

## EL LUPINO EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION

### “THE LUPIN IN FARMING SYSTEM”

ENRIQUE PEÑALOZA H.

Centro Regional de Investigación Carillanca, INIA. Casilla 58-D, Temuco

#### RESUMEN

Por su condición de leguminosa, el lupino representa un componente esencial en los sistemas de producción, cuyos beneficios probablemente no se hayan dimensionado en toda su magnitud. Unido a su contribución a la economía del nitrógeno, el lupino ha desarrollado adaptaciones fisiológicas que le permiten solubilizar fosfatos del suelo y establecerse en suelos deficientes con este elemento. Frente a estos beneficios, sin embargo, el cultivo plantea limitaciones agronómicas que podrían dificultar una eventual expansión de su superficie en el corto plazo. En el mediano a largo plazo, los suelos basados en la utilización intensiva del lupino podrían comenzar a experimentar problemas de acidificación, como ya se está observando en agriculturas donde el lupino representa un componente esencial en sus rotaciones de cultivo. Considerando la evolución de la superficie de las dos especies de lupino actualmente cultivadas para grano en el país (*Lupinus albus* y *L. angustifolius*), parece evidente que éstas ha logrado insertarse en los sistemas de producción del sur de Chile. Surge la necesidad, sin embargo, de explotar comercialmente otras especies del género *Lupinus* que se puedan adaptar a las limitaciones actuales del cultivo. Finalmente, pareciera interesante reconsiderar el concepto de bajos alcaloides como objetivo intransable de los programas de mejoramiento, conjugando las ventajas y desventajas de estos compuestos nitrogenados, en un nuevo ideotipo de lupino de follaje amargo, y semilla dulce.

#### INTRODUCCION

El género *Lupinus* comprende alrededor de 500 especies, de las cuales no más de 10 se encuentran presentes en el país. Entre éstas, cuatro especies están consideradas como nativas (Marticorena y Quezada, 1985), mientras que el resto corresponde a introducciones ya sea para protección ambiental, como forrajeras, ornamentales, abono verde, o cultivadas.

Entre las especies cultivadas, el *L.albus* y el *L.angustifolius* corresponden a aquellas comercialmente más importantes para la producción de grano en el país, cuya introducción se ha fomentado gracias a programas de promoción iniciados con *L.albus* a fines de la década del '70, y más recientemente con *L.angustifolius*. En conjunto, la superficie cultivada con ambos lupinos alcanzó la cifra histórica de 25.000 has la temporada 1994/95, con más de 95% concentradas en la IX Región.

En la actualidad, ambas especies de lupino se han incorporado en sistemas de producción basados principalmente en la rotación con cereales. En éstos, *L.albus* se ha cultivado por más de 20 años, principalmente en la pequeña agricultura, en tanto que *L.angustifolius* se está progresivamente insertando en los sistemas de producción de la mediana y gran agricultura del sur de Chile. Sus principales ventajas y limitaciones en los sistemas de producción de cultivos constituyen son el tema central de esta conferencia.

## LOS PRINCIPALES BENEFICIOS

Las leguminosas han formado parte de los sistemas de producción de cultivos desde los inicios de la agricultura, desempeñando roles de trascendencia en su sostenibilidad, entre los cuales la contribución a la economía del nitrógeno representa, sin duda, el de mayor impacto. Unido a esta cualidad, el lupino ha desarrollado mecanismos que le permiten solubilizar fosfatos del suelo, contribuyendo a su reciclaje particularmente en aquellos altamente fijadores de este elemento, como los trumaos del sur del país.

### Economía del nitrógeno

De acuerdo a cifras de la FAO (1994), el consumo de nitrógeno en el país se ha incrementado sostenidamente durante los últimos diez años, representando más del 50% del total de los fertilizantes actualmente utilizados. Frente a esta dependencia, resulta sorprendente la existencia de especies con la capacidad de fijar N atmosférico, cuyo impacto en la sostenibilidad de los sistemas no se ha dimensionado en toda su magnitud. Dentro de este

grupo de especies destaca el lupino, cuyos aportes de N a los sistemas, por la vía de la fijación biológica, se han estimado entre 150 y 250 kg/ha/año (Unkovick, Pate y Hamblin, 1994).

La dependencia de la fijación biológica para suplir las necesidades de N en ambas especies se ha demostrado en ensayos realizados en diversos ambientes de la IX Región, en los cuales no se ha observado respuesta positiva a la aplicación de N (Cuadro 1). En estos mismos ensayos, la inoculación de semillas no se tradujo en efectos significativos sobre el rendimiento, o la nodulación, confirmando la presencia de rizobios nativos en el suelo.

Cuadro 1. Rendimiento (kg/ha) del *L.albus* cv. Victoria y *L.angustifolius* cv. Gunguru, en respuesta a aplicaciones de nitrógeno e inoculación, en Andisoles y Ultisoles de la IX Región. Temporada 1994/95

	<i>L.albus</i>		<i>L.angustifolius</i>	
	Andisol	Ultisol	Andisol	Ultisol
N (0 kg/ha)	4.600	6.206	3.445	4.430
N (30 kg/ha)	4.452	6.808	3.475	3.912
N (60 kg/ha)	4.535	5.792	3.069	3.953
N (120 kg/ha)	4.690	5.678	3.317	3.809
NO + inoculante A	4.492	5.786	3.361	3.861
NO + inoculante B	4.267	6.608	2.892	3.995
NO + inoculante C	4.395	5.745	3.074	4.266
N (ppm)	29	21	29	21

Efecto de tratamientos no significativo ( $P>0,05$ )

Fuente : Barrientos, Peñaloza y Méndez (1996, esta publicación)

### Capacidad para solubilizar fosfatos

Durante su evolución, el lupino ha desarrollado mecanismos adaptativos que le permiten solubilizar fosfatos del suelo y, consecuentemente, establecerse en suelos cuyos niveles de

fósforo disponible son insuficientes para soportar el normal crecimiento de otros cultivos. Entre estos mecanismos destacan la exudación de ácidos orgánicos y de enzimas fosfatásicas, estimulados principalmente en condiciones de deficiencias de fósforo del suelo. Comparado con *L.angustifolius*, la capacidad de solubilizar fosfatos es de mayor intensidad en *L.albus*, caracterizado por la presencia de raíces proteoideas que favorecen el mecanismo de exudación de ácidos orgánicos en la rizósfera (Gardner, Parberry y Barber, 1982). Mientras los ácidos orgánicos son responsables de la liberación de fosfato inorgánico, las enzimas fosfatásicas parecen ser importantes en la disolución de fuentes de P orgánicas, de particular relevancia en suelos del sur de Chile (Borie, 1990).

El impacto de estos mecanismos adaptativos se ha evaluado en diferentes ambientes del sur del país mediante ensayos de respuesta a la fertilización fosfatada, en los cuales no se ha encontrado efecto a la aplicación de P (Cuadro 2). Al comparar ambas especies, sin embargo, la ausencia de raíces proteoideas en *L.angustifolius*, unido a su menor capacidad de exploración del perfil del suelo debido a su sistema radical de menor tamaño, sugiere mecanismos más limitados de utilización de fosfatos en esta última especie.

Cuadro 2 . Rendimiento (kg/ha) del *L.albus* cv. Victoria y *L.angustifolius* cv. Gunguru, en respuesta a la fertilización con fósforo, en Andisoles y Ultisoles de la IX Región. Temporada 1994/95

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	<i>L.albus</i>		<i>L.angustifolius</i>	
	Andisol	Ultisol	Andisol	Ultisol
0	6.776 a	5.966 a	4.840 a	3.119 a
50	6.799 a	5.757 a	4.978 a	3.111 a
100	6.835 a	5.946 a	5.009 a	2.926 a
200	6.695 a	5.646 a	5.048 a	2.750 b
P (ppm)	20	10	20	10

Cifras unidas por una misma letra no difieren significativamente (Duncan, P>0,05)

Fuente : Peyrelongue, Peñaloza y Montenegro (1996, esta publicación)

## PRINCIPALES LIMITACIONES

Desde su introducción, el lupino ha enfrentado un serie de limitantes de la producción, entre las cuales los problemas fitosanitarios representan los de mayor relevancia, con una incidencia que se ha ido acentuando en la medida que se ha incrementado la superficie de siembra. Aun cuando propios de cada cultivo, estas limitaciones adquieren mayor trascendencia en especies de reciente introducción, como el lupino, puesto que puede traducirse en su eliminación desde el sistema, al no disponerse de una respuesta inmediata para enfrentarlas.

### Problemas fitosanitarios

Entre los problemas fitopatológicos, la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en *L.albus*, o la mancha café (*Pleiochaeta setosa*) en *L.angustifolius* representan los principales problemas bióticos de producción de lupinos en el sur del país (Galdames y Peñaloza, 1995).

No obstante los esfuerzos realizados en el control de antracnosis desde su aparición en el país, los resultados no han sido satisfactorios, traduciéndose en muchos casos en la eliminación de la especie desde algún sistema, como ha sucedido con *L.albus* de hábito invernal. Una situación similar podría experimentar *L.angustifolius* con respecto a la mancha café, cuya incidencia se ha incrementado sostenidamente en los sistemas basados en el uso intensivo de lupino, y que no han considerado las precauciones que se deben tomar en presencia de patógenos del suelo.

Ambas enfermedades pueden atentar contra la sostenibilidad de los sistemas lupino-cereal en el corto plazo, como consecuencia del aumento sostenido del inóculo primario en el suelo, particularmente en aquellos sistemas donde el lupino forma parte de rotaciones de cultivo cortas. La incorporación de resistencia genética, unido a estrategias de control integrado que asignen un rol preponderante a la rotación de cultivos, parece ser la principal alternativa a considerar en el corto plazo. En este sentido, la liberación de cultivares con tolerancia a antracnosis (von Baer, 1996, esta publicación) debería contribuir a reducir la incidencia de esta enfermedad en *L.albus*. En *L.angustifolius*, en tanto, la reducción de la incidencia de mancha

café dependerá solamente de estrategias de control integrado, como manejo de la fecha de siembra, presencia de rastrojos y rotación de cultivos entre los principales, mientras no se disponga de cultivares con resistencia genética.

Un problema adicional que debemos comenzar a considerar se refiere a la recientemente detectada susceptibilidad a antracnosis, en todos los cultivares de *L.angustifolius* introducidos al país (Galdames y Peñaloza, 1996). Aun cuando se ha observado que la severidad de la enfermedad difiere entre cultivares, los daños que ésta puede causar en *L.angustifolius* son de magnitud similar a los que caracterizan al *L.albus*. Sólo medidas estrictas de certificación de semillas, que garanticen su producción en zonas libres de la enfermedad, combinadas con rotación de cultivos, impedirán que la antracnosis se transforme en un problema de magnitud también en *L.angustifolius*.

### **Problemas insectiles**

El incremento sostenido en la superficie de siembra se ha traducido en un incremento también sostenido de los problemas insectiles. Mientras hasta 1985 se habían descrito sólo 4 insectos en lupino, esta lista se incrementó a 14 plagas insectiles en 1995 (Aguilera, Galdames y Peñaloza, 1996, esta publicación). Entre éstas, afortunadamente sólo 3 ó 4 son consideradas plagas de importancia económica, destacando la pulga saltona de la alfalfa (*Sminthurus viridis*), con incidencia de particular magnitud en *L.angustifolius*. La mantención de bajas poblaciones de este insecto necesariamente requiere del uso de insecticidas, los que, desafortunadamente, en la actualidad ya se comienzan a considerar dentro de los costos fijos de producción del cultivo.

### **Acidificación del suelo**

Si bien algunos problemas fitosanitarios pudieran considerarse endémicos del cultivo, existen otros aspectos de manejo que debieran comenzar a evaluarse en términos de su eventual impacto sobre los sistemas de producción, al menos en el mediano a largo plazo. En efecto, la capacidad de acidificación de la rizosfera como consecuencia de la excreción de cantidades

considerables de protones a través de sus raíces (Loss, Ritchie y Robson, 1993), característica de las leguminosas en general y del lupino en particular, pueden traducirse en una significativa reducción del pH del suelo, particularmente en aquellos con baja capacidad tampón. Consecuentemente, el cultivo reiterado del lupino en un mismo suelo puede conducir a una excesiva acidificación de su perfil, como lo demuestran estudios realizados en Australia, donde se detectaron 3,22, 4,11 y 5,26 H<sup>+</sup>/ha/año, al comparar monocultivos de trigo, la secuencia trigo-lupino, y monocultivos de lupino, respectivamente (Coventry y Slattery, 1991).

### ALCALOIDES, VENTAJA O DESVENTAJA?

Desde los trabajos de von Sengbuch en 1920, el desarrollo de cultivares de lupino con bajos contenidos de alcaloides ha sido un objetivo primario de la mayoría de los programas de mejoramiento de lupino en el mundo. No obstante, el lupino amargo sigue siendo un componente importante de sistemas de producción particularmente de países andinos y, más de cerca, de un significativo sector de la pequeña agricultura de la IX Región.

Las tendencias ecologistas del mundo moderno han llevado a reconsiderar el concepto de alcaloides como compuestos indeseables, sustentado por las numerosas evidencias sobre sus beneficios, no sólo como mecanismos de defensa de las plantas frente a herbívoros, insectos u hongos, sino también por su potencial aplicación en medicina y agricultura (Wink, 1994 ; Gulewicz *et al.*, 1994). En agricultura, los trabajos publicados indican aumentos de rendimiento de 21% en *L.albus*, 60% en *L.luteus*, 70% en *L.angustifolius*, y 225% en *L.mutabilis*, al comparar estas especies en presencia y ausencia de alcaloides (Cuadro 3), resultados sustentan el concepto de alcaloides como armas biológicas, o como estimuladores del rendimiento *per se*. Respecto de este último punto, los trabajos de Cwojdzinski *et al.* (1989) informan sobre incrementos significativos de rendimiento en diversas especies, por efecto de la actividad biológica de extractos obtenidos desde lupino.

Cuadro 3 Efecto de la remoción de alcaloides sobre el rendimiento (kg/ha) de cuatro especies de lupino

	Amargo	Dulce	Diferencia (dulce=100%)
<i>L. luteus</i> <sup>(1)</sup>	2 650	1.660	160
<i>L. angustifolius</i> <sup>(1)</sup>	3 720	2.190	170
<i>L. albus</i> <sup>(1)</sup>	4 620	3.830	121
<i>L. mutabilis</i> <sup>(2)</sup>	2 800	860	325

<sup>1</sup> Kahnt y Hijazi (1987)

<sup>2</sup> von Baer *et al* (1990)

De acuerdo con lo anterior, los alcaloides en la planta pueden desempeñar roles no sólo en la sostenibilidad, sino también en la productividad de los sistemas. La necesidad de disponer de un producto con bajos contenidos de alcaloides, de modo que permita ser utilizado en la alimentación animal y humana, sin embargo, ha concentrado los esfuerzos en el mejoramiento y cultivo del lupino dulce. En el propósito de compatibilizar requerimientos de un producto con bajos alcaloides, con las características primitivas de defensa que caracterizan a estos compuestos nitrogenados, se ha llevado a postular un ideotipo de lupino para la producción de grano, con los mecanismos propios de la síntesis de alcaloides en el follaje, pero con un bloqueo en las rutas metabólicas de transporte al grano. Tal vez más pronto que tarde, la creación de una planta de lupino de grano dulce que satisfaga los requerimientos del mercado, y con capacidad de biosíntesis de alcaloides en el follaje, pueda ser una realidad.

## LITERATURA CITADA

- BORIE F 1990 Phosphorus In von Baer D (Ed), Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Lupin Conference Asociación Chilena del Lupino-International Lupin Association Temuco, Chile, pp 192-200
- COVENTRY D R AND SLATTERY W J 1991 Acidification of soil associated with lupin grown in a crop rotation in north-eastern Victoria Aust J Agric Research 42 391-397



- CWOJZINSKI W, MICHALSKI Z, NOWAK K and GULEWICZ K 1989 Studies on the influence of bitter lupine extract on the yield of different cultivated plants Lupin Newsletter 13 22-28
- FAO 1994 Anuario de Fertilizantes Vol 44 Colección FAO, Estadístico N° 126
- GALDAMES G R y PEÑALOZA H E 1995 Enfermedades del lupino en el sur de Chile, mancha café y antracnosis Tierra Adentro 2 32-35
- GALDAMES G R and PEÑALOZA H E 1996 Preliminary studies on susceptibility of *Lupinus albus* and *Lupinus angustifolius* cultivars to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporoides*) in Chile 8<sup>th</sup> International Lupin Conference Asilomar, California, USA
- GARDNER W K, PARBERRY D G and BARBER D A 1982 The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. I Some characteristics of the soil/root interphase Plant and Soil 68 19-32
- GULEWIECZ K., PERETIATKOWIECZ M., BRATEK-WIEWIOROWSKA M D and WIEWIOROWSKI M 1994 Bitter lupin seeds and straw as raw materials in ecological agriculture In Neves-Martins J M and Beirao da Costa, M L (Eds ) Advances in Lupin Research, pp312-332 ISA Press, Lisboa
- KAHNT G and HIJAZI L A 1987 Effect of bitter lupin extract on growth and yield of different crops J Agronomy and Crop Science 159 320-328
- LOSS S P, RITCHIE G P S and ROBSON A D 1993 H<sup>+</sup>/OH excretion and nutrient uptake in upper and lower part of lupin (*Lupinus angustifolius*) root system Annals of Botany 72 315-320
- MARTICORENA C y QUEZADA M 1985 Flora vascular de Chile Gayana Botánica 42 (1-2)
- UNKOVICH M J, PATE J S and HAMBLIN J 1994 The nitrogen economy of broadacre lupin in southwest Australia Aust J Agric Research 45 149-164
- von BAER D, LAMPERTIUS L, ROSS E, PUENTES P, von BAER E VATH D AND WEISSMANN U 1990 Potential of *L. mutabilis* in comparison with *L. albus* Results of the season 1989/90 in the south of Chile 6<sup>th</sup> Int Lupin Conference Pucón, Chile Abstract 3
- WINK M 1994 Biological activity and potential application of lupin alkaloids In Neves-Martins J M and Beirao da Costa M L (Eds ) Advances in Lupin Research, pp 161-178 ISA Press, Lisboa