

Fundación para la Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA



Resultados y Lecciones en

Lupino dulce

Proyectos de Innovación en
IX Región de la Araucanía



SERIE EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO

Fundación para la Innovación Agraria
MINISTERIO DE AGRICULTURA



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Resultados y Lecciones en **Lupino dulce**



Proyectos de Innovación en
IX Región de la Araucanía

Valorización a Noviembre 2007



SERIE EXPERIENCIAS DE INNOVACIÓN PARA EL EMPRENDIMIENTO AGRARIO

Agradecimientos

En la realización de este trabajo, agradecemos sinceramente la colaboración de los productores, técnicos y profesionales vinculados al Proyecto Lupino dulce, a los productores y profesionales participantes en el Taller de Validación, y en especial a:

Eric von Baer, gerente general de Semillas Baer;
Ricardo Anríquez, Gerente de AVELUP;
Esteban Díaz C., presidente de FEDERCOOP, Red Leguminosas Araucanía AG;
José Luis Hernández, gerente de FEDERCOOP, Red Leguminosas Araucanía AG;
Paola Bertolini D., Jefe de Desarrollo Feed, empresa Kemifar;
María Isabel Toledo, investigadora UCV, coordinadora del proyecto precursor;
Susana Muñoz, investigadora Universidad de Chile;
José Miguel Figueroa L., gerente general empresa Kemifar;
y a la empresa consultora Capablanca, por su valioso aporte en el análisis de esta experiencia.

Resultados y Lecciones en Lupino dulce. Proyectos de innovación en IX Región de la Araucanía.

Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Registro de Propiedad Intelectual N° 167.076
ISBN N° 978-956-7874-68-2

DISEÑO GRÁFICO
Guillermo Feuerhake

IMPRESIÓN
Ograma Ltda.

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Contenidos

Sección 1. Resultados y lecciones aprendidas	5
1. Antecedentes.....	5
2. El plan de negocios “aprendido”	6
2.1. Objetivo.....	6
2.2. Perspectivas del mercado	6
2.3. Estrategia de implementación	12
2.4. Rentabilidad esperada para el agricultor.....	12
2.5. Gestión del agricultor.....	15
3. El alcance del negocio.....	15
4. Las claves de la viabilidad	16
5. Asuntos por resolver.....	16

Sección 2. El proyecto precursor	17
1. El entorno económico y social.....	17
2. El proyecto.....	17
2.1. Validación del lupino dulce como fuente de proteína	17
2.2. La gestión del proyecto precursor	19
2.3. La asesoría.....	19
3. Los actores de la cadena hoy.....	19

Sección 3. El valor del plan de negocios aprendido del lupino	20
--	----

ANEXOS	
1. El cultivo del lupino.....	23
2. Documentación disponible y contactos.....	31

SECCIÓN 1

Resultados y lecciones aprendidas

El presente libro tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto Lupino dulce en la Región de la Araucanía, financiado por FIA.

Se espera que esta información, que se ha sistematizado en la forma de un “plan de negocios aprendido”,¹ aporte a los interesados elementos claves que les permitan consolidar o comenzar nuevas iniciativas en el ámbito productivo.

► 1. Antecedentes

Los análisis y resultados que se presentan en este documento han sido desarrollados a partir de las experiencias y lecciones aprendidas de la ejecución de un proyecto financiado por FIA (proyecto precursor),² cuyo propósito fue *evaluar el lupino dulce como fuente proteica alternativa para la alimentación de salmones, buscando así desarrollar nuevas opciones para el uso de este producto y generar un aumento en su demanda que beneficie al sector agrícola, principalmente en la Región de la Araucanía*. El proyecto fue ejecutado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, en asociación con las empresas: Semillas Baer, productora de semilla de lupino; AVELUP, productora de harina de lupino; ALITEC, productora de alimentos para la salmicultura; y MULTIEXPORT, del sector salmoneero, entre Diciembre de 2001 y Abril de 2004.

La iniciativa se concentró fundamentalmente en la formulación y evaluación de dietas en base a lupino dulce y no contempló ensayos relativos a su cultivo. Si bien la industria salmoneera nacional había comenzado recientemente a utilizar lupino dulce, el proyecto generó el respaldo científico requerido por dicha industria para incorporar el grano de esta leguminosa como alternativa válida en las formulaciones de alimentos y como sustituto de la harina de soya.³

Con el fin de dar un mayor valor a estos resultados, en este libro se analiza la conveniencia económica del cultivo del lupino dulce en la zona sur del país, en el marco de las perspectivas de su aceptación y demanda en el mercado de alimentos para la industria salmoneera.

¹ “Plan de negocios aprendido”: iniciativa que incorpora la información validada del proyecto analizado, las lecciones aprendidas durante su desarrollo, los aspectos que quedan por resolver y una evaluación de la factibilidad económica proyectada a escala productiva y comercial.

² Este proyecto se tituló: “Diversificar el uso de lupino, utilizándolo como fuente proteica alternativa en la alimentación de salmicultura”.

³ Mayores detalles sobre el proyecto, su metodología y resultados pueden encontrarse en la sección 2.

► 2. El plan de negocios “aprendido”

2.1. Objetivo

Producir lupino dulce como parte de una rotación de cultivos anuales en la Región de la Araucanía, con el fin de comercializarlo en función de los requerimientos de la industria salmonera.

2.2. Perspectivas del mercado

Tendencias del consumo

El cultivo de salmón y truchas ha aumentado fuertemente en los últimos años, siendo Noruega y Chile los principales productores mundiales. Entre 1996 y 2006 ambos países aumentaron su producción en más del doble, alcanzando una participación en el mercado del orden del 38% cada uno en este último año (Cuadro 1). Se espera que la tendencia de crecimiento se mantenga en el corto y mediano plazo, debido a que cambios de las dietas en los países desarrollados y del fomento del consumo de salmón han resultado en un crecimiento de la demanda que ha superado las expectativas de crecimiento previstas.

CUADRO 1. Producción mundial de salmón y trucha cultivada [Miles de Ton round]						
País	1996	2004	2005	2006	Var.1996-06	Distr.% 2006
Noruega	313	602	632	652	108%	39,7%
Chile	184	601	614	628	241%	38,2%
R. Unido	83	137	130	128	54%	7,8%
Canadá	45	107	124	125	178%	7,6%
Australia	8	15	18	17	113%	2,0%
Otros países	118	124	99	93	-21%	5,0%
TOTAL	751	1.586	1.617	1.643	119%	100,0%
% Variación Anual	23%	5%	2%	2%		

Nota: Producción de Chile 2006 corresponde a información preliminar de SERNAPESCA.
Fuente: SalmonChile, 2007. Estudio “Producción mundial de salmón cultivado”.

La principal fuente de alimento para la salmonicultura es la harina y aceite de pescado. La oferta de estos insumos en el corto y mediano plazo tenderá a mantenerse estable, principalmente debido a que en la actualidad se ha fijado el volumen que puede ser capturado para la mayoría de las especies. En la temporada 2005/2006 se obtuvo la menor producción mundial de harina de pescado de los últimos años, y a pesar de que para 2007/2008 se esperaba que ella aumentara a 5,7 millones de toneladas (un millón de toneladas menos que en 1997), esto no sería suficiente para recuperar los niveles de stock final de temporadas anteriores, que bordeaban las 600.000 toneladas.⁴

En el corto plazo, los efectos de esta situación se verán reflejados en aumentos de precios en la harina, debido a que la sustitución de ella por otra fuente de proteína no es inmediata. Al largo plazo, la falta de oferta de harina de pescado se ajustará mediante la inclusión de productos sustitutos en la dieta, en función de sus precios y porcentajes que se pueden incorporar en los alimentos, donde el lupino dulce puede jugar un rol importante.

Dado que el lupino dulce se comercializa como fuente proteica vegetal, sus perspectivas en el mediano y largo plazo dependerán de la situación de otras especies que representan fuentes proteicas y que hoy dominan el mercado en este ámbito, particularmente el afrecho de soya.

⁴ “El raps canola en las temporadas agrícolas 2006/07 y 2007/08”, www.odepa.cl



En la actualidad, la demanda chilena de proteína vegetal está siendo cubierta mayoritariamente con importaciones de proteína en la forma de concentrados vegetales, tales como torta de soya, soya en grano, torta de maravilla o torta de maní. A partir de la soya se están elaborando concentrados proteicos que tienen un alto contenido de proteína, de hasta 70%; además de estar libres de factores antinutricionales característicos de la soya, de manera de que no se presenten alergias o dificultades en su digestión.

El afrecho o torta de soya es en la actualidad la principal fuente de proteína vegetal a nivel mundial, concentrándose su producción en tres países: Estados Unidos, Argentina y Brasil. La principal amenaza al cultivo de lupino es que, en la actualidad, la proteína de soya se ha convertido en un subproducto de la fabricación de aceite de soya, razón por la cual es una fuente de bajo costo, con la cual es difícil competir. Si bien se ha sostenido su calidad de material transgénico, la industria de alimento considera que ésta no será una limitante para su uso.

El lupino también compite con el raps canola, parte de cuya cosecha en Chile se ha destinado a la elaboración de alimentos para animales, especialmente salmones y aves, a partir del año 2000, incluso estableciéndose contratos de largo plazo con las empresas procesadoras de grano. En una menor proporción, este producto se destina al consumo humano.

La oferta

El principal país productor y exportador de lupino dulce es Australia, que representa alrededor del 85-90% de la producción y una fracción equivalente de las exportaciones, seguido por Chile. La superficie sembrada mundialmente ha estado disminuyendo a partir del año 1997, debido principalmente a una menor superficie cultivada en Australia, en parte como resultado de los fenómenos climáticos que han afectado a ese país. En Chile y el resto de los países productores se observa un aumento de este cultivo en el último tiempo, que respondería al estancamiento de la oferta de fuentes proteicas de origen animal; el incremento a tasas anuales de 3% a 4% en la demanda por alimentos con altos contenidos de nutrientes proteicos; y la menor oferta de lupino australiano, lo que aumentó los precios de exportación e internos del lupino chileno (Cuadro 2).



CUADRO 2. **Precio de venta de lupino dulce sin cáscara, puesto en Osorno**

Año	US\$/ton
2005	290
2006	295
2007	325

Fuente: AVELUP, Temuco

La superficie sembrada de lupino en Chile ha aumentado a partir de la temporada agrícola 2001/2002, hasta culminar en un máximo de 28.490 ha durante la temporada 2005/06, de las cuales alrededor de 20.000 correspondieron a lupino amargo.⁵ El crecimiento en superficie se deriva fundamentalmente de la evolución que ha experimentado la demanda por lupino dulce en la industria de alimentos para salmones.

AVELUP, principal poder comprador de lupino dulce en la Región de la Araucanía, ha estado vendiendo este producto en forma de harina a las empresas de alimenors para peces desde el año 2001, en volúmenes que llegaron a 4.500 ton en el año 2005, 8.000 ton el año 2006 y sólo 5.000 ton el año 2007. La menor producción de este último año es atribuible básicamente a que los contratos ofrecidos no fueron suficientemente atractivos para los productores:⁶ los precios pagados a éstos se han mantenido prácticamente sin variaciones, en torno a \$ 100 por kilo (Cuadro N° 3), mientras que los precios de otros productos de cultivos tradicionales de la región, como el raps canola, trigo, avena o cebada, se han visto mejorados significativamente por factores como la expansión del sector de los biocombustibles, el crecimiento continuo de la población y economías asiáticas,⁷ o el interés creciente por la salud en Norte América (caso del aceite de canola).

⁵ Datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

⁶ ODEPA, 2005. El cultivo del lupino y su mercado.

⁷ ODEPA, 2007. El raps canola en las temporadas agrícolas 2006/07 y 2007/08.



CUADRO 3. Precio pagado a productor por kg. de lupino dulce entero

Temporada Agrícola	Precio pagado a productor (moneda nominal)
2004-2005	\$ 100
2005-2006	\$ 90
2006-2007	\$ 100
2007-2008	\$ 125 (*)

(*) Precio piso ofertado para la temporada.

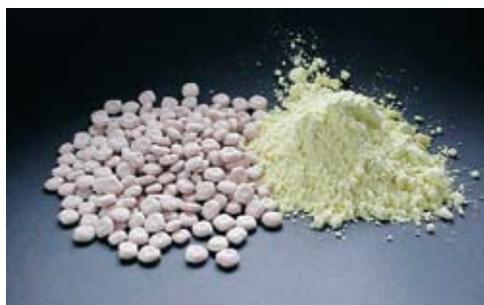
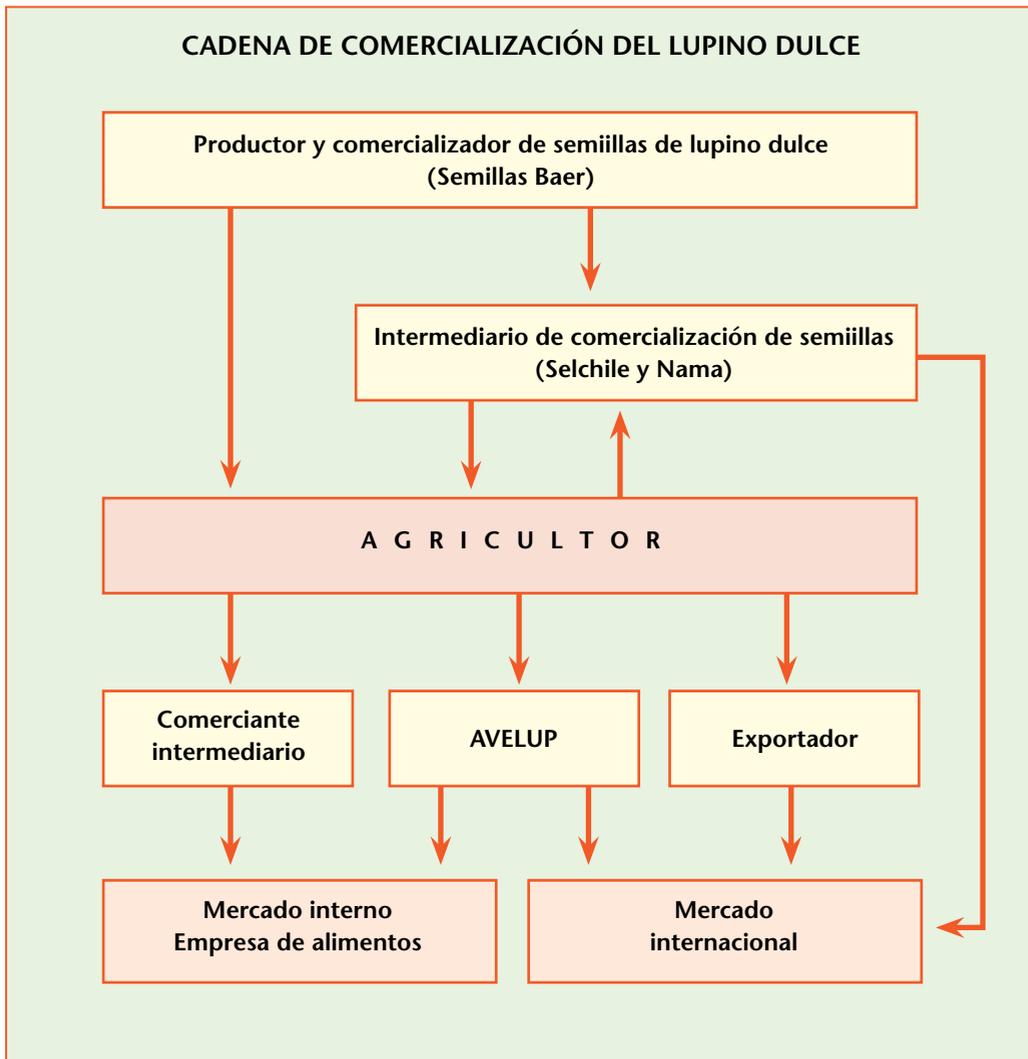
Fuente: AVELUP, Temuco.

Perspectivas

En la actualidad la industria salmonera conoce las características del lupino dulce como fuente de proteína y está dispuesta a convertirse en un comprador de mayor volumen. Actualmente la misma transa un orden de un millón de toneladas de alimentos para el cultivo de salmónidos. Si se incorporara la harina de lupino en un 5% a las formulaciones de éstos, se requerirían 50.000 toneladas de ese producto. De hecho, la industria de alimentos anticipa una demanda por lupino dulce de unas 100.000 toneladas en 2010. Ello representa una gran oportunidad, y a la vez un tremendo desafío para una cadena productiva que se encuentra aún en desarrollo. A partir de los volúmenes relativamente pequeños y variables que la misma produce actualmente, le corresponde desarrollar los niveles de productividad y sistemas de incentivos que le permitan llegar a ofrecer un suministro estable a través del tiempo en los volúmenes y calidades requeridas, a precios competitivos, en su equivalente proteico, con los de la torta de soya.

La cadena de comercialización

La cadena de comercialización del lupino dulce se estructura según se ilustra en la figura siguiente.



Proveedores

La cadena de comercialización comienza con la única empresa productora de semillas de lupino dulce en Chile, Semillas Baer, localizada en la Novena Región. Esta empresa ha sido pionera en el desarrollo de las variedades y controla el material genético. Semillas Baer produce la semilla y la comercializa a través de contratos de siembra con agricultores, a los que les asegura un precio de compra base y les presta asesoría técnica durante todo el cultivo. Desde hace un tiempo también vende semilla a dos empresas exportadoras de lupino, SELCHILE y NAMA, que actúan como intermediarios en la venta de semilla a los agricultores y que también operan a través de contratos de siembra. No obstante, la oportunidad de negocio del lupino dulce en la industria salmonera ha comenzado a atraer a otros actores que se encuentran desarrollando o accediendo a material genético que les permita ingresar en forma independiente a la industria.



Intermediarios

Los principales intermediarios en la cadena de comercialización del lupino dulce son por una parte, AVELUP –una empresa relacionada e integrada verticalmente con Semillas Baer, que comercializa el lupino dulce principalmente en el mercado interno, en forma de grits (grano descascarado) o como harina para empresas de alimentos para peces– y además las empresas exportadoras de lupino dulce, dentro de las cuales se encuentran Selchile y Nama.

Productores

El productor “tipo” de lupino corresponde mayoritariamente a un agricultor tradicional, ya sea que éste posea pocas o muchas hectáreas. Sin embargo, existe una fracción de ellos que tienen un perfil mucho más empresarial e innovador. En el caso del lupino dulce, su cultivo se concentra en agricultores medianos y grandes, cuyo principal rubro es el trigo y que requieren alternativas de rotación que reemplacen al raps o permitan alternar con la avena. Estos productores venden por lo general directamente a una empresa exportadora, cuando se trata de lupino amargo, o siembran con contrato previo, cuando se trata de lupino dulce.

Los pequeños agricultores, cuyos predios tienen en promedio entre 12 a 15 hectáreas, siembran entre 4 y 5 ha de lupino, casi exclusivamente amargo, que constituye un componente importante de la rotación con el trigo. Venden su producto directamente en el predio a un intermediario o directamente a un exportador.

Consumidores

Son usuarios industriales que utilizan el lupino como materia prima para la elaboración de alimento para animales y peces. En el caso de las empresas que elaboran alimento para salmones, la industria se encuentra formada por seis grandes empresas: Biomar, Alitec, Ewos, Skretting Chile, Salmones Antártica y Cultivos Marinos Chiloé. Estas dos últimas corresponden a empresas salmoneras que producen su propio alimento.

Dado que en Chile la siembra de lupino dulce se realiza, principalmente, a través de contratos de siembra donde las empresas que proveen de semilla están integradas verticalmente con la empresa que compra la producción a los agricultores, la rentabilidad de largo plazo del cultivo depende, críticamente, de los precios de la semilla y de compra de la cosecha que establezcan estas empresas.



2.3. Estrategia de implementación

Mientras la cadena de comercialización no permita al agricultor generar márgenes en el lupino dulce que sean competitivos con otras opciones productivas a su disposición, es poco probable que se pueda satisfacer las condiciones requeridas por la industria salmonera, respecto de los volúmenes, calidad y estabilidad del suministro.

Por este motivo, la producción de lupino dulce ha resultado hasta ahora más atractiva para medianos a grandes agricultores, con capacidades empresariales que les permitan generar mayores rendimientos de su cultivo. En la práctica uno de los requerimientos de los contratos de producción es una superficie superior a 50 hectáreas.

La entrada de los pequeños agricultores al negocio del lupino dulce está sujeta a que éstos puedan acercarse a las condiciones de productividad de los productores de mayor tamaño y mayor iniciativa empresarial. Ello puede ser logrado a través de la asociatividad o arrendamiento de tierras, en esquemas que privilegien la aplicación rigurosa de la tecnología disponible e incluyan una asesoría técnica que, al menos en el inicio, vaya más allá que la proporcionada por la parte contratante.

Dado el actual desarrollo de la cadena productiva, y los incentivos actualmente vigentes, es probable que el ingreso de productores más pequeños a la industria termine siendo pospuesto, hasta un momento en que ésta hubiera alcanzado mayores niveles de productividad, o bien cuando las opciones abiertas a los mismos se amplíen a nuevos proveedores de semillas e intermediarios y, de esta forma, la competencia redunde en márgenes más atractivos para el cultivo.

2.4. Rentabilidad esperada para el agricultor

A continuación se presentan los márgenes que resultan del cultivo del lupino dulce en la actualidad como base para analizar los incentivos que los mismos representan para el productor, con relación a otras opciones productivas disponibles. El negocio se evalúa para una hectárea de lupino dulce en la Región de la Araucanía.

Los costos de este cultivo diferirán según el tipo de agricultor, debido principalmente al nivel tecnológico utilizado: grado de mecanización, control de malezas, manejo nutricional, manejo fitosanitario, entre otros. En términos generales, dichos costos son del orden de \$ 175.000, para obtener rendimientos normales, como se muestra en el Cuadro N° 4. Los agregados presentados en este cuadro, incluyendo su ficha técnica, se detallan en el Anexo 1.

CUADRO 4. Estimación de costos de producción del lupino dulce por hectárea
[moneda octubre 2007]

Actividades	Total (\$)
Barbecho químico	13.135
Preparación de Suelo	27.000
Siembra	72.400
Control de malezas	40.728
Cosecha	22.000
TOTAL	175.263

Fuente: AVELUP, INDAP Temuco.

De acuerdo a información entregada por AVELUP, el rendimiento normal de lupino dulce varía entre 20 y 30 qqm/ha, donde un rendimiento menor de 20 qqm/ha es considerado malo. En el presente análisis se supone un rendimiento esperado de 25 qqm/ha, que corresponde al promedio alcanzado en la temporada 2005/2006. Por otra parte, para esa misma temporada, el precio a productor fue de aproximadamente \$ 9.000/qqm. El cultivo generaría así un ingreso bruto de aproximadamente \$ 225.000, resultando en un margen bruto por hectárea de aproximadamente \$ 50.000, según se muestra en el Cuadro N° 5.

CUADRO 5. Margen bruto de una hectárea de lupino dulce

Concepto	Monto (\$)
Ingresos	225.000
Costos de producción	175.263
MARGEN BRUTO	49.737

En el Cuadro N° 6 se compara este margen con aquel obtenido por otros rubros tradicionales de la zona durante la temporada 2005/06. Puede observarse que, a los precios vigentes en esa temporada, los márgenes del lupino dulce aparecen como muy poco atractivos.

CUADRO 6. Margen bruto anual de los rubros tradicionales, Región de la Araucanía, temporada agrícola 2005/2006

Rubro	Producción	Unidad	Ingresos [\$ /ha]	Costos directos [\$ /ha]	Margen bruto [\$ /ha]
Carne	250	Kg./ha	277.500	110.000	117.500
Leche	6.000	l/ha	720.000	500.000	220.000
Trigo	60	qqm/ha	540.000	357.000	183.000
Avena	50	qqm/ha	250.000	156.000	94.000
Raps - canola	30	qqm/ha	372.000	288.000	84.000
Lupino amargo	40	qqm/ha	360.000	170.000	190.000
Lupino dulce	25	qqm/ha	225.000	175.000	50.000

Sin embargo, es importante considerar que el lupino es frecuentemente cabeza de una rotación a la que le siguen el trigo y la avena, en complementación con el raps. En dicha rotación, el lupino es un componente esencial para mantener la sustentabilidad de estos sistemas de producción al mediano y largo plazo, romper el ciclo de enfermedades (particularmente en cereales), y fijar nitrógeno atmosférico. Los mayores ingresos u ahorros de costos que así se producen en este sistema son generados indistintamente por el lupino dulce o amargo. De esta forma, la decisión sobre qué especie de lupino utilizar en la rotación depende de la rentabilidad de cada uno de ellos,

la cual, como puede apreciarse, en la actualidad favorece al lupino amargo. Sólo una combinación de mayores rendimientos y mejores precios a productor por el lupino dulce, permitirían que éste reemplazara a las especies amargas en la rotación.

En el Cuadro N° 7 se presenta un análisis de sensibilidad del margen bruto, para distintos rendimientos probables de lupino dulce, bajo tres escenarios de precios: \$ 9.000/qqm, que correspondió al precio pagado en la temporada agrícola 2005/2006; \$10.000/qqm, precio pagado en la temporada agrícola 2006/2007 y \$12.500, precio base ofrecido para la temporada 2007/2008.

CUADRO 7. Variación margen neto, según rendimiento y precio pagado a productor

Precio pagado a productor [\$/qqmm]	Rendimiento [qqm/ha]	Costo producción [\$/ha]	Ingreso bruto [\$/ha]	Margen bruto [\$/ha]
\$ 9.000	20	175.263	180.000	4.737
	25	175.263	225.000	49.737
	30	175.263	270.000	94.737
	35	175.263	315.000	139.737
	40	175.263	360.000	184.737
	45	175.263	405.000	229.737
\$ 10.000	20	175.263	200.000	24.737
	25	175.263	250.000	74.737
	30	175.263	300.000	124.737
	35	175.263	350.000	174.737
	40	175.263	400.000	224.737
	45	175.263	450.000	274.737
\$ 12.500	20	175.263	250.000	74.737
	25	175.263	312.500	137.237
	30	175.263	375.000	199.737
	35	175.263	437.500	262.237
	40	175.263	500.000	324.737
	45	175.263	562.500	387.237

Fuente: Elaboración propia.

Para generar un margen bruto de \$ 200.000 (y competir con la opción del cultivo de lupino amargo), los rendimientos del lupino dulce deberían llegar al rango de los 40 a 45 qqm/ha al precio vigente de \$ 9.000/qqm en la temporada 2006/2007; o bien este precio tendría que alcanzar los \$15.000/qqm. Dado el precio del afrecho de soya y el actual desarrollo de la cadena productora de lupino dulce, es probable que el precio al productor se mantenga más cercano al vigente, que al que se requeriría para volver atractivo el cultivo al agricultor. En consecuencia, por ahora los ajustes tendrían que provenir fundamentalmente del lado de los rendimientos.

2.5. Gestión del agricultor

El cultivo del lupino dulce tiene requerimientos de gestión que no son superiores a aquellos de los cereales que tradicionalmente se manejan en la región. Sin embargo, en este caso, es particularmente importante la aplicación rigurosa de la tecnología disponible, de modo de asegurar rendimientos que resulten en márgenes atractivos del cultivo. La gestión de los productores se ve facilitada por la existencia de poderes compradores formales establecidos, que a través de contratos proveen a éstos de semillas y asesoría técnica, asumiendo la comercialización del producto.

► 3. El alcance del negocio

Desde un punto de vista técnico, Chile tiene buenas condiciones para producir un grano proteico en la zona sur, donde predominan los cereales y se requiere alternativas rentables para integrar en la rotación. Las leguminosas de grano tradicionales prácticamente han desaparecido, como consecuencia de la apertura sin barreras arancelarias a leguminosas extranjeras. El lupino dulce es así uno de los pocos cultivos proteaginosos que se mantiene, en parte por la demanda de la industria avícola y porcina nacional, y, en forma más incipiente, por su utilización en la industria de fabricación de alimentos para salmones. Esta última presentaría un potencial considerable, si el costo de incorporar el lupino dulce a las formulaciones de alimentos llegara a ser competitivo con otras fuentes de proteína vegetal, particularmente el afrecho de soya o los concentrados proteicos de soya.



El nivel de competitividad que necesita alcanzar la cadena de valor del lupino dulce requiere de aumentos considerables en la productividad de la misma, particularmente a su nivel primario. A este efecto se requiere de eficiencia y escalas productivas que en la actualidad se encuentran principalmente entre los productores más grandes de la zona. No obstante, fórmulas asociativas entre productores de escala productiva menor y una asesoría técnica adecuada permitirían también a productores medianos y pequeños alcanzar productividades compatibles con el negocio.

Si se alcanzaran precios que generaran los incentivos para sustituir la mitad de la importación anual de proteína que se destina a la elaboración de alimentos para animales, sería necesario producir en Chile aproximadamente 100 mil toneladas de proteína en el país, un equivalente a cultivar unas 170 mil hectáreas de lupino dulce. Si sólo se reemplazara el afrecho de soya en la alimentación de peces, se requerirían unas 40 mil o más hectáreas de lupino dulce en la zona sur.

► 4. Las claves de la viabilidad

- Para el productor, resulta clave extraer en el cultivo todo el potencial del material genético utilizado. Ello no sólo significa obtener altos rendimientos, sino también granos con los altos contenidos de proteínas y ácidos grasos preferidos por la industria de alimentos. Las mejoras en los rendimientos del cultivo son técnicamente factibles. En la actualidad, estos fluctúan entre 15 y 45 qqm/ha, considerándose normal un rango de 20 a 30 qqm/ha. No obstante, en la Región de la Araucanía se han alcanzado rendimientos máximos entre 72 y 80 qqm/ha.

Hacia esta meta resulta crítico:

- Utilizar semillas de buena calidad, inoculadas y desinfectadas
 - Renovar la semilla en cada siembra.
 - Concentrar los cultivos en zonas que estén aisladas de siembra de lupino amargo para evitar contaminación por polinización cruzada
 - Aplicar rigurosamente las medidas de manejo del cultivo.
- A nivel de la industria productora de lupino dulce, es necesario que ésta se desarrolle y consolide, de modo que sea capaz de generar una oferta estable y segura del producto final, que permita a la industria salmonera contar con un insumo de calidad homogénea, para combinarlo con otras fuentes de proteínas.

► 5. Asuntos por resolver

En una perspectiva de mediano y largo plazo, es crucial la entrada de nuevos actores en la cadena de producción de lupino dulce, principalmente en relación con la provisión de material genético. Este material debe ser validado de manera que asegure buenos rendimientos y contenido proteico de acuerdo a los requerimientos de la industria salmonera

SECCIÓN 2

El proyecto precursor

Los resultados de este libro surgen de la ejecución del proyecto “Diversificar el uso de lupino, utilizándolo como fuente proteica alternativa en la alimentación de salmonicultura”, ejecutado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, entre Diciembre del 2001 y Abril del 2004.

En dicho proyecto se definieron las características nutricionales de los alimentos en base a dos variedades de lupino dulce (Rumbo y Typ Top) y se formularon alimentos a escala pre-comercial, los que fueron evaluados en ensayos de alimentación. La materia prima para la elaboración de los alimentos fue aportada por las empresas AVELUP y Semillas Baer; mientras que la formulación de los alimentos fue realizada en conjunto con la empresa ALITEC, y las evaluaciones comerciales en la piscicultura del Instituto de Fomento Pesquero, en Puerto Chacabuco y la piscicultura de Río Blanco, en los Andes.

► 1. El entorno económico y social

En Chile, la mayor superficie de lupino dulce se concentra en la Novena Región y parte sur de la Octava. Una de las principales actividades económicas de la IX Región es la silvoagropecuaria, destacando los cultivos tradicionales de cereales, papa y lupino. Es en esta región donde se concentra la mayor superficie de lupino cultivada en el país.

El cultivo de lupino dulce es realizado principalmente por medianos a grandes agricultores; sin embargo, en este último tiempo se ha dado énfasis a la asociación de pequeños agricultores para promover la inclusión de esta leguminosa en las rotaciones de cultivos.

► 2. El Proyecto

2.1. Validación del lupino dulce como fuente de proteína

La harina de pescado es una materia prima de origen animal, de elevada concentración proteica y de excelente equilibrio en la composición de aminoácidos, con un valor nutritivo relativamente superior a las otras harinas, tanto de origen animal como vegetal. Además, el contenido vitamínico del grupo B, las elevadas concentraciones de ácido fosfórico e incluso la posible existencia de un “factor de crecimiento no identificado” hace de la harina de pescado un importante ingrediente de la alimentación animal.

En el caso del lupino dulce, los resultados del proyecto precursor permitieron confirmar que éste tiene un alto valor proteico y energético, junto con aportar caroteno y estar libre de elementos inhibidores de crecimiento, como ocurre en la soya. Las muestras enviadas a laboratorio para determinar sus características nutricionales indicaron que las variedades utilizadas en este proyecto, Rumbo y Typtop, contenían niveles cercanos al 50% de proteínas y cerca de 12% de lípidos, y que tanto el perfil de aminoácidos como el de ácidos grasos esenciales cubrían adecuadamente los requerimientos de los peces. Estos resultados contrastan con los parámetros generalmente manejados para el producto, que le atribuyen contenidos de proteína del grano descascarado de entre 35 - 45 % (base peso húmedo); y de alrededor del 9% de aceite. Adicionalmente, una ventaja del lupino es que la digestibilidad de su proteína es mayor que la de harina de pescado, a diferencia de la soya, lo que aumenta la absorción de fosfato por parte de los salmones, disminuyendo la contaminación del ambiente en que son criados.

Al comparar estos contenidos con los requerimientos nutricionales de los salmones y truchas, que se indican en el Cuadro N° 8, y con los contenidos nutricionales de productos sustitutos, como afrecho de soya y harinilla de trigo en el Cuadro N° 9, se puede apreciar que el lupino dulce es una fuente de proteínas competitiva, que podría ser incorporada en la dieta de salmones.

CUADRO 8. Composición de dietas para alimentación de salmones y truchas

[Porcentajes]

Componente	Salmones				Truchas							
	Inicial		Crecimiento. y reproductores		Inicial		Crecimiento		Producción		Reproductores	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Proteína cruda	50,0		46,5		50,0		44,0		40,0		40,0	
Materia grasa	17,0		18,0		17,0		15,0		12,0		10,0	
Fibra cruda	1,5		2,5		5,0		5,0		5,0		5,0	
Ceniza	11,0		11,0		15,0		15,0		12,0		15,0	

Fuente: Alimentos Mainstream Ltda, Rangen Inc., Aquaculture Feeds Division. USA.

CUADRO 9. Composición de alimentos para uso en acuicultura [Porcentajes]

Componente	Humedad	Proteína	Energía metaboliz.	Calcio	Fósforo	Metionina + Cisteína	Lisina	Grasa	Fibra
Afrecho de soya	11,0	45,0	2,2	0,3	0,2	1,3	2,9	1,0 *	6,0 *
Harinilla de trigo	10,3	15,0	1,9	0,2	0,1	0,4	0,5	-	18,0 *
Aceite de pescado (Trusal)	0,1		8,9						
Harina de pescado (67,7%)	7,9	67,7	3,1	4,1	2,6	2,6	5,3	9,4	1,0
Harina de pescado (65,7%)	9,3	65,7	2,9	3,8	2,6	1,8	4,8	8,7	1,0

Fuentes: Departamento de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Universidad de Chile

* NASNRC 1966.

** Laboratorio de Nutrición Animal de la Fac. de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador.

En el proyecto se consideraron formulaciones de dietas que incluyeron 0,8 y 15% de lupino dulce, manteniendo un nivel energético comparable entre las fórmulas diseñadas. Los resultados de estas formulaciones y su análisis estadístico demostraron que **los alimentos con lupino no fueron significativamente diferentes al alimento comercial-control**, en cuanto a los parámetros productivos de ganancia de peso, coeficientes de conversión del alimento, digestibilidad, impacto en el medio ambiente, características físico-químicas, costo por un kilo de pez producido y calidad de la carne, lo que permite suponer que el lupino dulce, desde un punto de vista técnico, podría ser un insumo más para la industria de alimentos para salmones y truchas.

2.2. La gestión del proyecto precursor

El proyecto se caracterizó por analizar tres áreas que se vinculan en su relación proveedor-cliente, que son: el sector agrícola, que estuvo encargado de proveer la materia prima; la industria de alimentos para salmones, encargada de preparar las formulaciones de alimentos, y el sector acuícola salmonero, que utilizó las dietas en la alimentación de salmones. Este enfoque integral permitió un trabajo en conjunto de los distintos actores de la cadena de producción, que favoreció la creación de canales de comunicación expeditos y regulares entre los distintos componentes.

2.3. La asesoría

Durante toda la investigación existió una estrecha relación entre los ejecutores del proyecto y las empresas participantes, las que de esta manera aportaron continuamente todo su conocimiento y experiencia, necesarios para el mejor desarrollo de esta investigación.

En términos de difusión, se realizaron seminarios donde se entregó información sobre las características del lupino dulce y su potencial uso en la industria de alimentos para salmones. Los resultados finales del proyecto fueron difundidos en un seminario de connotación nacional.

► 3. Los actores de la cadena hoy

El enfoque integrado de la ejecución del proyecto y sus resultados contribuyeron a que AVELUP pudiera posicionar el lupino dulce en el mercado de insumos para la industria salmonera. Esta empresa comenzó a vender el producto en 2001 y sus operaciones se ampliaron en los años siguientes, extendiéndose hasta Osorno a partir de la temporada 2003/2004. Sus principales compradores son las empresas Ewos, Biomar y Nutrello.



SECCIÓN 3

El valor del plan de negocios aprendido del lupino

El análisis del plan de negocios “aprendido” en este Libro contribuye a poner en perspectiva las limitantes y potencial que tiene el negocio del lupino dulce para los agricultores de la Región de la Araucanía.

A partir del estado actual de desarrollo de la cadena productiva del lupino dulce, se conocen ahora los desafíos y requisitos que ella debe satisfacer y las implicancias que éstos tienen para los agricultores, en particular para los de menor tamaño.

En el marco de las perspectivas favorables del mercado de proteínas vegetales, el crecimiento y consolidación de la industria de lupino dulce requiere que ésta sea capaz de asegurar un producto de calidad proteica aceptable para la industria salmonera, con abastecimiento estable en el tiempo y a un precio competitivo. En este sentido, la entrada de nuevos actores a la cadena favorecería un mayor grado de competencia, lo que resultaría en una mejor productividad y por tanto, volver más atractivo el cultivo de lupino dulce para los agricultores.

Anexos

Anexo 1. El cultivo del lupino

Anexo 2. Documentación disponible y contactos

ANEXO 1. El cultivo del lupino

El lupino es una leguminosa que corresponde a un conjunto de plantas del género *Lupinus*. Existen especies y/o variedades de crecimiento determinado e indeterminado; en las indeterminadas se pueden presentar, en un mismo momento, vainas formadas, inflorescencias en plena floración y botones florales, lo que dificulta su manejo cultural, así como una cosecha homogénea y pareja.

En Chile se cultivan las especies *Lupinus angustifolius*, de flor azul; *Lupinus albus*, de flor blanca, que fue introducido como forraje animal y *Lupinus luteus*, de flor amarilla. Estas dos últimas especies, producto de mejoramientos genéticos, son dulces o con un bajo contenido de alcaloides (menor de 0,05%), componente que le otorga el sabor amargo característico del lupino, y se cultivan con fines forrajeros, principalmente para la industria avícola y lechera.

Un lupino, para que sea considerado amargo, tiene que tener un 98% de sus semillas amargas, mientras que el lupino dulce debe tener menos de un 4% de semillas amargas y su contenido de alcaloides no debe ser superior a 0,05%, en el caso de consumo animal, y a 0,02% en el caso de consumo humano. Para la elaboración de harina o para consumo animal, el lupino debe ser dulce y su contenido de proteína, dependiendo de la variedad, debe oscilar entre 35 y 40%.

El cultivo de Lupino tiene las siguientes ventajas, lo que le proporciona características adecuadas para incorporarlo en las rotaciones:

- Tiene una eficiente fijación de nitrógeno, incluso en suelos ácidos.
- Moviliza el fósforo y otros elementos que se encuentran inmovilizados en el suelo, dejándolos disponibles para próximos cultivos.
- El efecto pivote de su raíz facilita una mayor penetración del agua al suelo.

Las variedades de lupino blanco se clasifican en invernales y primaverales, siendo básicamente las invernales las que se siembran en el país. Las variedades de hábito primaveral prácticamente se han dejado de usar debido a las sequías de primavera-verano que afectan en gran medida los rendimientos.

Un problema importante que puede llegar a producirse en el lupino blanco, es el alargamiento de su ciclo vegetativo producto de años húmedos; esta situación puede determinar problemas en la maduración y complicaciones importantes en la trilla. En la IX Región es mejor sembrar lupino blanco desde el valle hacia la costa, ya que al existir un clima más templado la humedad de trilla se alcanza a más tardar durante la segunda quincena de marzo. Conjuntamente con lo señalado, es importante el uso de variedades de ciclo más corto y de mayor concentración en la madurez de cosecha.

Las principales variedades de lupino dulce que se cultivan en el país son: Victoria, Rumbo, Typtop, Australiano y Gungurru, cuyas características se muestran en el Cuadro 1. La variedad Typtop Baer es una de las que tiene mayores perspectivas, por su alto contenido proteico y su crecimiento determinado, que permite que la planta concentre su floración, lo que facilita su cosecha mecanizada.

CUADRO 10. Principales variedades de lupino dulce cultivadas en Chile

Especie	Variedad	Grano	Flor	Ciclo	Observaciones
<i>L. albus</i>	Victoria	Blanco dulce	Azul clara	Tardío	Tolerancia media a la antracnosis
	Rumbo Baer	Blanco dulce	Azul clara	Semi-tardío	Buena tolerancia a antracnosis
	Typtop Baer	Blanco dulce	Azul clara	Semi-tardío	Mayor nivel proteico y posee crecimiento determinado
<i>L. angustifolius</i>	Australiano	Dulce, semilla blanca	Blanca	Precoz	Resistente a Phomopsis, pero no a antracnosis
	Gungurru	Dulce, semilla blanca	Blanca	Precoz	

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile. "Lupino dulce, leguminosa en la producción de alimento para salmónidos", 2004.

Hay disponibles dos variedades de lupino blanco dulce obtenidas en Chile: Rumbo-B y Typtop-B, con hábitos de crecimiento indeterminado y determinado, respectivamente. Los lupinos de hábito indeterminado siguen produciendo floraciones mientras las condiciones ambientales lo permiten, en tanto que los determinados producen sólo una o dos floraciones. Rumbo-B generalmente produce tres floraciones: en el eje principal, en las ramas primarias, y en las ramas secundarias. Las ramas primarias nacen del eje principal; las ramas secundarias nacen de las primarias, y así sucesivamente. La primera floración es más propensa a sufrir daño por heladas. Es importante tener presente este factor si se siembra la variedad Typtop, ya que la mayor proporción de vainas se encuentra en el eje principal, es decir, proviene de la primera floración.

En cuanto al lupino de hoja angosta, la variedad Gungurru y una variedad no identificada han sido sembradas por varios años en la región. Durante la temporada 2003-04 se multiplicó la variedad australiana Wonga, de manera que pronto debería haber semilla disponible en el mercado. La semilla de Wonga tiene un moteado más intenso que la de Gungurru y la planta ramifica más profusamente, incluso con ramificaciones basales. Wonga es resistente a antracnosis en Australia. Hay alrededor de seis variedades australianas que han sido evaluadas en Chile experimentalmente, pero no cultivadas comercialmente (Belara, Kalya, Myallie, Quilinoock, Tallerack y Tanjil).

El largo período de siembra a cosecha (10-11 meses) de las variedades indeterminadas de lupino blanco se ajusta a las condiciones ambientales del secano interior y al valle central, pero estas variedades tienen problemas para completar su ciclo en el valle central sur de La Araucanía y en el valle precordillerano. Las variedades determinadas de lupino blanco tienen un ciclo más corto, de aproximadamente 7 meses, por lo cual su zona de cultivo es más amplia, por lo que pueden sembrarse en el secano interior, en el valle central y el valle precordillerano, al igual que las variedades de hoja angosta, que tienen un periodo de siembra a cosecha de aproximadamente 6 meses.

Requerimientos agroclimáticos

El lupino dulce es un cultivo que se adapta a las condiciones agroecológicas de la zona centro y sur del país. Es una especie resistente a las heladas durante sus primeras etapas de desarrollo. La temperatura mínima para que ocurra la germinación y el crecimiento del lupino es de 3 °C. La emergencia, en tanto, al sembrarlo a 4 cm de profundidad, demorará alrededor de 20 días si la

temperatura del suelo es de 5 °C, 15 días si la temperatura es de 7,5 °C y 10 días si la temperatura es de 10 °C.

El lupino blanco de tipo invernal requiere vernalización, con temperaturas entre 1 y 14 °C, mientras que el de tipo primaveral puede no necesitar vernalización o presentar un muy bajo requerimiento de frío. Los lupinos blancos y australianos presentan buena tolerancia a heladas. En el caso del lupino blanco, las plantas al estado de roseta pueden resistir hasta menos de 10 °C bajo cero; en estados vegetativos más avanzados, toleran hasta 5 °C bajo cero sin que se presenten efectos dañinos. Las plantas no resisten heladas durante su etapa reproductiva. Las temperaturas óptimas para lupino blanco durante la etapa reproductiva fluctúan entre 18 y 24 °C. Hacia el final de la etapa de llenado de granos, lo ideal es que las temperaturas se sitúen entre 22 y 24 °C.

Desde el punto de vista edáfico, el lupino es una especie poco exigente. Presenta muy buena adaptación en suelos trumaos, aunque también responde de buena forma en suelos rojo arcillosos. En éstos, las siembras deben ser tempranas para así asegurar un buen establecimiento del cultivo. Una vez que esto se logra, el crecimiento de las plantas puede alcanzar un muy buen nivel, ya que el lupino presenta relativamente buena tolerancia a los excesos de humedad, con el desarrollo de raíces adventicias cerca de la superficie del suelo.

El lupino blanco y el lupino australiano son especies que presentan muy buena tolerancia a la acidez, pudiendo crecer bien en un rango de pH de 4,5 a 7,5; ambas especies son además relativamente tolerantes a altas concentraciones de aluminio. El rango óptimo de pH para la nodulación, tanto de lupino blanco como australiano, fluctúa entre 4,8 y 5,5.

Enfermedades

Antracnosis

Esta enfermedad es causada por el hongo *Colletotrichum* y el mejor método de control es el uso de semilla sana, ya que la enfermedad puede transmitirse por semilla, aún cuando también hay transmisión por residuos. Por tanto, se recomienda evitar potreros que hayan tenido lupino al menos los tres años previos, en particular si ha habido presencia de antracnosis.

En relación a la aplicación de fungicidas al follaje, no hay productos capaces de detener un ataque intenso de antracnosis cuando las condiciones ambientales favorecen la diseminación de la enfermedad, ni siquiera con aplicaciones múltiples.

Mancha café

El hongo que causa esta enfermedad, *Pleiochaeta setosa*, afecta tanto la raíz como el follaje y a diferencia de la antracnosis, constituye un problema más en lupino de hoja angosta que en lupino blanco. La pudrición de la raíz es más dañina, ya que puede disminuir drásticamente la población de plantas. Cuando ha coincidido con el cese de lluvias, condición que no favorece el desarrollo de la enfermedad, la aplicación de prochloraz + carbendazim (Sportak alpha), aparentemente contribuye a detener el ataque de *Pleiochaeta*.

Si bien puede transmitirse por semilla, el principal medio de transmisión de *Pleiochaeta* son los rastrojos o residuos infectados; razón por la cual se recomienda eliminar los rastrojos del potrero sobretodo si ha habido ataque de mancha café y limpiar bien la maquinaria con que se ha trabajado en ese potrero. Para no enterrar en profundidad las esporas, se recomienda no invertir el suelo que ha tenido lupino con mancha café y preferir el uso de arado cincel.

Además, es recomendable sembrar lupino luego de un cereal, si es posible con cero labranza y manteniendo unas 2-3 ton/ha de rastrojo y evitar el uso de potreros que hayan tenido lupino al menos los tres años previos, en particular si se ha habido ataque de *Pleiochaeta*.

Plagas

El lupino tiene relativamente pocas plagas importantes, las principales son los gusanos cortadores, la mosca de la semilla y las babosas. Ocasionalmente, pueden presentarse ataques de la pulga saltona (*Sminthurus viridis*) durante el desarrollo inicial del lupino. Si la densidad de población lo justifica, puede recurrirse a un insecticida piretroide seguido de un inhibidor de quitina.

Manejo del cultivo

Preparación de suelo

El lupino es un cultivo que se siembra básicamente durante el otoño, donde es muy importante que los suelos presenten una escasa compactación, para que así logren almacenar una mayor cantidad de agua sin que ocurra saturación. Se recomiendan acciones que contribuyan a tener suelos más descompactados, como araduras profundas, en que el pie de arado se localice a mayor distancia de la superficie del suelo, labranza mínima y aradura con subsolador cada tres años.

Época de siembra

Las variedades de lupino blanco invernal, que son las que se utilizan en el país, deben sembrarse fundamentalmente en los meses de abril y mayo, aunque bajo ciertas condiciones pueden realizarse siembras hasta mediados de junio.

En el secano interior y valle central de La Araucanía, es recomendable sembrar el lupino blanco indeterminado (Rumbo) en forma temprana, de preferencia entre mediados de abril y mayo. Esto permitirá cosechar más temprano, generalmente en marzo, y optar a un mejor rendimiento. En el caso de lupino blanco determinado (Typtop) se puede sembrar entre julio y agosto.

En el secano interior de La Araucanía es recomendable sembrar el lupino de hoja angosta antes de que termine junio, y en el valle central o valle precordillerano entre el 15 de julio y 30 de agosto, dependiendo de la capacidad de retención de humedad del suelo. Es posible atrasar la siembra hasta mediados de septiembre en sectores en que el suelo mantiene humedad hasta fines de primavera.

Dosis de siembra

Para el lupino blanco se recomienda en general una población a cosecha de aproximadamente 30 plantas/m², contemplando una distancia de 20 cm entre hileras y una población de seis plantas por metro lineal a cosecha. Estas siembras se realizan con máquina cerealera, tapando una de cada dos caídas. Es preferible calibrar la sembradora en términos de semillas por metro cuadrado y no kilos por hectárea.

El lupino blanco determinado requiere 26-30 plantas/m² y para obtener tal densidad, hay que sembrar a razón de 30-34 semillas/m². Rumbo tiene semillas que pesan 350-390 mg, de manera que requerirá alrededor de 110-130 kg/ha. Las variedades de crecimiento determinado, como Typtop, requieren una densidad de siembra mayor, de 36-40 plantas/m², para lo que necesitará 42-46 semillas/m². Ya que la semilla de Typtop pesa 400-440 mg, requerirá unos 170-190 kg/ha.

En lupino de hoja angosta, una densidad de 44-48 plantas/m² es adecuada, para lo cual requerirá sembrar alrededor de 51-55 semillas/m². El peso medio de semilla de las variedades de lupino de hoja angosta fluctúa entre 160 y 180 mg. Para un peso de 170 mg/semilla, la dosis de siembra es 85-95 kg/ha.

En general, una densidad mayor que el óptimo económico es preferible a una densidad menor que el óptimo. El lento crecimiento inicial del lupino permite la invasión de malezas y una densidad alta ayuda al cultivo a competir más tempranamente con las malezas, además, contribuye a reducir la diseminación de mancha café (ver página 25, Enfermedades). No obstante, si el desarrollo del lupino es favorecido por un suelo fértil y buena disponibilidad de agua, una densidad alta puede ocasionar tendedura.

En el caso de variedades de lupino blanco indeterminado, por ejemplo Rumbo, es preferible sembrar tubo por medio (es decir 34 cm entre surcos). En el caso de variedades de lupino blanco determinado, como Typtop y el lupino de hoja angosta, se puede sembrar a tubo seguido o tubo por medio.

Profundidad de siembra

La profundidad de siembra recomendable es de 3 a 5 cm, dependiendo fundamentalmente del tipo de suelo, del tamaño de la semilla y de la preparación de suelo. Es importante que el último rastraje se realice con rastra combinada, para que así con los rodillos se logre una compactación subsuperficial que minimice la posibilidad de descalce. De no contar con ese tipo de rastra, será fundamental rodonar antes de la siembra.

No se recomiendan siembras a más de 5 cm, ya que prolongarán la permanencia de la semilla en el suelo, aumentando con ello las posibilidades de compactación por efecto de lluvias, y de ataques de gusano del maíz (*Delia platura*).

Fertilización

Considerando su condición de especie leguminosa, los requerimientos de nitrógeno a través de la fertilización son bajos. Según algunos estudios la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico en lupino blanco y en lupino australiano representa aproximadamente el 85% de sus necesidades totales. Para lograr estos niveles de fijación, se requiere de la presencia de bacterias de la especie *Bradyrhizobium* sp. En suelos en que anteriormente se hayan desarrollado cultivos de buena nodulación, sólo debería considerarse una dosis de 25 a 30 kg de nitrógeno/ha al momento de la siembra.

El lupino blanco rara vez requiere fertilización. El lupino de hoja angosta también responde poco a la fertilización, pero puede requerir aplicaciones de fósforo, potasio, azufre o magnesio, para ello es recomendable disponer de un análisis de suelo, ya que permite detectar y corregir las principales deficiencias. En términos generales, no se justifica aplicar más de 60 kg/ha de anhídrido fosfórico, 50 kg/ha de óxido de potasio, 45 kg/ha de azufre elemental, o 36 kg/ha de óxido de magnesio, según el caso.

La existencia de raíces protoídes en lupino blanco determina que parte del fósforo fijado en los suelos vaya quedando disponible para las plantas; esta situación, conjuntamente con la gran extensión del sistema de raíces que presentan las plantas de lupino blanco, determina que en general la fertilización fosfatada sea baja o incluso nula. Si el contenido de fósforo disponible en el suelo es igual o superior a 8 ppm, no se recomienda fertilizar.

En cuanto al potasio, se ha encontrado respuesta en la medida que los contenidos del elemento en el suelo sean inferiores a 90 ppm. En suelos rojo arcillosos y algunos trumaos los niveles de azufre son muy bajos, debiendo considerarse la aplicación de este elemento. También es importante determinar la disponibilidad de magnesio en el suelo, de manera de suplir los requerimientos de las plantas.

Finalmente, cuando se incorpora el lupino por primera vez a una rotación, es recomendable tratar la semilla con un inoculante específico para lupino, ya que una buena nodulación es esencial para que el lupino fije nitrógeno y libere un remanente para los cultivos siguientes.

Control de malezas

Para el control de malezas anuales de hoja ancha, tanto en lupino blanco como en lupino australiano, se utiliza principalmente simazina (Simazina, Sinamex, Gesatop) y en menor medida metribuzina. Ambos herbicidas se usan principalmente en preemergencia, debiendo aplicarse inmediatamente después de la siembra, ya sean siembras en otoño (abril-mayo) como de salidas de invierno (julio-agosto), ya que requieren buena humedad en el suelo. Actúan lentamente y tienen un efecto residual largo, generalmente superior a dos meses. Puede complementarse con diuron (Diurex, Diuron, Karmex, Ustinex) para mejorar el control de rábano.

Las malezas gramíneas son fácilmente controlables con aplicaciones de postemergencia. Para estos efectos, se puede optar por varios productos: haloxifop-metil (Galant Plus), setoxidim (Poast), quizalofop-etil (Assure Plus, Flecha), fluazifop-butil (Hache Uno 2000), clethodim (Centurion). Estos productos deben aplicarse entre estados de roseta y de prebotón floral, dependiendo del estado de desarrollo de las malezas.

Rotación

En términos generales no es recomendable sembrar lupino sobre lupino, debido al mayor riesgo de enfermedades. Una rotación adecuada consistiría en avena- lupino-trigo, ya que en lo posible el lupino debiera sembrarse después de cereales. Por otra parte, el lupino disminuye la incidencia del mal del pié en trigo y otros cereales.

Cosecha

Las mayores dificultades a la cosecha se producen en potreros de lupino para semilla infestados de rábano, ya que éste permanece verde cuando el lupino está en condiciones de trillarse. Para eliminarlo se puede aplicar un desecante foliar.

A diferencia de otras leguminosas de grano, la planta de lupino en plena madurez de cosecha del grano se mantiene relativamente erecta, permitiendo una trilla directa. Sin embargo, la poca concentración de la madurez del grano dificulta la determinación del momento óptimo de cosecha, y favorece las pérdidas por desgrane al momento de la trilla. Genéticamente se está tendiendo a variedades de floración más concentrada, las cuales permiten una eficiencia mayor de cosecha.

En el caso de lupino blanco, el engrosamiento que presentan los tallos y la abundante cantidad de materia seca dificultan el trabajo de la barra de corte de la trilladora, por lo que resulta muy importante establecer poblaciones óptimas, ya que cultivos más ralos determinan un aumento del diámetro del tallo principal.

Un problema asociado a la cosecha de lupino blanco es que durante la trilla se produce mucho grano partido y, en menor medida, ruptura de la testa. Estos daños se producen básicamente debido a la desuniformidad de madurez de cosecha, producto del hábito de floración de las variedades indeterminadas. El problema del grano partido es muy grave, ya que además de afectar el proceso de comercialización limita los rendimientos.



Las cosechas mecanizadas se realizan con automotrices cerealeras, las cuales deben adecuarse especialmente para lupino. Para evitar pérdidas se recomienda, si la máquina lo permite, alargar la mesa para que se pierdan menos granos y vainas que rebotan en el sinfín. Con lupinos blancos indeterminados generalmente hay que dejar el máximo de separación entre sinfín y mesa. Si previamente se ha cosechado un cereal se debe aumentar la distancia entre cilindro y cóncavo, lo suficiente para no partir granos; por otra parte, con una distancia excesiva pasarán algunas vainas, particularmente con lupino de hoja angosta. Se debe ajustar la velocidad del cilindro a menos de 500 rpm.

La humedad para trillar debería ser de 12 a 14% como promedio. La humedad de comercialización es de 12% tanto para el lupino dulce como para el australiano.

Rendimiento

En promedio el rendimiento del cultivo del lupino puede alcanzar entre 15 y 40 qq/ha, considerándose normal un rendimiento de 20 qqm/ha.



Ficha técnica y costos del cultivo

CUADRO 11. **Estimación de costos de producción del lupino dulce por hectárea**

[Moneda octubre 2007]

Actividades	Cantidad	Unidad	Precio unitario sin IVA (\$)	Total (\$)
Barbecho químico				
Tauch down	3	Lt	3.045	9.135
Aplicación	1		4.000	4.000
Preparación de Suelo				
Cinzel	1		12.000	12.000
Rastra	1		10.000	10.000
Vibrocultivador	1		5.000	5.000
Siembra				
Siembra	1		12.000	12.000
Rodón	1		4.000	4.000
Sulfato de calcio	300	kg	60	18.000
Semilla desinfectada e Inoculada (var. Rumbo)	120	kg	320	38.400
Control de malezas				
Gesatop (Simazina 90%)	1,8	kg	3.099	5.578
Aplicación	1		4.000	4.000
Centurión Súper	1	l	16.500	16.500
Aplicación	1		4.000	4.000
Logran	7	g	950	6.650
Aplicación	1		4.000	4.000
Cosecha	1		22.000	22.000
TOTAL				175.263

Fuente: AVELUP, INDAP Temuco.



ANEXO 2. **Documentación disponible y contactos**

Información adicional sobre los proyectos precursores, y los contactos con los productores y profesionales participantes en éstos, se encuentra disponible en el sitio de FIA en Internet (www.fia.gob.cl), en la sección Base de Datos de Iniciativas FIA.

La documentación de los proyectos precursores a texto completo (propuesta, informes técnicos y actividades de difusión, entre otras), puede consultarse en los Centros de Documentación de FIA, en las siguientes direcciones:

Centro de Documentación en Santiago

Loreley 1582,
La Reina, Santiago
Fono (2) 431 30 96

Centro de Documentación en Talca

6 Norte 770, Talca
Fonofax (71) 218 408

Centro de Documentación en Temuco

Bilbao 931, Temuco
Fonofax (45) 743 348

