, una disminución del tiempo a la cosecha de los álamos, situación que debiera aumentar la rentabilidad total del sistema.

Por otra parte, estos sistemas también se pueden adaptar a pequeños productores de subsistencia, con menos tecnología pero que puede ser sustituida por la alta demanda de mano de obra de las especies hortícolas.

A continuación se presenta el Cuadro 3 con las principales opciones de cultivos hortícolas para las diferentes temporadas de crecimiento de los álamos en la zona centro sur.

Cuadro 3. Propuestas de sistemas agroforestales basadas en cultivos hortícolas.

Propuesta	TEMPORADA DE CRECIMIENTO			
	1	2	3	4
1	Maíz dulce	Maíz dulce	Maíz dulce	No recomendable
2	Maíz dulce	Maíz dulce	Poroto granado	No recomendable
3	Maíz choclo	Maíz dulce	Poroto verde	No recomendable

# Desarrollo y propuestas de sistemas agroforestales para la zona sur de Chile

*Marcelo Ponce V.*

*Sergio Iraira H.*

*Alfredo Torres B.*

Los sistemas agroforestales propuestos para la Décima Región tienen como objetivo proveer, junto con la producción maderera, de forraje para ser utilizado principalmente como soiling y/o conservado, y suministrado al ganado durante el período de invierno. Bajo este concepto se han definido alternativas con las siguientes rotaciones:

- Cebada - Ballica perenne o híbrida
- Ballica anual – Ballica perenne o híbrida
- Ballica Bianaual – Ballica perenne o híbrida
- Ballica perenne o híbrida

## **Cebada - Ballica perenne o híbrida**

Esta alternativa considera el establecimiento de la cebada en primavera, posterior a la plantación de los álamos realizada en invierno. Este cultivo está destinado a ensilaje, por lo que su cosecha se realizaría a fin de diciembre o inicios de enero.

Luego de la cosecha de cebada, durante el mes de marzo se establece ballica híbrida con una persistencia de 2 a 4 años o bien, de una ballica perenne cuyo período productivo se prolonga hasta el año siete u ocho. Las ballicas deberán ser mantenidas con un adecuado plan de fertilización, esto se hará con el objetivo de potenciar la acumulación de forraje. Así se podrán obtener cosechas de forraje en otoño, invierno, y un alto volumen en primavera para ser conservado y posteriormente en verano un corte adicional.

## **Ballica Anual – Ballica perenne o híbrida**

Al igual que la alternativa anterior la ballica anual se establecerá posteriormente a la plantación de álamos. A diferencia de la cebada, la ballica anual ofrece la posibilidad de realizar un corte para ensilaje en primavera, para nuevamente rezagar para la obtención de un segundo y último corte en verano. Para obtener este resultado, se debe considerar una alta fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, considerando que este cultivo realiza una importante extracción de estos elementos.

Luego de la cosecha, el suelo quedará disponible para el establecimiento de ballica perenne.

## **Ballica Bianual – Ballica perenne o híbrida**

Esta alternativa, a diferencia de las dos anteriores, permite que el primer cultivo se mantenga por dos temporadas, siendo establecida siempre en primavera después de la plantación de los árboles.

Con la ballica bianual se pueden obtener además de cortes para ensilaje, cosechas parciales durante el verano e invierno, lo cual implica un importante suplemento en períodos en que la producción de forraje de la pradera es baja. Sin embargo, se debe considerar una fertilización balanceada de nitrógeno, fósforo y potasio, considerando la producción de materia seca que se realizaría, y la gran extracción de nutrientes.

De acuerdo al ciclo de la ballica bianual, a partir de marzo del segundo año de la plantación, el suelo estaría disponible para establecer la ballica perenne o híbrida. Sin embargo, se debe considerar el establecimiento a fines de febrero o los primeros días de marzo, debido a que los álamos presentan una mayor cantidad de hojas a esta edad, y su caída durante el otoño puede afectar el crecimiento de esta especie forrajera durante sus primeros meses.

## Ballica perenne o híbrida

Esta alternativa es la que lleva consigo el menor movimiento de suelo ya que se establece en la primavera posterior a la de la plantación de los álamos y permanecería hasta los siete o más años de la plantación.

Al igual que la ballica perenne, esta especie permitiría obtener producción de forraje en verano y otoño-invierno, lo cual significa una importante suplementación a las praderas tradicionales. Sin embargo, este mayor crecimiento debe estar muy respaldado por un buen manejo de fertilización.

## Recomendación

- ⌘ Desde el punto de vista de la gestión predial, el aprovechamiento de las extensiones de suelos bajo limitaciones para la actividad ganadera o agrícola intensiva, los sistemas agroforestales se presentan como una alternativa interesante que permite diversificar la producción con un bajo nivel de riesgo, constituyéndose como un área de negocios de gran proyección para las unidades prediales tradicionales.
- ⌘ Dentro del análisis de la alternativa agroforestal en predios agrícolas, es necesario cuantificar la superficie de suelo con restricciones para la actividad ganadera o agrícola intensiva. Posteriormente, según las condiciones agroclimáticas de cada caso se identificará la especie forestal más adecuada. Tanto la densidad de plantación como la distribución de la misma estará determinada por el objetivo de final de ésta.
- ⌘ La utilización de álamo en suelos con hidromorfismo moderado, típico en la zona sur, puede constituir una alternativa relevante ya que mejora significativamente el desempeño económico de ese tipo de sitio.



# Análisis económico de las propuestas agroforestales

# Introducción

**E**s necesario precisar que el manejo técnico de los bosques utilizados para los estudios desarrollados en este proyecto, consideró el uso de materiales genéticos de alta calidad, bajas densidades de plantación, y un manejo silvícola que permite la producción de álamos integrada a un sistema silvoagropecuario intensivo que hace esperable producir madera de calidad exportable; muy superior a la calidad que habitualmente se obtiene en el país. Por lo tanto, el precio de venta de esta madera también será particularmente alto, si se le compara con el precio de la madera corriente de álamo que hoy día obtienen muchos productores de esta especie que trabajan con manejos precarios o de muy baja tecnificación. Sin duda, todos los antecedentes de los mercados internacionales así lo ratifican. Incluso, en opinión de muchos especialistas en álamo, este precio podría ser hasta superior a los valores que se han asumido en esta publicación, para los efectos de las evaluaciones económicas.

También es necesario señalar que todas las evaluaciones económicas y de rentabilidad que se presentan a continuación, se realizaron a partir de la conformación de los flujos netos anuales antes de impuestos, de una explotación que posee ciclos variables en años, dependiendo de la región donde se ubique. Igualmente, debe aclararse que no se ha incluido el valor de adquisición ni de arriendo del suelo, ya que se asume que los productores poseen la tierra y más bien están expuestos a una suerte de decisión entre diferentes opciones productivas agrícolas.

Con todas estas consideraciones, es aconsejable que las cifras utilizadas en este análisis sean consideradas como una referencia general y que, al momento de estudiar una condición productiva específica, será necesario emplear los supuestos, valores y condiciones que mejor representen la verdadera condición que se enfrentará en la realidad.

# Análisis económico de propuestas agroforestales para la zona central de Chile

*Carlos Covarrubias Z.*

Considerando que el análisis de rentabilidad es fundamental al momento de comparar las diferentes opciones, se ha procedido a evaluar la rentabilidad de cada uno de los sistemas agroforestales que podrían acompañar al álamo bajo un concepto de cultivos intercalares, en un sentido dinámico a través del tiempo; tomando en consideración los resultados agronómicos obtenidos en los tres años de trabajo del proyecto.

Las propuestas agronómicas posibles, basadas en todas las consideraciones técnicas y agronómicas, recaen en tres grupos de sistemas de agroforestería; a saber, con cultivos hortícolas agroindustriales, con cultivos extensivos y con cultivos intensivos intercalares. Para cada uno de ellos se han propuesto tres rotaciones culturales; lo que significa un total de 9 opciones de sistemas agroforestales; los cuales se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Secuencias propuestas para un sistema agroforestal diámo - cultivos en la VI Región.

Sistema o rotación	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4	
	Primavera	Invierno	Primavera	Invierno	Primavera	Invierno	Primavera	Invierno
1	Tomate ind	Arveja	Maiz dulce	Coliflor	Poroto Verde	Haba	S/cultivo	S/cultivo
2	Maiz dulce	Arveja	Tomate ind	Brócoli	Poroto verde	Haba	S/cultivo	S/cultivo
3	Poroto granado	Coliflor	Maiz dulce	Arveja	Tomate ind	Haba	S/cultivo	S/cultivo
4	Maiz grano	Trigo	S/cultivo	Arveja verde	S/cultivo	Trigo	S/cultivo	S/cultivo
5	Maiz grano	Trigo	S/cultivo	Avena-vicia	S/cultivo	Trigo	S/cultivo	S/cultivo
6	Maiz grano	Trigo	S/cultivo	Haba	S/cultivo	Trigo	S/cultivo	S/cultivo
7	Cebolla	Coliflor	Tomate	Lechuga	Poroto verde	Lechuga	S/cultivo	S/cultivo
8	Maiz choclo	Lechuga	Zapallo italiano	Coliflor	Tomate	Lechuga	S/cultivo	S/cultivo
9	Lechuga y Poroto verde	Repollo	Maiz dulce	Coliflor	Tomate	Lechuga	S/cultivo	S/cultivo

Una vez definidas las secuencias de cultivos asociados a las plantaciones de álamo, se procedió a caracterizar cada uno de estos sistemas, con sus respectivas épocas de cultivo, rendimientos esperados, y precios de venta al momento de cosecha. Igualmente se determinaron sus ingresos, costos (directos y generales) y margen neto. Todas las valoraciones se expresan en moneda real (\$) de julio del 2001, y no incluyen el IVA, tal como se resume a continuación.

## **Indicadores de resultado económico**

Para los efectos de evaluar la rentabilidad de los sistemas agroforestales propuestos, se han considerado estos junto a una plantación de álamo que perdura 10 años, desde el establecimiento hasta que es cosechada la madera.

Para todos los efectos de construir los flujos de costos e ingresos anuales, se han utilizado las cédulas o fichas de cultivo que se han generado a través de desarrollo del proyecto; las cuales se han evaluado y actualizado al mes de julio del 2001.

Todos los cultivos asociados al álamo, sólo se han evaluado económicamente considerando los primeros cuatro años; ya que para ellos existen evaluaciones agronómicas que permiten sustentar a aceptar inferencias razonables. Por lo tanto, a partir del quinto año no se incluyen cultivos asociados a los flujos de una plantación de álamo; considerándose entonces solo los flujos de ingresos y costos solo del manejo del bosque.

Como indicadores de rentabilidad empleados en la evaluación se incluyen el Valor Presente Neto (VAN) calculado con una tasa de descuento del 10 %, la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Económico del Suelo (VES), que es un indicador que utilizan especialmente los evaluadores de proyectos forestales; que corresponde al valor actual de los Beneficios Netos de todas las futuras rotaciones que se planifiquen sobre un suelo forestal. Los indicadores para las 9 propuestas seleccionadas se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Resumen de los indicadores de rentabilidad para los sistemas agroforestales propuestos en la VI Región.

Tipo de cultivos	N°	Secuencia	VAN (\$)	VES (\$)	TIR (%)
<b>Agroindustriales</b>					
	1	Tomate industrial-arveja-maíz dulce-coliflor-poroto verde-haba	3.007.434	4.898.902	58,7
	2	Maíz dulce-arveja-tomate industrial-poroto verde-haba	3.028.648	4.933.458	84,6
	3	Poroto granado-coliflor-maíz dulce-arveja-tomate industrial-haba	3.992.819	6.504.026	137,4
<b>Extensivos</b>					
	4	Maíz grano-trigo-arveja-trigo	1.763.875	2.873.230	36,9
	5	Maíz grano-trigo-avena/vicia-trigo	1.313.246	2.139.187	26,3
	6	Maíz grano-trigo-haba-trigo	1.372.156	2.235.148	27,5
<b>Intensivos</b>					
	7	Cebolla guarda-coliflor-tomate-lechuga-poroto verde-lechuga	8.122.514	13.231.013	175,0
	8	Maíz choclero-lechuga-zapallo italiano-coliflor-tomate-lechuga	10.426.981	16.984.831	280,5
	9	Lechuga-poroto verde-repollo-maíz dulce-coliflor-tomate-lechuga	10.868.247	17.703.622	261,7
<b>Alamo sin cultivo</b>					
			1.037.853	1.690.591	21,4

A partir de la información económica evaluada, se puede concluir lo siguiente:

- Todos los sistemas agroforestales evaluados alcanzaron niveles por sobre los indicadores obtenidos para una plantación de álamo solo, lo que demuestra la factibilidad técnica y económica de cada una de las opciones evaluadas en el proyecto.
- Al analizar cada uno de los 9 sistemas agroforestales evaluados, se puede apreciar, en general, que los índices de rentabilidad son menores en el grupo de los sistemas que incluyen cultivos extensivos (rotaciones 4, 5 y 6), seguido por el grupo de los sistemas agroforestales que incluyen cultivos agroindustriales. Finalmente, los más altos índices se obtienen en los sistemas agroforestales que incluyen cultivos intensivos.

Cada una de estas opciones deberá ser evaluada por los diferentes usuarios, ya que cada una de ellas envuelve diferentes intensidades de trabajo, niveles de inversión o necesidades financieras y condiciones de comercialización distintas que, en definitiva, representan diferentes requerimientos de capacidad de gestión empresarial que deberá ser evaluada por cada empresario agrícola al momento de seleccionar y decidirse a adoptar alguno de los de los sistemas evaluados.

# Análisis económico de las propuestas agroforestales para la zona centro sur de Chile

*Gustavo Morales Sch.*

*Alejandro Fraga S.*

Los ensayos desarrollados en la comuna de Cabrero, Provincia del Bío Bío, VIII Región, han permitido establecer indicadores de viabilidad para las distintas propuestas agroforestales. De esta manera, se consideraron tres situaciones básicas: producción exclusivamente forestal, a través de una plantación con álamo en un diseño 6 x 6 y una densidad de 278 plantas por hectárea; un sistema agroforestal integrando la producción forestal con una pradera de alfalfa; y otra en la que se dispuso de una rotación de cultivos. La acumulación anual de forraje se obtuvo a partir de los rendimientos anuales de alfalfa, en razón a que se determinó que era el recurso forrajero más rentable para esta situación. Por otra parte, se consideró una rotación de cultivos a tres años en la cual se incluyeron los de mayor rentabilidad, no debiéndose descartar la posibilidad de considerar otros cultivos que pudieran dar un buen resultado económico en la misma situación.

La propuesta considera la posibilidad de mejorar los ingresos del sistema forestal al introducir praderas y/o cultivos anuales intercalares, lo que permite obtener ingresos durante los primeros años de desarrollo del bosque, disminuyendo los flujos negativos que genera el cultivo del álamo en forma independiente.

Los indicadores calculados corresponden al valor actual neto (VAN) y valor económico del suelo (VES), ambos indicadores fueron sometidos a una tasa de actualización del 10% anual.

No se efectuó el cálculo de la TIR debido a que en el flujo de los 12 períodos considerados, se presentaron Tasas Internas de Retorno múltiples, por lo que se optó por utilizar el Valor Actual Neto como criterio de evaluación, ya que pasa así a constituirse en la medida más adecuada de la inversión en el proyecto.

## Supuestos forestales

Cuadro 1. Supuestos forestales para la zona centro-sur. Comuna de Cabrero.

Parámetro	Cantidad
Edad de corte (años)	12
Volumen de cosecha (m <sup>3</sup> /ha)	342
Trozos debobinables y aserrables (%)	93
Trozos pulpables (%)	7
Inversión forestal (\$/ha)	343.100
Tipo de cambio (\$/US\$)	650

Los precios (en US\$/m<sup>3</sup>) de los productos forestales fueron sensibilizados en tres series para las trozas debobinales, aserrables y pulpables, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Niveles de precios de productos forestales considerados para los cálculos

Supuestos	Debobinable y aserrable (US\$/m <sup>3</sup> )	Pulpable (US\$/m <sup>3</sup> )
Mínimo	21	20
Normal	36	25
Máximo	40	26

Cuadro 3. Ingresos de acuerdo a distintos niveles de precios de productos forestales.

	Producción m <sup>3</sup>	Ingreso mínimo US\$	Ingreso normal US\$	Ingreso máximo US\$
Aserrable y debobinable	318	6.678	11.448	12.720
Pulpable	24	480	600	624
Total US\$		7.158	12.048	13.344
Total \$		4.652.700	7.831.200	8.673.600

### Supuestos agronómicos

A continuación, se exponen los supuestos agronómicos aplicados sobre el proceso de producción del sistema agroforestal con pradera de alfalfa y rotación de cultivos intercalares.

Cuadro 4. Supuestos agronómicos en un sistema agroforestal con álamos y alfalfa para la zona Centro Sur.

Parámetro	Cantidad
Prod. de alfalfa (kg/MS/ha/año) (*)	3.4 (1) - 11.0 (2) - 8.3 (3)
Costo total de establecimiento (\$/ha)	514.858
Costo mantención y cosecha años 2 y 3 (\$/ha)	187.029
Precio por KgMS (\$)	53

\* = Producción en sistemas agroforestales (años).

Cuadro 5. Supuestos agronómicos en un sistema agroforestal con álamos y rotación de cultivos intercalares para la zona Centro Sur.

Parámetro	Maíz dulce	Trigo	Frejol
Producción	20 tons	32 qqm	24 qqm
Costo total de establecimiento (\$/ha)	498.184	231.490	348.981
Precio (\$)	50.647	9.600	28.000

En el Cuadro 6 se muestran los indicadores de eficiencia económica para las distintas alternativas de producción y bajo tres series de precios de la madera vendible. Asimismo, se expresa el VAN y el VES por hectárea. Para el caso del Valor Actual Neto (10%) la alternativa exclusivamente forestal para todo nivel de precios alcanza valores menores al que alcanzan las alternativas agroforestales, debido a que el sistema forestal tradicional no presenta ingresos intermedios, lo que indica la necesidad de proponer un sistema de producción alternativo que permita obviar en parte esta situación. De esta manera, se proponen dos sistemas agroforestales alternativos orientados a dos grupos de agricultores objetivo; uno ganadero y otro tradicional con rotaciones de cultivos anuales.

Se debe destacar que la alternativa agroforestal con rotación de tres años de cultivos anuales, para el VAN, se presenta como la mejor opción en términos económicos, con un incremento cercano al 58% respecto a la opción forestal tradicional, existiendo también una alta sensibilidad a la variable precio del producto forestal.

Cuadro 6. Valor Actual Neto (VAN 10%) y VES por hectárea de los beneficios de tres alternativas productivas y tres escenarios de precios (M\$).

	Forestal			Agroforestal con alfalfa			Agroforestal con cultivos		
	min	normal	máx	min	normal	máx	min	normal	máx
VAN	312	1.325	1.594	506	1.519	1.787	1.086	2.098	2.367
VES	458	1.944	2.338	743	2.229	2.622	1.593	3.079	3.473

El valor económico de suelo (VES) indica el valor máximo del suelo para sustentar el negocio con una tasa de descuento del 10% anual, presentando una similar sensibilidad a distintos niveles de precios de los productos forestales que en el caso del cálculo del VAN.

En resumen, se puede concluir que las alternativas de cultivos intercalares (alfalfa y rotación de cultivos) previamente estudiadas y validadas son una opción rentable para considerar en el mejoramiento de la rentabilidad del cultivo de álamo.

# Análisis económico de propuestas agroforestales para la zona sur de Chile

*Marcelo Ponce V.*

Para esta zona se consideraron dos situaciones básicas: producción exclusivamente forestal, a través de una plantación con álamo (*P. deltoides*) en un diseño 6 x 6 y una densidad de 278 plantas por hectárea, versus un sistema agroforestal integrando la producción forestal y el aprovechamiento de la entre hilera con cultivos forrajeros. La acumulación anual de forraje se sustenta en la curva predictiva desarrollada por el presente proyecto sobre la base de ballica perenne, en razón a que corresponde al recurso forrajero más utilizado en la región, no difiriendo de manera relevante en cuanto a su productividad respecto de las otras ballicas evaluadas.

Es necesario precisar que en este último caso (situación con proyecto agroforestal) no han sido intervenidas las variables forestales (densidad o distribución) para un mejor desempeño agrícola, sino que se han mantenido las características de la plantación forestal original. No obstante, pudiera ser beneficioso el raleo de la plantación para incrementar la penetración de luz bajo el dosel y, en consecuencia, permitir la prolongación del período útil en términos forrajeros.

La propuesta implica la reconversión parcial de los suelos agrícolas bajo el criterio de ordenamiento territorial según su capacidad productiva, lo que en términos simples corresponde a la instalación de sistemas agroforestales en aquellos sitios que posean un hidromorfismo marcado y que por ello se vea restringida la productividad forrajera y/o el acceso del ganado durante la época de lluvias.

Los indicadores calculados corresponden al valor actual neto (VAN) y valor económico del suelo (VES). Ambos indicadores fueron sometidos a una tasa de actualización del 10% anual. Adicionalmente, se determinó la tasa interna de retorno (TIR).

Cuadro 1. Supuestos forestales.

Parámetro	Cantidad
Edad de corte (años)	15
Volumen de cosecha (m <sup>3</sup> /ha)	300
Trozas debobinables (%)	65
Trozas aserrables (%)	28
Trozas pulpables (%)	7
Inversión forestal (\$/ha)	290.820
Tipo de cambio (\$/US\$)	650

Los precios (en US\$/m<sup>3</sup>) de los productos forestales fueron sensibilizados en tres series para las trozas debobinales, aserrables y pulpables, siendo respectivamente, Serie 1 : 40-25-15; Serie 2 : 60-37-22 y Serie 3 : 80-50-30.

A continuación, se exponen los supuestos aplicados sobre el proceso de producción forrajero – ganadero.

Cuadro 2. Supuestos agronómicos.

Parámetro	Cantidad
Prod. de forraje (kg/MS/Ha/año) (1)	7.541 (3) · 3.291 (8)
Prod. de forraje (kg MS/Ha/año) (2)	6.500
Costo de Oper. Sist. Lechero (\$/ha)	60
Consumo de forraje (kg MS/cab/año)	4.800
Precio leche equivalente (\$)	105

(1)= Producción en sistema agroforestal (máximo – mínimo)

\* $y = -251,76x^2 + 1958,7x + 3734,1$ ;  $r^2 = 0,88$

(2)= Producción en sistema sólo forrajero

En los cuadros siguientes se muestran los indicadores de eficiencia económica para las distintas alternativas de producción y bajo tres series de precios de la madera vendible.

En el Cuadro 3 se expone el VAN por hectárea. En el cálculo no se incluye el valor del suelo, considerando que se está desarrollando un nuevo negocio

para la agricultura ya establecida. La alternativa exclusivamente forestal sólo alcanza los M\$627 por hectárea, cifra que resulta interesante si se contrasta con los M\$494 del negocio ganadero exclusivo en ese tipo de suelo. Sin embargo, la debilidad del negocio forestal radica en la ausencia de ingresos intermedios, de manera que surge la necesidad de proponer un sistema de producción alternativo que permita conciliar este problema. En respuesta a lo anterior se propone el sistema agroforestal, aprovechando el producto forrajero como subproducto (en este caso) y transformarlo en una unidad útil capaz de cubrir una fracción de los requerimientos de alimento para el ganado. Así, el sistema mixto alcanza los M\$974 por hectárea siendo superior a las dos anteriores.

Resulta de alto interés analizar la elevada sensibilidad al precio del negocio del álamo al ser intervenido por la variable precio. De hecho, las cifras extremas reúnen la información del mejor momento para el negocio forestal (1995) y la cifra menor el peor precio de mercado para la madera de éste (1999-2000).

Cuadro 3. Valor Actual Neto (VAN 10%) por hectárea de los beneficios de tres alternativas productivas y tres escenarios de precios (US\$/m<sup>3</sup>) para trozas debobinables, aserrables y pulpables de álamo.

Alternativa	US\$/m <sup>3</sup> (Debobinable - Aserrable - Pulpable)		
	40-25-15	60-37-22	80-50-30
Sólo forestal	M\$ 627	M\$ 1.413	M\$ 2.216
Agroforestal	M\$ 974	M\$ 1.761	M\$ 2.564
Sólo agrícola	M\$ 494	M\$ 494	M\$ 494

El valor económico de suelo (VES) indica el valor máximo del suelo para sustentar el negocio con una tasa de descuento del 10% anual. En relación a este indicador, se puede argumentar una alta sensibilidad al precio, similar al caso del VAN. Tiene una relevancia especial al considerar que los suelos con potencial para este tipo de plantaciones, en la zona sur, tienen precios que oscilan entre los M\$ 900 a M\$ 1.500 por hectárea.

Cuadro 4. Valor Económico del Suelo (VES 10%) por hectárea de tres alternativas productivas y tres escenarios de precios (US\$/m<sup>3</sup>) para trozas debobinables, aserrables y pulpables de álamo.

Alternativa	US\$/m <sup>3</sup> (Debobinable - Aserrable - Pulpable)		
	40-25-15	60-37-22	80-50-30
Sólo forestal	M\$ 824	M\$ 1.858	M\$ 2.914
Agroforestal	M\$ 1.281	M\$ 2.315	M\$ 3.371
Sólo agrícola	M\$ 650	M\$ 650	M\$ 650

La Tasa Interna de Retorno (TIR) fue determinada para establecer el impacto de los ingresos sobre el flujo neto y, en consecuencia, sobre la tasa de actualización crítica (VAN = 0). De este modo, se estableció un fuerte impacto del proceso agronómico sobre este indicador, elevándolo, en la serie 40-25-15, de 16,9% para el caso exclusivamente forestal, hasta un 19,9% en la alternativa mixta. Como resulta esperable, la TIR observada para el negocio ganadero es la más alta debido a la magnitud de su inversión y los ingresos corrientes propios de esta actividad.

Cuadro 5. Tasa Interna de Retorno (TIR) de tres alternativas productivas y tres escenarios de precios (US\$/m<sup>3</sup>) para trozas debobinables, aserrables y pulpables de álamo.

Alternativa	US\$/m <sup>3</sup> (Debobinable - Aserrable - Pulpable)		
	40-25-15	60-37-22	80-50-30
Sólo forestal	16,9%	21,5%	24,6%
Agroforestal	19,9%	23,4%	25,8%
Sólo agrícola	31,8%	31,8%	31,8%

## Bibliografía

# BIBLIOGRAFÍA

---

- Bassman, H., Zwier, C. 1993.** Effect of partial defoliation on growth and carbon exchange of two clones of young *Populus trichocarpa* Torr. & Gray. *Forest-Science*. 39: 3, 405-418.
- Binkley, D. 1993.** "Nutrición Forestal, Prácticas de Manejo". Ed. Limusa. S.A. México. 334 p.
- Bofarull, M. 2001.** Cuantificación de la biomasa foliar devuelta al suelo en un sistema agroforestal álamo-cultivo y su efecto en el establecimiento de cultivos intercalares anuales. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Agronomía. Santiago, Chile. 86 p.
- Crovetto, C. 1992.** "Rastrojos sobre el Suelo", Introducción a la Cero Labranza. Editorial Universitaria. Santiago-Chile.
- CONAF, 1998.** Monografía de Álamo. Potencialidad de Especies y Sitios para una Diversificación Silvícola Nacional. 143 p.
- Fuentes, M. 2001.** Evaluación de Cultivos de Invierno Intercalados en un Sistema Agroforestal con Alamos (*Populus* sp) de Tres Años. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Agronomía. Santiago, Chile. 78 p.
- García, E.; Sotomayor, A; Silva S.; Valdebenito, G. 2000.** Establecimiento de plantaciones forestales: *Eucaliptus* sp. Proyecto INFOR-FDI. Programa de transferencia de Tecnología para un desarrollo forestal sustentable de pequeños y medianos agricultores. Documento de divulgación N° 17, 30 p.

- García, M. 1999.** Determinación del Area Productiva Util entre Alamos, apropiada para el Sistema Agroforestal a través de los años. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Agronomía. Santiago, Chile. 74 p.
- Gebauer, F. 2000.** Estudio del Crecimiento del Alamo clon I-214 y su relación con Cultivos Intercalares. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Agronomía. Santiago, Chile. 57 p.
- Haeussler, P. 2000** "Alternativas de Cultivos de Invierno para el Desarrollo de un Sistema Agroforestal con Álamos (*Populus* sp.) Segundo año de Establecimiento". Tesis Ing. Agr., Santiago, Chile, Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias. 71 p.
- Harvey, C. 2000.** Evaluación Agronómica de Especies de Invierno para Conformar un Sistema Agroforestal: Alamo-Cultivos. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Agronomía. Santiago, Chile. 84 p.
- Jahn, A. 2001.** Evaluación de Especies Hortícolas de Invierno Intercaladas en un Sistema Agroforestal con Alamos (*Populus* sp) de Tres Años. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Agronomía. Santiago, Chile. 818 p.
- Kumar, R., Pal, H., Rani, D. 2001.** "Allelopathic Interference of *Populus deltoides* with some Winter Season Crops". Agronomie. Francia, (21): 139-146 p.
- Lundstedt, G. 2000.** Relaciones entre el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y las Variables de Crecimiento del Alamo (*Populus* spp) Clon I-488, para ser aplicado en un Sistema Agroforestal. Tesis Ing. Agr. Universidad Santo Tomás, Escuela de Agronomía. Santiago, Chile. 71 p.
- Orellana, M. 2000.** Relaciones entre el Diámetro a la Altura del Pecho y Variables de Crecimiento del Alamo (*Populus*

spp) Clon I-63/51, para ser aplicado en un Sistema Agroforestal. Tesis Ing. Agr. Universidad Santo Tomás, Escuela de Agronomía. Santiago, Chile. 62 p.

**Pessoa, R. 2001.** Evaluación de Cultivos de Primavera Verano Intercalados en un Sistema Agroforestal con Alamos (*Populus* spp.) de Tres Años. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Agronomía. Santiago, Chile. 93 p.

**Rodríguez, J. 1993.** "La Fertilización de los Cultivos, un Método Racional", Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago-Chile.

**Sepúlveda, L. 2001.** Efecto de la distancia de establecimiento de cultivos intercalares en álamos (*Populus* spp), clon I-488, de 3-4 años. Tesis Ing. Agr. Universidad Santo Tomás, Escuela de Agronomía. Santiago, Chile. 139 p.

**Taladriz, A., Quezada, H. 2001.** "Fertilización de Cultivos Anuales Zona Sur de Chile", "Fertilizantes, Enmiendas y Abonos Orgánicos para la Agricultura Chilena". Agenda del Salitre, SQM. Undécima Edición, Capítulo VI, 175-342 p.

**Vergara., F. 2000.** Efecto del Distanciamiento de Tres Cultivos Intercalares en un Sistema Agroforestal con Alamos (*Populus* sp). Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor, Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela Agronomía. Santiago, Chile. 84 p.

**Vita, A. 1977.** El cultivo de los Álamos. Manual N° 4. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 23 p.