



## Capítulo 4

# Fertilización y Enmiendas Recomendadas para Lupino

## Capítulo 4

# Fertilización y Enmiendas Recomendadas para Lupino

---

*Adolfo Montenegro B.  
Mario Mera K.*

### **La influencia de la compactación del suelo**

Cuando el suelo no está compactado, las raíces del lupino pueden desarrollarse bien y al mismo tiempo nodular de manera abundante. Las raíces exploran un gran volumen de suelo y encuentran los nutrientes que la planta requiere, lo que no ocurre en un suelo compactado. Por ello es fundamental eliminar la compactación, particularmente en suelos arcillosos, mediante el uso de subsolador o en su defecto, cincel profundo.

Un cultivo de lupino en suelo compactado puede reconocerse porque las plantas crecen lento, florecen pequeñas y alcanzan menor desarrollo final. Si el lupino responde a algún elemento fertilizante, es probable que sea porque no ha logrado desarrollar su sistema radical y las raíces no han explorado el suelo suficientemente.

### **Fertilización**

El lupino está adaptado a terrenos poco fértiles y rara vez requiere fertilización en suelos donde los otros cultivos de la rotación son fertilizados. Puede necesitar fertilización solo en casos donde hay marcada deficiencia de algún elemento. Suplir estas deficiencias con fertilizantes se justifica solo luego de cubrir bien las demandas principales de manejo del cultivo, como adecuada época y densidad de siembra, y control de malezas. En otras palabras, si estos factores no son bien manejados, la fertilización probablemente no tendrá influencia.

Independiente de la especie de lupino, las aplicaciones de nitrógeno en la mayoría de los casos no son recomendables, por tratarse de leguminosas con gran capacidad para captar nitrógeno atmosférico cuando la fijación simbiótica de nitrógeno está funcionando. Este proceso funciona cuando el suelo contiene los rizobios que se asocian al lupino. Si el suelo ha sido sembrado previamente con lupino y el cultivo se ha dado bien, significa que los rizobios están presentes y no se requiere inocular la semilla. Este aspecto se trata en el Capítulo 3, sobre establecimiento del cultivo. Al establecer lupino en un suelo sin historial de este cultivo, debe tratarse la semilla con un inoculante específico.

Cuando las raíces son infectadas por los rizobios, los altos requerimientos de nitrógeno del cultivo de lupino son satisfechos por el proceso de fijación simbiótica que se realiza al interior de los nódulos de las raíces. Esta es la única forma viable y económica de alcanzar un buen rendimiento. Mediante la fijación simbiótica el lupino consigue el nitrógeno requerido para sus propios requerimientos y libera un remanente para cultivos posteriores, como por ejemplo trigo, con la consiguiente ventaja económica para el agricultor.

El lupino responde poco o nada a la aplicación de nitrógeno, aun en suelos deficitarios de este elemento. Ni siquiera hay evidencia que avale la aplicación de dosis bajas *starter* (de partida). Sí existe evidencia de que dosis altas de fertilizante nitrogenado inducen a la planta de lupino a anular el proceso de fijación simbiótica de nitrógeno.

En suelos extremadamente pobres en materia orgánica con escasa disponibilidad de nitrógeno, un cultivo de lupino para grano puede no resultar rentable. Dada la alta fluctuación durante el año del nivel de nitrógeno en el suelo, la cifra de nitrógeno inorgánico que indica el análisis de suelo es poco informativa y es preferible estimar la disponibilidad de este elemento a través del porcentaje de materia orgánica. Si el contenido de materia orgánica es menor a 5%, es preferible sembrar lupino para incorporarlo como abono verde y no para cosechar grano. Esta labor puede ser cofinanciada por programas de recuperación de suelos y aprovecha el grano de lupino amargo en años de bajo precio.

Además de autoabastecerse de nitrógeno, el lupino blanco (*L. albus*) tiene la capacidad de extraer del suelo fósforo no disponible para otras plantas. En particular bajo condiciones de deficiencia de fósforo esta especie forma raíces especializadas, llamadas proteoideas, que exudan ácidos orgánicos capaces de solubilizar fosfatos del suelo inaccesibles para otras plantas. La exudación de ácidos orgánicos por raíces proteoideas también es eficiente en el lupino amarillo (*L. luteus*).



Foto 4.1. La escasez de fósforo (derecha) promueve el desarrollo de raíces proteoideas en *L. albus* (Foto: Müller et al., Front. Plant Sci. 24 Nov. 2015).

El lupino australiano (*L. angustifolius*) no produce raíces proteoideas y tiene menor capacidad de solubilizar fósforo fijado. Por ello puede responder a la fertilización fosfatada en ambientes productivos, cuando las principales necesidades de manejo del cultivo son bien cubiertas.

Como los suelos del sur de Chile por lo general tienen alto nivel de fósforo no disponible, este mecanismo le permite al lupino blanco, tanto dulce como amargo, autoabastecerse de la gran mayoría o todo el fósforo requerido.

Sin embargo, también hay suelos con deficiencia de este elemento. El análisis de suelo permite conocer los niveles de fósforo disponible, así como de otros nutrientes. Los suelos cuyo análisis indica menos de 8 mg/kg de P Olsen tienen deficiencia aguda de fósforo disponible. En estos casos puede recurrirse a un fertilizante fosfatado soluble, como superfosfato triple (SFT), aplicándolo todo al establecimiento en el surco de siembra.

En lupino blanco puede emplearse 45-50 kg/ha de  $P_2O_5$  (anhídrido fosfórico) que equivalen a 100-110 kg/ha de SFT.

En lupino australiano, dada su menor capacidad de movilizar fósforo, con menos de 8 mg/kg de P Olsen es recomendable aplicar 74-92 kg/ha de  $P_2O_5$ , esto es, 160 a 200 kg/ha de SFT. Con niveles de fósforo disponible entre 8 y 16 mg/kg de P Olsen puede aplicarse 50 a 74 kg/ha de  $P_2O_5$  (110 a 160 kg/ha de SFT) en lupino australiano.



Foto 4.2. Reducción de crecimiento en lupino australiano por deficiencia de fósforo (foto Department of Agriculture and Food Western Australia)

En cuanto a niveles muy bajos de potasio (K) en el suelo, como los inferiores a 0,3 cmol/kg de suelo, no se ha encontrado respuesta productiva del lupino a la aplicación de fertilizantes con este elemento. Por otro lado, la utilidad de aplicar una dosis de fertilizante para reponer lo extraído del suelo es dudosa, ya que gran parte del potasio extraído por el lupino vuelve al suelo con los residuos del cultivo. En suelos con deficiencia es preferible corregir el nivel de este elemento fertilizando adecuadamente con potasio cultivos que sí responden, como cereales, raps o papa.



Foto 4.3. Síntomas en lupino blanco debidos posiblemente a deficiencia de potasio



Foto 4.4. Síntomas de deficiencia de potasio en lupino australiano (foto Department of Agriculture and Food Western Australia)

Asimismo, no hay información experimental que avale la aplicación de fertilizantes que portan azufre (S) o magnesio (Mg). Las deficiencias de estos elementos en suelos donde se cultiva lupino son raras, por tanto la aplicación de fertilizantes que los contengan no tiene clara justificación. No obstante, la planta de lupino requiere de ambos nutrientes y va a extraerlos del suelo. Por ello, para reponer lo extraído, en suelos deficientes con menos de 8 mg/kg de S o menos de 0,8 cmol/kg de Mg, se sugiere aplicar al lupino a otros cultivos de la rotación, fertilizantes que contengan estos elementos.

Durante el llenado del grano la humedad del suelo puede ser escasa y bajo estas condiciones, la absorción de nutrientes se dificulta. Por ello se han evaluado las aplicaciones foliares de nutrientes para aumentar el rendimiento. Sin embargo, ensayos en Australia han mostrado que las aplicaciones foliares de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre o boro, durante y después de la floración, ya sea individualmente o en combinaciones de estos nutrientes, no han logrado aumentar los rendimientos de grano en lupino.

### Síntomas de deficiencia

El Cuadro 4.1 presenta una clave para identificar deficiencias de los nutrientes principales en lupino blanco. Los síntomas pueden diferir según la especie de lupino.

**Cuadro 4.1. Clave para identificar deficiencias de macronutrientes en lupino blanco (*L. albus*), según la parte del follaje donde se presenta el síntoma y su peculiaridad. Adaptado de Snowball & Robson (1999). (N = nitrógeno, P = fósforo, K = potasio, Mg = magnesio, S = azufre, Ca = calcio).**

Síntoma	Peculiaridad	Hojas viejas		Hojas medias a nuevas			Brote terminal
Clorosis (palidez)	Completa	N	P	K		S	
	Moteada		P				
	Intervenial			K	Mg		
	Intravenal	N					
	En márgenes			K			
Necrosis	Completa		P				
	Áreas diversas			K		S	
	Márgenes				Mg		
	Puntas				Mg		Ca
Pigmentación dentro de áreas cloróticas o necróticas	Verde		P				
	Café		P	K		S	
	Bronce				Mg		
Malformación de folíolos	Miniaturas			K			
	Tipo espiga			K			
Malformación de hojas	Tipo paraguas			K	Mg		
	Tipo estrella				Mg		
Caída de hojas			P				
Colapso del pecíolo							Ca
Distorsión de raíces							Ca

## Enmiendas

Las especies de lupino toleran las condiciones de acidez que se encuentran en suelos de la zona sur de Chile y valores de pH de 5 a 6 no representan un inconveniente. Por el contrario, con pH superiores a 6 se han reportado efectos adversos en el crecimiento de las raíces. El lupino blanco tolera la acidez del suelo mejor que el lupino australiano. El lupino blanco soporta valores de pH 4 a 5, pero el lupino australiano puede mostrar disminución del crecimiento de la raíz con pH inferior a 5.

Con bajo pH aumenta la concentración de aluminio en la solución del suelo. El aluminio es tóxico para las plantas y reduce el crecimiento de las raíces y su capacidad para explorar suelo. Disminuye así la capacidad del cultivo para captar nutrientes y agua.

Es posible corregir paulatinamente la acidez del suelo con aplicaciones sucesivas de cal. Esta enmienda debe realizarse al menos un mes antes de la siembra y beneficia no solo al lupino, sino a todos los cultivos de la rotación. Sin embargo, si se detecta la necesidad de corregir la acidez del suelo, es preferible no encalar previo a un cultivo de lupino para grano, dado que se han reportado efectos adversos de la presencia de alto nivel de calcio

sobre el crecimiento de las raíces o el crecimiento de las plantas. Se ha encontrado que la cal reduce la capacidad del lupino para extraer potasio, cobre, zinc y manganeso.

Otros cultivos son más sensitivos a condiciones de acidez y por lo mismo, son frecuentes las aplicaciones de cal previo a la siembra de raps, cebada o trigo. En consecuencia, las correcciones de acidez de suelo que se practican para otros cultivos de la rotación son suficientes para dar al lupino una condición favorable.

### **Encalado para lupino como abono verde**

Cuando el lupino se siembra para abono verde con el fin de aumentar la materia orgánica del suelo, el encalado es una medida conveniente que se realiza al momento de incorporar las plantas de lupino al suelo. Dicha práctica tiene por fin aumentar las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos de baja fertilidad.

Por lo general, se emplea como semilla el lupino amargo de bajo calibre que no ha logrado ser exportado. Debe establecerse con alta densidad y lo más temprano posible, tan pronto ocurran lluvias de verano. Así las plantas aprovechan las temperaturas favorables de marzo y abril y tienen un crecimiento inicial rápido. Las plantas de 25 a 30 cm de altura se siegan y dejan secar. Una vez secas se incorporan con rastra alrededor de agosto.

Es necesario esperar un mes antes de establecer otro cultivo para evitar el “hambre de nitrógeno”, fenómeno que ocurre por la intensa actividad microbiana durante la descomposición de la materia orgánica. La incorporación de cal calcítica junto con las plantas de lupino promueve la actividad de microorganismos y lombrices, acelerando la descomposición de la materia orgánica y contrarrestando el aumento de acidez del suelo que ésta provoca. La incorporación debe hacerse cuando el suelo tiene humedad, condición necesaria para que la cal actúe.

Al enterrar plantas se incorpora al suelo nitrógeno, potasio, calcio, fósforo y magnesio. Entre los macronutrientes, las plantas de lupino entregan proporcionalmente menos potasio que las de avena, pero más nitrógeno y calcio. Entre los micronutrientes, la contribución del lupino es casi enteramente manganeso (99%) y un poco de zinc (1%).

La cantidad de nutrientes que llega al suelo depende de la cantidad de biomasa que se incorpora. Se estima que la incorporación de 10 toneladas por hectárea de plantas de lupino genera un aporte neto al suelo de al menos 40 kg/ha de N. La mayor parte del nitrógeno que contienen las plantas de lupino proviene del aire, como resultado de la fijación simbiótica. En cambio, al incorporar cereales o crucíferas se devuelve nitrógeno que estas plantas han extraído del suelo. Parte del fósforo que el lupino reintegra al suelo proviene de la solubilización de fosfatos fijados no disponibles para la mayoría de las plantas, en tanto que cultivos como cereales o crucíferas devuelven fosfatos que extrajeron de la fracción disponible de este nutriente en el suelo.

**Cuadro 4.2. Nutrientes presentes (porcentaje de materia seca) en plantas de lupino y avena incorporadas como abono verde (Rouanet JL y Sleman A. 1998. Tierra Adentro 19:32-35).**

	N (%)	K (%)	Ca (%)	P (%)	Mg (%)
Lupino	56	20	11	8	5
Avena	47	37	6	7	3

En suma, los cultivos de lupino demandan poco o nada de fertilizantes y, ya sean para producir grano o para incorporar abono verde, contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo y a recuperar propiedades físicas, químicas y microbiológicas del mismo.