

Biodiversidad y domesticación del *Lupinus*

Ximena Cadima; Antonio Gandarillas

Fundación PROINPA

E mail: x.cadima@proinpa.org

Resumen. La diversidad del género *Lupinus* se encuentra distribuida en dos grandes regiones: Mediterráneo-Africano (hemisferio Oriental) y Americano (hemisferio Occidental); es en este último donde se halla la mayor diversidad, aunque el número de especies aún no está definido. La domesticación de los lupinos se dio paralelamente en los dos hemisferios hace más de cuatro mil años. Son cuatro *Lupinus* los domesticados: *L. albus* L., *L. angustifolius* L. y *L. luteus* L., provenientes de la región Mediterráneo-Africana; y *L. mutabilis* Sweet de los Andes Sudamericanos. En su forma original, todos los *Lupinus* contienen alcaloides, pero gracias a la domesticación moderna, desde la década de 1920, investigadores de Europa lograron bajar el contenido de alcaloides del grano, obteniendo variedades "dulces" de *L. albus*., *L. angustifolius* y *L. luteus*. En cambio, *L. mutabilis*, continúa siendo una especie semi domesticada, ya que todos los materiales cultivados por agricultores andinos, son amargos, aunque experimentalmente ya existen materiales "dulces" de *L. mutabilis*. Los lupinos, a nivel global, se usan principalmente para alimentar animales y sólo un 4% de la producción total, se destina a la alimentación humana.

Palabras clave: Diversidad genética; Leguminosas; Nutrición; Germoplasma

Summary. Biodiversity and *Lupinus* domestication. The diversity of the *Lupinus* genus is distributed in two large regions: Mediterranean-African (Eastern Hemisphere) and American (Western Hemisphere); it is in the latter one where the greatest diversity is found, although the number of species is not yet defined. Since more than four thousand years ago, the lupines domestication occurred in parallel in the two hemispheres. There are four domesticated *Lupinus*: *L. albus* L., *L. angustifolius* L. and *L. luteus* L. coming from the Mediterranean-African region; and *L. mutabilis* Sweet from the South American Andes. In its original form, all *Lupinus* contain alkaloids, but thanks to modern domestication, since the 1920's, European researchers managed to lower the alkaloid content of the grain, obtaining "sweet" varieties of *L. albus*, *L. angustifolius* and *L. luteus*. In contrast, *L. mutabilis*, remains as a semi-domesticated species, because all the materials cultivated by Andean farmers are bitter, although experimentally, there are already "sweet" materials of *L. mutabilis*. The lupines are used mainly to feed animals and only 4% of the total production is used for human consumption, globally.

Keywords: Genetic diversity; Legumes; Nutrition; Germplasm

Diversidad y distribución

Lupinus es un género muy grande y diverso en la familia de las leguminosas (Fabaceae). El número de especies en este género no está bien definido; según

literatura fluctúa entre 100200 hasta 800-1000 y aún más (Kurlovich *et al.* 2002), pero al presente, el número de especies aceptadas y registradas para el género *Lupinus* -en el portal del *Sistema Integrado de Información Taxonómica*- es de 354.

Los lupinos silvestres se concentran en dos grandes regiones: Mediterráneo-Africano (hemisferio Oriental) y Americano (hemisferio Occidental), con sólo 12 especies en la región mediterránea y África (Kurlovich *et al.* 2002).

En el hemisferio Occidental, los lupinos se distribuyen desde el nivel del mar hasta 4800 msnm o más, y se extienden desde la isla de Tierra del Fuego hasta Alaska, y desde el Pacífico hasta el Océano Atlántico (Mapa 1).

Las formas de lupino americano son algo menos especializadas que las mediterráneas. Se caracterizan por un tipo de ramificación monopodial más primitivo (Figura 1) y por el hábito de polinización cruzada. Sus plantas son heterocigotas y generan fácilmente todas las mutaciones posibles. Sus semillas son pequeñas.

Las formas de lupino mediterráneo son más especializadas, tienen un tipo de ramificación más avanzado (simpodial) (Figura 1); la autopolinización es dominante y sus semillas son más grandes (Kurlovich 2013).

Los estudios en especies silvestres se concentraron inicialmente en la región Mediterránea-Africana y las especies del hemisferio Norte, del continente americano (Kurlovich *et al.* 2002).

Las especies sudamericanas fueron especialmente abordadas por Planchuelo en la década de 1980 y 1990 (Planchuelo 1984, 1994, 1998). Estos estudios estuvieron dirigidos sobre todo a dilucidar la complejidad taxonómica del género *Lupinus*, sin embargo el análisis taxonómico de las especies americanas, está lejos de ser completo.

En Bolivia, Bonifacio *et al.* (2018), empezaron estudios en especies silvestres de *Lupinus* del altiplano, pero más que un análisis taxonómico, estos trabajos estuvieron dirigidos a encontrar materiales genéticos útiles, adaptados a la aridez de los suelos de esta región y a elevaciones altitudinales de 3500 a 4500 msnm, en función a ser aprovechados en los sistemas de producción centrados en quinua, ya sea como cobertura y/o descanso mejorado del suelo o rotación del cultivo.

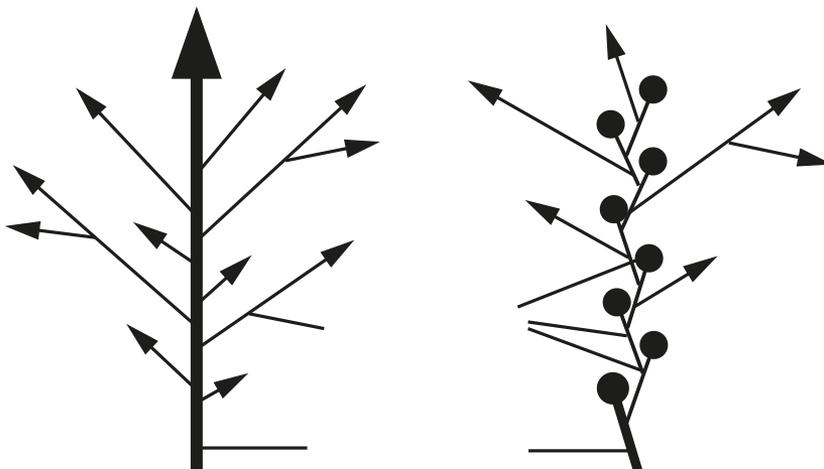
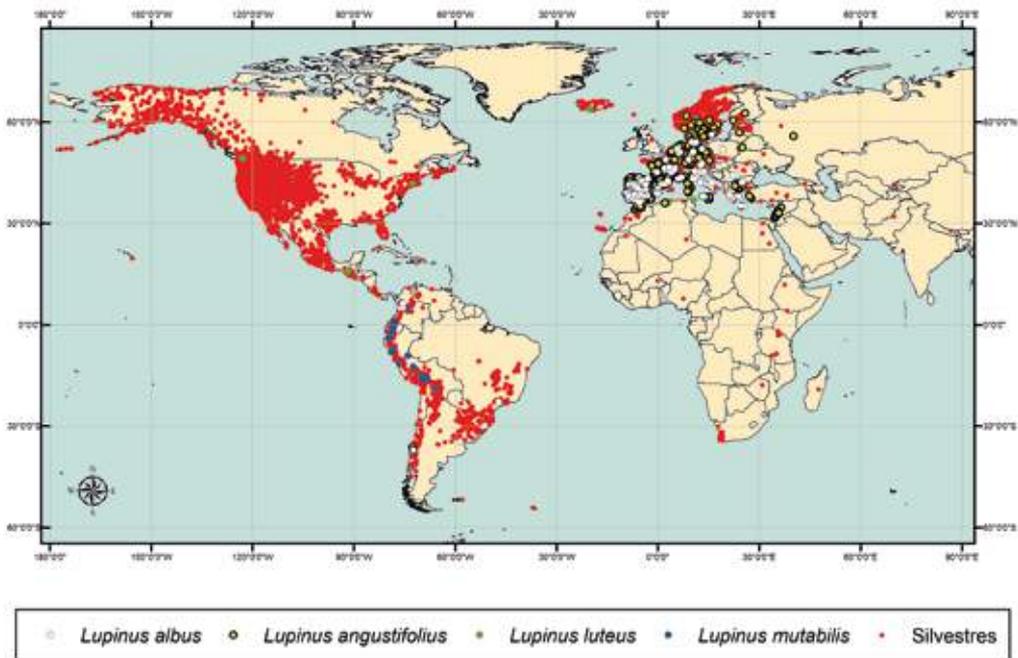


Figura 1. Tipo de ramificación de los lupinos americanos: monopodial (izquierda) y los mediterráneos: simpodial (derecha)



Fuente de datos: GBIF.org (27th June 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.mgyfpe>
 Elaborado por: Jose F. Patiño Rojas

Mapa 1. Distribución de los *Lupinus* en el hemisferio Oriental y Occidental

Fuente: Elaborado por Fernando Patiño (PROINPA) en ArcMap 10.4.1 ® con datos extraídos de GBIF.org (27 Junio 2018) GBIF Occurrence Download (<https://doi.org/10.15468/dl.mgyfpe>)

Domesticación

Dos condiciones son esenciales para la formación de los centros de origen de plantas cultivadas de Vavilov (1992):

- i) La existencia de plantas propicias para iniciar su cultivo.
- ii) La presencia de una civilización agrícola antigua.

Ambas condiciones se encuentran para el lupino en la región Mediterráneo - Africana y en los Andes de Sudamérica, por eso los lupinos fueron domesticados paralelamente en ambos lugares, y su historia data de hace más de cuatro mil años.

Las especies de la región Mediterráneo - Africana que fueron domesticadas, son:

Lupinus albus L. (lupino blanco)

Lupinus angustifolius L.
(lupino de hojas estrechas)

Lupinus luteus L. (lupino amarillo)

La única especie del continente americano que fue domesticada es:

Lupinus mutabilis Sweet (tarwi)

La historia de la domesticación del *Lupinus* se resume en las líneas siguientes (Australian Government 2013):

- *2000 años AC*: Domesticación primaria de *Lupinus albus* L. en la antigua Grecia y Egipto. Producían grano para consumo humano y animal, así como también para uso cosmético y medicinal.
- *1000-800 años AC*: Uso de *L. albus* como abono verde en la antigua Roma y después en otros países del Mediterráneo.
- *700-600 años AC*: Domesticación primaria de *L. mutabilis* en los Andes del continente americano.
- *En los años de 1860*: Domesticación de *L. angustifolius* y *L. luteus* para uso como abono verde en los países bálticos y después en Alemania.
- *1927 a 1928*: Métodos para seleccionar lupinos mutantes de bajo contenido de alcaloides, desarrollados en Alemania.
- *1930 a 1970*: Variedades dulces de *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus* son desarrolladas en Alemania, Suecia y Rusia.
- *1980 a 1990*: Inicio de domesticación de otras especies potencialmente útiles como *L. cosentinii*, *L. atlanticus*, *L. pilosus* y *L. polyphyllus* en Australia y Rusia.

En su forma original, todas las especies de lupinos, contienen alcaloides que son sustancias tóxicas que otorgan sabor amargo al grano y a las partes verdes de las plantas (Mera 2016).

Estos alcaloides impiden utilizar los lupinos en la alimentación humana y animal, sin un previo tratamiento, por eso, su uso siempre fue limitado desde la antigüedad.

De esta forma, la búsqueda de lupinos sin alcaloides, fue el foco de la domesticación moderna desde fines de la década de

los años 1920, logrando obtener variedades con niveles inocuos de alcaloides en el grano (Australian Government 2013).

En contraste, la domesticación del lupino andino fue limitadamente abordado, y se puede decir que aún es una especie semi domesticada, porque los materiales genéticos que tradicionalmente cultivan los agricultores de los Andes, son todavía amargos.

Chile es el único país en Sudamérica que ha reportado variedades mejoradas dulces, obtenidas localmente de *L. albus* y *L. mutabilis* (von Baer y von Baer 1988, Mera 2016), aunque en ese país se cultivan variedades importadas también dulces de *L. angustifolius* y *L. luteus*, y otras amargas de *L. albus*. De *L. mutabilis* Sweet, hay solo siembras experimentales (Mera 2016).

Usos de los lupinos

Las variedades modernas de *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus*, actualmente están incluidas en la agricultura en muchos países.

Así, Australia, Europa y Japón utilizan los granos de lupinos para la alimentación de ganado vacuno, ovejas, cerdos, pollos e incluso peces, es el caso de *L. albus* que es muy importante para la alimentación de salmones en Chile (Mera 2016).

L. mutabilis es utilizado ancestralmente para el consumo humano en Ecuador, Perú y Bolivia (Cowling *et al* 1998).

Australia es el mayor productor y proveedor de lupino en el mundo, con más de 430 mil toneladas exportadas anualmente (Australian Government 2013).

Aunque los lupinos tienen una larga historia de consumo por humanos en los países del Mediterráneo y los Andes, a nivel global, menos del 4% de la producción total es utilizada para consumo humano.

Breve descripción de los lupinos domesticados cultivados

Lupinus albus L. (lupino blanco)



Las plantas de lupino blanco se caracterizan por ser vigorosas y de mayor altura que las otras especies cultivadas. Las variedades modernas de lupino dulce alcanzan entre 0,8 y 1,2 m de altura. Las plantas de lupino amargo son más robustas que las de lupino dulce y alcanzan alrededor de 1,5 a 1,8 m de altura.

Las flores son generalmente blancas, con tintes rosados o azulados. Las hojas compuestas por folíolos (5-11) oblongos y obovados. El grano se caracteriza por ser aplastado y cuadrangular, de color blanco crema (Kurlovich 2013, Mera 2016).

Lupinus angustifolius L. (lupino de hojas estrechas)



El nombre común para esta especie era “lupino azul” por el color más generalizado de su flor. Sin embargo, en Australia se introdujo el gen de flor blanca para diferenciarlas del *L. angustifolius* amargo.

Las flores de las variedades modernas son blancas, con leve pigmentación azulina o rosácea, aunque en Chile obtuvieron una variedad dulce de *L. angustifolius* con flor azul (Mera 2016).

Las plantas alcanzan alturas de 60 cm a 80 cm, sus tallos son más delgados que el *L. albus*. Las hojas se desarrollan a partir de 5 a 9 folíolos lineales, lanceolados o angostos lineales.

El grano es relativamente oval; la mayoría de las variedades tiene grano moteado, que varía de leve a intenso.

Esta especie tiene un ciclo de vida más corto que el lupino blanco (Kurlovich 2013, Mera 2016).

***Lupinus luteus* L.**
(lupino amarillo)



Las plantas de lupino amarillo usualmente alcanzan alturas de 50 cm a 60 cm. Las flores son amarillas, distinguiéndose tipos de amarillo intenso y amarillo pálido.

Las plantas son arrosetadas al principio y posteriormente se vuelven erectas. La hoja consiste de 7-9 (11) folíolos ovados-oblongos o lanceolados.

El grano es ovalado y ligeramente aplastado; comúnmente presenta ornamentación con puntos pigmentados de intensidad leve a intensa, pero puede ser blanco crema.

El ciclo de vida es similar al de *L. angustifolius* (Kurlovich 2013, Mera 2016).

***Lupinus mutabilis* Sweet**
(lupino andino o tarwi)



El tarwi se distingue por sus coloridas flores; el tipo más común es azul, con estandarte amarillo y blanco en su parte central. También hay tonos rosados y de flor blanca.

Las hojas son compuestas, de ocho folíolos, que varían entre ovalados a lanceolados. El grano puede ser blanco, café, negro, con manchas o moteado o sin ornamentación.

La altura de la planta está determinada por el eje principal, que varía entre 0,5 m a 2,0 m.

El tallo del tarwi, generalmente, es muy leñoso (Mera 2016, Gross 1982).

Referencias citadas

- Australian Government. 2013. The biology of *Lupinus* L. (lupin or lupine). Department of Health, Office of the Gene Technology Regulator. 64 p. *En línea*. Disponible en: [www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biologylupin2013-toc/\\$FILE/biologylupin2013-2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biologylupin2013-toc/$FILE/biologylupin2013-2.pdf) Consultado en junio de 2018.
- Bonifacio A., Aroni G., Villca M. 2018. Adaptación y perspectivas de aprovechamiento del lupino silvestre en sistemas de producción del altiplano. *Revista de Agricultura* Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Cowling W., Buirchell B., Tapia M. 1998. Lupin. *Lupinus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 23. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gaterslebe/International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.
- Gross R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi. Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal. Nro. 36. Roma, Italia.
- Kurlovich B. 2013. Evolution of LUPINS and Continental Drift. *En línea*. Disponible en: <https://sites.google.com/site/biodiversityoflupins/11> Consultado en junio de 2018.
- Kurlovich B., Stankevich A., Stepanova S. 2002. The review of the genus *Lupinus*. Chapter 2. *In*: Kurlovich B. (ed.) Lupins (geography, classification, genetic resources and breeding). International North Express. St. Petersburg. Russia / Pellosniemi / Finland. pp. 11-38.
- Mera M. (ed). 2016. Lupino dulce y amargo. Producción en Chile. Boletín INIA Nro. 326. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile. 121 p.
- Planchuelo A. 1984. Taxonomic studies of *Lupinus* in South America. Proceedings of the 3rd International Lupin Conference. La Rochelle, France. pp. 40-54.
- Planchuelo A. 1994. Wild lupins distribution and its implication as germplasm resources. Proceedings of the 7th International Lupin Conference. Evora, Portugal. pp. 65-69.
- Planchuelo A. 1998. Biodiversity of lupins in South America. Proceedings of the 8th International Lupin Conference. Pacific Grove, USA.
- Sistema Integrado de Información Taxonómica. *En línea*. Disponible en: <https://www.itis.gov> Consultado en junio de 2018.
- Vavilov N. 1992. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press. England. 498 p.
- von Baer E., von Baer D. 1988. *Lupinus mutabilis*: Cultivation and breeding. pp. 237-247. *In*: Proceeding of the Fifth International Lupin Conference. T. Twardowski (ed.). PWRiL. Poznan, Poland.

Trabajo recibido el 2 de julio de 2018 - Trabajo aprobado el 26 de julio de 2018