



Foto: Sebastián Bogliacino

L. angustifolius (var. Lila Baer) en floración (etapa 3.4 según escala de Dracup & Kirby, 1996). INIA La Estanzuela, 2023.

CULTIVO DE LUPINO: una alternativa promisoriosa para agroecosistemas de Uruguay

Ing. Agr. Dr. Nicolás Maltese
Ing. Agr. Dr. Sebastián R. Mazzilli

Sistema Agrícola - Ganadero

La introducción del lupino en Uruguay es incipiente y surgen interrogantes asociadas a parámetros ecofisiológicos que resultan claves para el manejo del cultivo en la región. El objetivo de este trabajo fue generar información agronómica, a partir de chacras comerciales, cuantificando variables del cultivo asociadas al crecimiento, rendimiento y calidad.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de agricultura continua en la región vienen transitando un camino hacia la intensificación sostenible que entre otras cosas implica maximizar el tiempo del suelo con crecimiento vegetal. Esto se ve reflejado en la intensidad de cultivos de renta que han experimentado los sistemas en Uruguay en los últimos años (1,6-1,7 cultivos/año). Actualmente, existen diversas opciones de cultivos invernales de renta, por

ejemplo trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare*), colza (*Brassica napus*) y de servicios como avena (*Avena sativa* L. y *Avena strigosa*) y vicia (*Vicia villosa* (Roth)), sin embargo, existen alternativas poco exploradas, como el lupino (*Lupinus* sp.), que permitirían la diversificación de especies sembradas para renta y contribuirían al proceso de intensificación sostenible.

A nivel global, la superficie sembrada con lupino es de aproximadamente un millón de hectáreas con

un rendimiento medio de 1,4 Mg/ha, el cual se incrementó desde 0,5 Mg/ha en 1960 hasta 1,8 Mg/ha en 2018 (Pozo y Mera, 2020). El principal productor es Australia (aprox. 60 % del área total), seguido por Polonia (14 %) y Marruecos (10 %) (FAOSTAT, 2023). Existen más de 300 especies del género *Lupinus* a nivel global, no obstante, solo algunas presentan relevancia a nivel comercial, ej. *L. albus* (60-180 cm altura y flores blancas o azules acorde al cultivar), *L. angustifolius* (menor altura que *L. albus* con menor susceptibilidad al vuelco, hojas angostas y flores púrpuras o azules), *L. luteus* (menor altura que *L. albus* y flores amarillas), *L. mutabilis* (similar altura que *L. albus* y flores azules), las primeras tres de origen europeo y la última de Sudamérica. La incorporación del lupino en los agroecosistemas productivos resulta relevante, ya que presenta una elevada calidad proteica en sus granos, equivalente al cultivo de soja. El principal órgano de cosecha del lupino son sus granos, que puede ser destinado a alimentación animal o consumo humano a través de productos derivados de panadería, cereales y pastas.

Según la especie, el contenido de proteína puede variar entre 30 y 47 %, mientras que el porcentaje de aceite entre un 6 y 18 %. Además, al ser una leguminosa, el lupino tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de la asociación simbiótica con *Bradyrhizobium*,



Foto: Sebastián Bogliacino

Figura 2 - Vista aérea de chacra con *L. angustifolius* (var. Lila Baer) en etapa de alargamiento de tallo. INIA La Estanzuela, 2023.



Foto: Nicolás Mallese

Figura 1 - Emergencia de *L. angustifolius* (var. Coyote). INIA La Estanzuela, 2024.

por lo que no necesita ser fertilizado con nitrógeno (N) y, a su vez, permite un ingreso de N al sistema. Sin embargo, la introducción del lupino en Uruguay es incipiente (aprox. 6 años) y surgen interrogantes asociados a la determinación de parámetros ecofisiológicos que resultan claves para el manejo del cultivo en la región. El objetivo de este trabajo fue generar información agronómica, a partir de chacras comerciales de lupino, cuantificando variables del cultivo asociadas al crecimiento, rendimiento y calidad.

¿CÓMO SE REALIZÓ ESTA EXPERIENCIA?

Un total de cuatro chacras comerciales de producción de lupino de INIA La Estanzuela (34°20' S; 57°41' O) (Chacras 1, 27, 45A, 45A*) fueron monitoreadas durante el ciclo de cultivo. Estas chacras presentan diferencias en su potencial (tipo de suelo, antecesores, nivel de fertilidad natural).

En cada sitio se cortaron plantas sobre tres submuestras (1 m lineal x 1 surco a 0,19 m e/hileras) en sitios representativos al momento de madurez. Se determinó materia seca acumulada y su concentración de N, densidad de plantas, rendimiento (0 % H) por estratos y sus componentes numéricos (N° vainas y granos/vaina, N° y peso de granos), y la concentración de N en grano. Los datos climáticos se obtuvieron del portal de INIA GRAS (<http://www.inia.uy/gras>).

Cuadro 1 - Densidad de plantas, biomasa total y rendimiento de grano por unidad de área, peso de grano (PG) a 13% humedad base seca, número de granos por unidad de área, e índice de cosecha (IC) de *Lupinus angustifolius*.

Chacra	Densidad (pl/m ²)	Biomasa	Rendimiento	PG (mg)	N° granos/m ²	IC
		(kg/ha)				
1	66 (12)	15123 (1116)	4863 (385)	146 (9,4)	3765 (120)	0,32 (0,01)
27	93 (8)	11456 (448)	3733 (155)	165 (1,0)	2555 (91)	0,33 (0,02)
45A	86 (8)	10860 (1717)	3874 (767)	151 (3,1)	2885 (521)	0,36 (0,01)
45A*	93 (6)	12193 (2533)	3835 (896)	167 (5,1)	2586 (558)	0,31 (0,01)
Valor medio	85	12408	4076	157	2948	0,33

*valores entre paréntesis corresponden al desvío estándar de la media.

RESULTADOS PRELIMINARES

Desarrollo del cultivo y condiciones climáticas

El cultivo se logró implantar correctamente (siembra 13/05/2023), aspecto que se vio favorecido por las condiciones benignas desde el punto de vista térmico durante su etapa vegetativa durante el trimestre mayo-junio-julio, en el que tanto la temperatura mínima como máxima mostraron valores medios por encima de la serie histórica (1965-2023) (1,4 y 1,8 °C, respectivamente). Sin embargo, durante dicho período, se registraron 18 heladas agrometeorológicas (temperatura <3 °C a 1,5 m altura). Desde el punto de vista hídrico, no se observaron excesos de humedad durante este período, de hecho, junio presentó un déficit de precipitaciones respecto a la media histórica (-60,3 mm), lo que no afectó al cultivo debido a su baja demanda y al agua almacenada en el suelo.

La floración ocurrió a principios de agosto, primero sobre el tallo principal y luego escalonadamente sobre ramificaciones 1°, 2° y 3° hasta mediados de septiembre. Durante este período se registraron 10 heladas, lo que pudo haber afectado las flores expuestas en el tallo principal. Las lluvias de agosto superaron la media histórica por 43 mm, pero sin efectos evidentes de anegamiento. A principios de septiembre se observó el comienzo de llenado de granos, el cual transcurrió

hasta fines de octubre, y la madurez fisiológica se registró alrededor del 15 de noviembre.

Variabes de cultivo

La densidad lograda varió entre 67 y 93 pl/m², mientras que la biomasa acumulada a cosecha mostró un rango de variación entre 11.456 y 15.123 kg/ha (Cuadro 1). El rendimiento de grano fue alto, aunque el valor medio para Uruguay en la zafra 2023/2024 se ubicó alrededor de los 2.800 kg/ha (Ing. Viera, com. pers.). El número de granos por unidad de área (NG) en general acompañó las tendencias del rendimiento, mientras que, el peso de granos (PG) y el índice de cosecha (IC) mostraron un menor rango de variación respecto al resto de las variables.

La concentración de proteína en grano mostró un estrecho rango de variación (Cuadro 2), sin embargo, los valores son levemente menores a los reportados por Böhm et al. (2008) (30,7 - 35,1 %) para *L. angustifolius*. Por otra parte, el N acumulado en biomasa aérea mostró valores elevados, no obstante, si se considera el índice de cosecha de nitrógeno (ICN), solo el 18 % (aprox. 45 kg N/ha) permanecería en el rastrojo (sin considerar el aporte de raíces). Las variaciones en el N acumulado fueron fuertemente explicadas por la biomasa acumulada a madurez ($R^2=0,97$; $P<0,0001$) (dato no mostrado).

Cuadro 2 - Concentración de proteína en grano, nitrógeno acumulado (Nac.) total, índice de cosecha de N y kg N requeridos para producir 1 Mg de materia seca (MS) de *Lupinus angustifolius*.

Chacra	Proteína grano (%)	Nac. total (kg/ha)	ICN	kg N/ Mg MS
1	31,4 (0,8)	300 (26)	0,82 (0,03)	19,8 (0,2)
27	31,1 (1,2)	233 (10)	0,80 (0,03)	20,3 (0,1)
45A	31,7 (1,2)	249 (65)	0,79 (0,01)	20,2 (1,4)
45A*	29,3 (1,0)	207 (31)	0,87 (0,01)	19,0 (0,2)
Valor medio	30,9	247	0,82	19,8

*valores entre paréntesis corresponden al desvío estándar de la media.

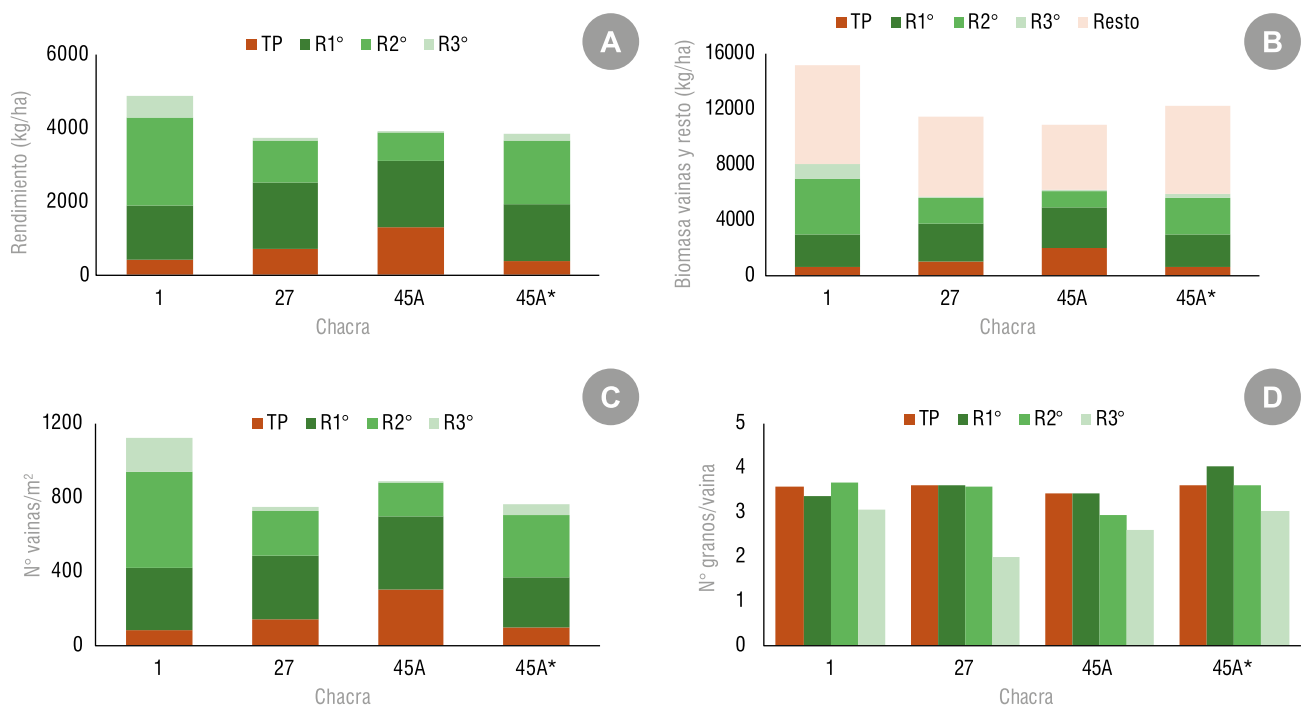


Figura 3 - Rendimiento (A), biomasa de vainas y resto (tallos + hojas) (B), número de vainas por unidad de área (C) y número de granos por vaina (D) de *Lupinus angustifolius* para diferentes estratos del cultivo –tallo principal (TP), ramificaciones 1° (R1°), 2° (R2°) y 3° (R3°).

Si bien la contribución de los diferentes estratos al rendimiento total es dependiente del genotipo, la temperatura y la disponibilidad de agua durante el llenado de granos (del Pozo y Mera, 2020), en este estudio la contribución fue diferente según el estrato considerado (Figura 3A). El tallo principal (TP) representó un 18 % del rendimiento total, mientras que las ramificaciones primarias (R1°) y secundarias (R2°) mostraron contribuciones de ca. 41 y 36 %, respectivamente. Las ramificaciones 3° (R3°) mostraron la menor contribución al rendimiento total en todos los casos (5 %).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Palta *et al.* (2008) donde genotipos similares mostraron una alta contribución de las R1° al rendimiento total. La biomasa de vainas siguió las mismas tendencias observadas para el rendimiento (Figura 3B), mientras que el resto de biomasa aérea (tallos + hojas) representaron ca. 50 % del total acumulado a madurez. El número de vainas m⁻² (NV) mostró contribuciones similares por estrato a las dos variables anteriores (Figura 3C).

La baja contribución del TP para las tres variables anteriormente mencionadas pudo haber estado asociada a la ocurrencia de heladas durante la floración

en este estrato, conduciendo a abortos de flores y abscisión de vainas (del Pozo y Mera, 2020). En este sentido, Sandaña y Calderini (2012) reportaron que el período crítico para la determinación del número de granos por unidad de área se encuentra ubicado 10 días previos y 50 días posteriores a la floración, con un desfase entre estratos (más centrados hacia el llenado en las ramificaciones). Finalmente, el número de granos por vaina fue similar para TP, R1°, y R2° (3.5 granos/vaina), mientras que las R3° presentaron, en promedio, 2,7 granos/vaina (Figura 3D).

Las ramificaciones primarias (R1°) y secundarias (R2°) realizaron las mayores contribuciones al rendimiento total, con aproximadamente 41 y 36 %, respectivamente.

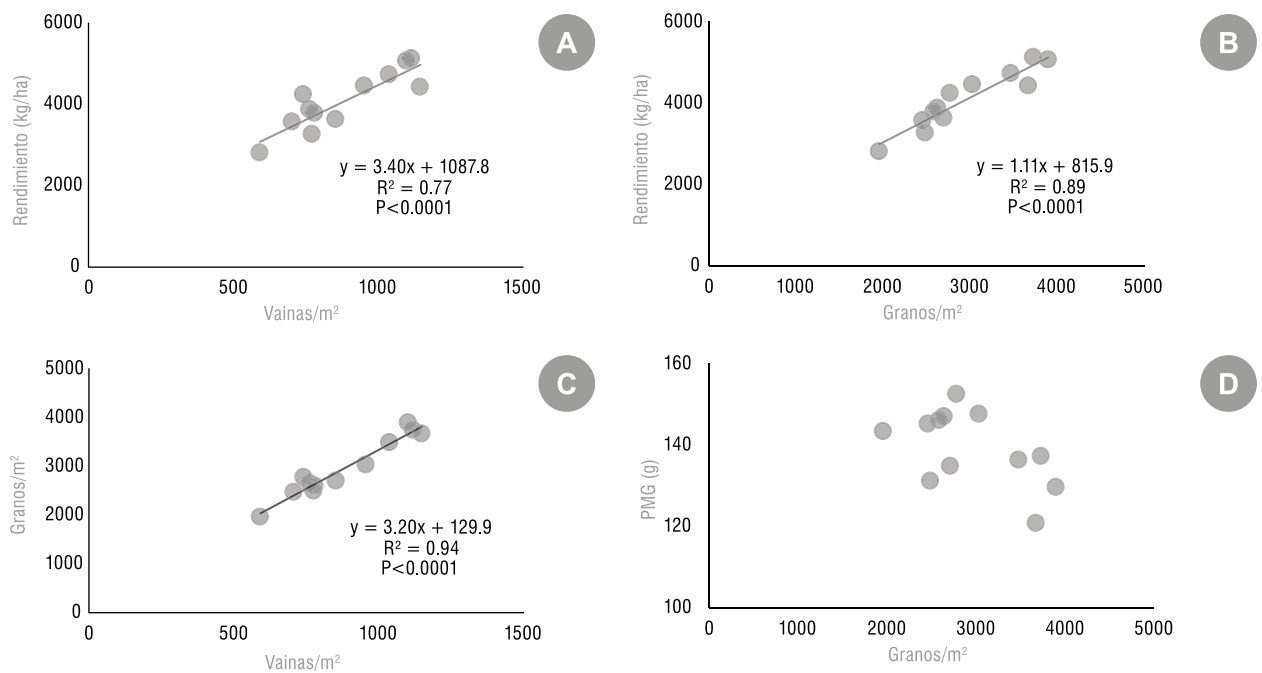


Figura 4 - Rendimiento de *Lupinus angustifolius* en función del número de vainas (A) y el número de granos (NG) (B) por unidad de área. Número de granos por unidad de área en función del número de vainas por m² (C). Peso de mil granos (PMG) 0 % humedad base seca en función del número de granos por unidad de área (D). Las líneas negras continuas representan las funciones lineales ajustadas a cada set de datos.

Relación entre parámetros ecofisiológicos

El NG explicó mejor las variaciones en rendimiento respecto al NV (Figura 4A-B). Sin embargo, ambos NG y NV, mostraron una fuerte asociación entre sí (Figura 4C). En este sentido, ambos componentes resultan adecuados estimadores del rendimiento. Contrariamente, el peso de granos (PMG) mostró un rango más estrecho de variación (121-152 g) y no se observó compensación ($P > 0,05$) entre este componente y el NG (Figura 4D).

CONSIDERACIONES FINALES

Este estudio permitió una primera evaluación local del comportamiento y cuantificación de variables ecofisiológicas que determinan el rendimiento y

parámetros de calidad del cultivo de lupino. En general, el rendimiento del cultivo fue alto (3.800 a 4.900 kg/ha). La biomasa aérea total a madurez varió entre 10.900 y 15.100 kg/ha y determinó la acumulación de N por el cultivo (207 a 300 kg N/ha). La mayor contribución al rendimiento total (ca. 77 %) estuvo dado por ramificaciones (de 1° y 2° orden) y en menor medida por el tallo principal y ramificaciones de 3° orden. Los resultados preliminares indican que el cultivo es una alternativa promisorio para los agroecosistemas de Uruguay, diversificando la producción invernal y contribuyendo al aporte de N al sistema.

REFERENCIAS

Böhm, H., Bramm, A., Aulrich, K., Rühl, G. 2008. Yield and predicted feed quality of different german cultivars of blue lupins (*Lupinus angustifolius*). In Lupins for Health and Wealth-Proceedings of the 12th International Lupin Conference, Fremantle, Western Australia (pp. 118-122). International Lupin Association.

del Pozo, A., Mera, M. 2020. Lupin. Book: Crop Physiology Case Histories. Sadras, V., & Calderini, D. (Eds.). Crop physiology case histories for major crops. Academic press. pp. 431-445, Cap. 14.

FAOSTAT. 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (Ultimo acceso: Octubre 2023).

Palta, J. A., Berger, J. D., Ludwig, C. 2008. The growth and yield of narrow leafed lupin: myths and realities.

Sandaña, P., Calderini, D. F. 2012. Comparative assessment of the critical period for grain yield determination of narrow-leafed lupin and pea. European Journal of Agronomy, 40, 94-101.



Figura 5 - Vainas correspondientes a tallo principal y ramificaciones de 1° y 2° orden de *L. angustifolius* (var. Lila Baer) en diferentes etapas de llenado de grano.