

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LUPINO (*Lupinus albus* L.) EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

C. D. PRIMOLINI; J. I. VITTA y F. ESCOLÁ

Recibido: 14/09/00

Aceptado: 20/06/00

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento agronómico del lupino para las condiciones ambientales del sur de la provincia de Santa Fe. Se condujeron experimentos a campo durante 1995 y 1996. En 1995 se evaluaron dos fechas de siembra (24 de mayo y 13 de junio) y en 1996 tres fechas (12 de junio; 3 de julio y 24 de julio). En ambos años se consideraron dos distancias entre surcos (35 y 70 cm) y tres densidades de siembra (20, 35 y 50 plantas/m²). Se evaluó el rendimiento del cultivo, el número de vainas y semillas por planta y el peso individual de la semilla, tanto en el tallo principal como en las ramificaciones. En ambos años el rendimiento tendió a aumentar a medida que se incrementaba la densidad del cultivo. En 1995, los rendimientos de las dos fechas de siembra no difirieron significativamente entre sí. Se observó además una interacción significativa entre época de siembra y arreglo espacial: mientras en la primera época de siembra no hubo diferencia entre espaciamientos, en la segunda el rendimiento del lupino distanciado a 35 cm fue superior al distanciado a 70 cm. En 1996 la primera época de siembra rindió estadísticamente más que las dos restantes y el rendimiento del cultivo distanciado a 35 cm superó al del distanciado a 70 cm. La contribución del eje principal se incrementó al atrasar la fecha de siembra o al aumentar la densidad de la misma. El rendimiento de lupino estuvo estrechamente asociado al número de semillas producidas. Por el contrario, el rendimiento del cultivo no guardó una relación estadísticamente significativa con el peso individual de las semillas.

Palabras clave: lupino, *Lupinus albus*, época de siembra, arreglo espacial, densidad de siembra.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF *Lupinus albus* L IN THE SOUTH OF SANTA FE PROVINCE

SUMMARY

The objective of this paper was to study the agronomic performance of lupine in the South of Santa Fe Province. Field experiments were conducted during 1995 and 1996. Two sowing dates were evaluated in 1995 (24 May and 13 June) and three sowing dates in 1996 (12 June; 3 July and 24 July). In both years two row spacings (35 and 70 cm) and three sowing densities (20, 35 and 50 plants/m²) were considered. Crop yield, number of pods and seeds per plant, mean seed weight, both in the mainstem and branches were evaluated. In both years, crop yield increased with crop density. In 1995, crop yield did not differ between sowing dates. Sowing dates interacted significantly with row spacing: in the first sowing date no differences were observed between row spacings, but in the second sowing date the crop at 35 cm yielded more than at 70 cm. The relative contribution of the mainstem to grain yield increased at later sowing dates and at higher crop densities. Crop yield was closely related with the number of seeds per plant. On the contrary, there was not statistical relationship between crop yield and mean seed weight.

Key words: lupine, *Lupinus albus*, sowing date, row spacing, crop density.

INTRODUCCION

Los agroecosistemas del sur de la provincia de Santa Fe han sufrido transformaciones profundas en las últimas décadas. La adopción generalizada

del cultivo de soja, el marcado incremento en los subsidios de energía y la generalización de la agricultura permanente han provocado un deterioro de los recursos naturales (Ghersa y Martínez

¹Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.C.C. 14. 2123 Zavalla (Santa Fe). Fax: (0341) 4970080/0085. E-mail: jvitta@agatha.unr.edu.ar.

Ghersa, 1991; Vitta, 1999). Por otra parte, las transformaciones económicas ocurridas en la Argentina durante la presente década originaron la necesidad de idear nuevas formas de diversificación de la producción, fundamentalmente dirigidas a pequeños y medianos productores (INTA, 1992). En este contexto, el desarrollo de cultivos alternativos en la región constituye una prioridad, tanto para paliar las penalidades ecológicas derivadas del actual modelo de producción, como para el diseño de estrategias económicamente viables.

El lupino (*Lupinus albus* L.) es una especie de ciclo otoño-inverno-primaveral cuyo cultivo se encuentra difundido a una escala mundial (Putnam, 1993; Huyghe, 1997). Por lo general posee un hábito de crecimiento indeterminado: una vez que florece el tallo principal, comienzan a desarrollarse ramificaciones a partir de yemas presentes en los nudos ubicados inmediatamente por debajo de la inflorescencia principal. A su vez, un nuevo orden de ramificación puede originarse luego de la floración de la ramificación primaria. Al ser una leguminosa, tiene la característica de fijar nitrógeno atmosférico con bacterias del género *Bradyrhizobium*. Sus semillas poseen un alto contenido de proteína (35%) y un porcentaje de aceite que oscila alrededor del 10% (De Haro, 1983). El mejoramiento ha permitido seleccionar cultivares dulces, es decir, con un bajo contenido de alcaloides en el grano. Todas estas características potencian su incorporación en las rotaciones agrícolas, ya sea como abono verde, o destinado al consumo humano o animal.

En la Argentina, el cultivo de lupino es incipiente y la información agroecológica acerca del mismo es relativamente escasa. Distintos estudios han centrado su atención en la fenología del cultivo en diferentes ambientes (Planchuelo-Ravelo *et al.*, 1990; Vitta *et al.*, 1998). Sin embargo, se carece de información agronómica básica, vinculada con la época de siembra, el arreglo espacial y la densidad óptimos. Se desconoce además el peso relativo de los distintos componentes que definen el rendimiento del lupino. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento agronómico del lupino para las condiciones ambientales del sur de la provincia de Santa Fe.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se llevaron a cabo en la localidad de Zavalla (Santa Fe) durante los años 1995 y 1996, empleando una población de lupino amargo proveniente de la EEA-INTA Pergamino. El sitio experimental provenía de numerosos años de agricultura continuada. Antes de la siembra, el ensayo fue laboreado en forma convencional con el uso de rastra de discos, rastra rotativa y rolo. Se evaluaron dos fechas de siembra en 1995 (24 de mayo y 13 de junio) y tres fechas en 1996 (12 de junio; 3 de julio y 24 de julio). En ambos años se consideraron dos distancias entre surcos (35 y 70 cm) y tres densidades de siembra (20, 35 y 50 plantas/m²). El diseño de tratamientos fue el de subparcelas divididas. La época de siembra fue considerada como parcela principal, el arreglo espacial como subparcela y la densidad de siembra como sub-subparcela. El tamaño de la sub-subparcela fue de 18 m². El diseño del experimento fue en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. A la madurez del lupino, en los 2 m² centrales de cada sub-subparcela se determinó el rendimiento del cultivo. Simultáneamente, se eligieron 10 plantas al azar, evaluándose en ellas el número de vainas y el número y peso de granos, tanto en el tallo principal como en las ramificaciones. Todos los experimentos fueron llevados a cabo en condiciones de secano. El cultivo no fue fertilizado ni tampoco se inoculó la semilla con bacterias fijadoras de nitrógeno.

El efecto de los distintos tratamientos sobre el rendimiento del cultivo fue analizado mediante el análisis de la variancia. Cuando correspondió, diferencias entre medias fueron evaluadas de acuerdo al test de LSD ($P=0,05$). Para analizar la asociación de los distintos componentes del rendimiento se emplearon técnicas de regresión.

RESULTADOS

En 1995, los rendimientos medios oscilaron entre 143,9 y 219,4 g/m² (Cuadro N° 1). El rendimiento aumentó a medida que se incrementó la densidad del cultivo, siendo la densidad de 50 plantas/m² significativamente superior a las restantes. Los rendimientos de las dos fechas de siembra no difirieron significativamente entre sí ($P>0,05$). Se observó además una interacción significativa ($P<0,002$) entre época de siembra y arreglo espacial: mientras en la primera época de siembra no hubo diferencia entre espaciamientos ($P>0,05$), en la segunda el rendimiento del lupino distanciado a 35 cm fue superior al distanciado a 70 cm.

En 1996, se registró una mayor variación de los

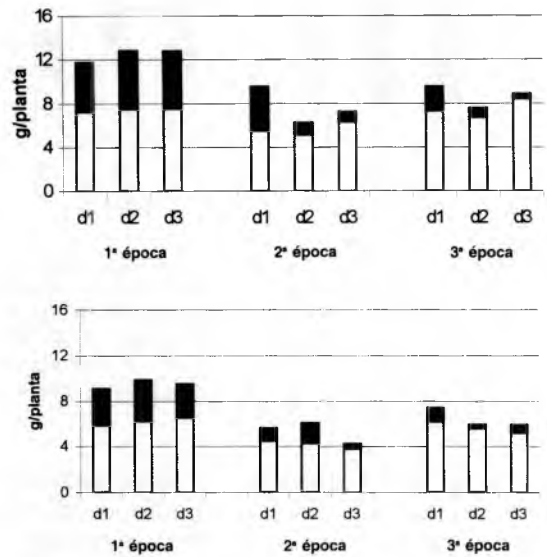
Cuadro N° 1. Rendimiento de lupino (g/m²) en 1995. Entre paréntesis se presenta el desvío estándar de cada tratamiento.

Densidad de siembra (pl/m ²)	Siembra 24/5/95		Siembra 13/6/95	
	35 cm	70 cm	35 cm	70 cm
20	159,2 (40,9)	143,9 (30,7)	206,1 (18,7)	138,0 (35,4)
35	172,6 (10,4)	164,4 (37,6)	201,0 (53,4)	167,7 (51,9)
50	184,1 (35,1)	208,1 (44,6)	219,4 (40,4)	153,7 (35,4)

rendimientos medios: desde 76,9 g/m² hasta 254,2 g/m² (Cuadro N° 2). En este año todos los factores tuvieron un efecto significativo sobre el rendimiento de lupino. Los rendimientos de las tres densidades de siembra difirieron significativamente entre sí (P<0,0001). La primera época de siembra rindió estadísticamente más que las dos restantes (P<0,006). En todos los casos, el rendimiento del cultivo distanciado a 35 cm superó significativamente al del distanciado a 70 cm (P<0,009).

El aporte relativo del tallo principal y las ramificaciones al rendimiento del lupino dependió, tanto del año como de la época y densidad de siembra (Figuras 1 y 2). En 1995 el aporte del eje principal osciló entre el 20 y el 75% mientras que en 1996 dichos valores fueron superiores: 60 y 95%. La contribución del eje principal se incrementó al atrasar la fecha de siembra o al aumentar la densidad de la misma. En todos los casos, el aporte de las ramificaciones se circunscribió a la de las ramificaciones primarias, no registrándose producción en órdenes superiores de ramificación.

El rendimiento de lupino estuvo estrechamente asociado al número de granos producidos (Gráfico 3a) ($y = -0,189 + 0,447x$; $r^2 = 0,87$; $n = 30$). Por el

**Figura 1.** Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento del eje principal (□) y las ramificaciones (■) de lupino en 1995. a) 35 cm entre surcos; b) 70 cm entre surcos. d1: 20 plantas/m²; d2: 35 plantas/m²; d3: 50 plantas/m².**Cuadro N° 2. Rendimiento de lupino (g/m²) en 1996. Entre paréntesis se presenta el desvío estándar de cada tratamiento.**

Densidad de siembra (pl/m ²)	Siembra 3/7/96		Siembra 12/6/96		Siembra 24/7/96	
	35 cm	70 cm	35 cm	70 cm	35 cm	70 cm
20	205,8(4,8)	134,5(20,)	137,5(78,2)	76,9(20,9)	140,1(28,4)	78,9(19,0)
35	254,1(44,6)	183,5(24,1)	122,5(91,6)	92,4(41,4)	125,1(13,4)	118,6(21,9)
50	254,2(27,4)	206,5(15,7)	157,1(70,7)	93,8(17,9)	174,4(27,1)	102,4(10,5)

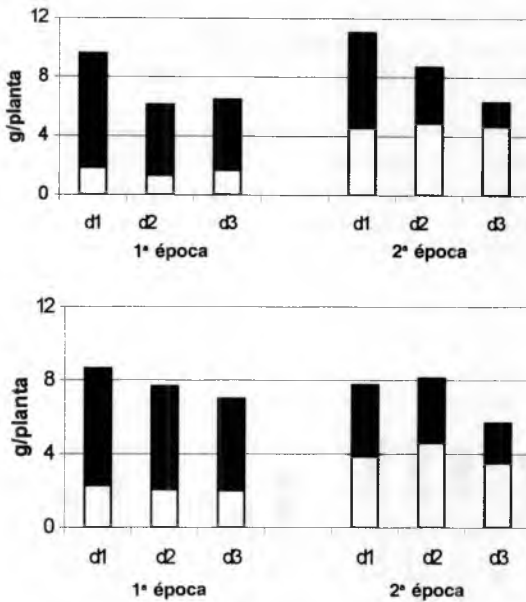


Figura 2. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento del eje principal (□) y las ramificaciones (■) de lupino en 1996. a) 35 cm entre surcos; b) 70 cm entre surcos. d1: 20 plantas/m²; d2: 35 plantas/m²; d3: 50 plantas/m². LSDe y LSDr representan las diferencias mínimas significativas para el eje principal y las ramificaciones, respectivamente ($p < 0.05$)

contrario el rendimiento del cultivo no guardó una relación significativa con el peso individual de los granos (Gráfico 3b). Tanto en 1995 como en 1996, el número de granos por vaina fue 3,2 y no mostró variaciones entre los distintos tratamientos.

DISCUSION

La fecha de siembra óptima para obtener los máximos rendimientos de lupino parece situarse a mediados del mes de junio. Siembras más tardías tuvieron rendimientos menores, asociados con una menor producción de vainas en las ramificaciones. Siembras anteriores al mes de junio no trajeron aparejados incrementos en los rendimientos.

Con excepción de lo ocurrido en la siembra de fines de mayo en 1995, el acortamiento de la distancia entre surcos incidió positivamente en el

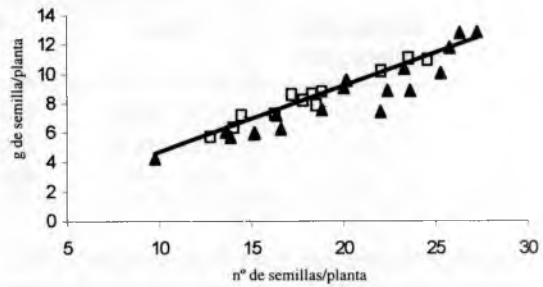


Figura 3. Efecto del número de granos por planta sobre el rendimiento de lupino. (□) 1995; (▲) 1996.

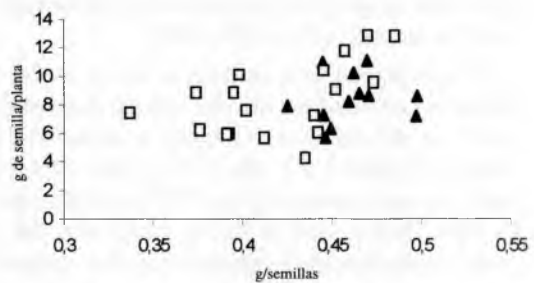


Figura 4. Efecto del peso individual de los granos sobre el rendimiento de lupino. (□) 1995; (▲) 1996.

rendimiento de lupino. Este tipo de resultados, es coincidente con los obtenidos en Estados Unidos por Putnam *et al.* (1992) y Noffsinger y van Santen (1995). En el caso del cultivo de soja, Board y Harville (1992) concluyeron que el mayor rendimiento obtenido con menores espaciamientos está asociado con un incremento en la radiación interceptada, vinculado a su vez con un mayor índice de área foliar. Es posible que en la siembra realizada en mayo, la máxima radiación interceptada por el cultivo de lupino sea similar para los dos arreglos espaciales ensayados. De allí que en ese caso no se manifiestan diferencias entre ambos tratamientos.

El rendimiento de lupino respondió positiva-

mente al aumento de la densidad de siembra. Si bien a partir de la información generada por nuestros ensayos no es posible determinar la densidad óptima de siembra, para las condiciones del sur de Santa Fe la misma parece situarse en por lo menos 50 plantas/m². Un aumento en la densidad de siembra tendió a incrementar la importancia relativa del eje principal en desmedro de la ramificación primaria.

En el año 1995 el aporte del eje principal fue menor que en 1996. Es factible que las heladas registradas durante el mes de setiembre del primer año -coincidente con la floración del eje principal- hayan afectado significativamente su producción. El aporte relativo del eje principal se incrementó al retrasarse la fecha de siembra, lo cual podría estar asociado con un acortamiento del período de floración del lupino (Primolini *et al.*, 1985)

La alta variabilidad de la producción relativa del tallo principal y las ramificaciones registradas se corresponden con la constatada previamente en la literatura (Clapham y May, 1989; Huyghe *et al.*, 1994; Crochemore *et al.*, 1994; Noffsinger y van Santen, 1995). Sin embargo, los resultados obtenidos sugieren que mediante el manejo de prácticas agronómicas -tales como la densidad o la época de siembra- es posible modificar la arquitectura de la planta de lupino, alterando así el grado de indeterminación del crecimiento del cultivo. Es posible formular la hipótesis de que el crecimiento indeterminado le confiere al lupino cierta estabilidad en sus rendimientos ante la ocurrencia de algún estrés ambiental temporario (v.g. heladas tardías o sequía). Este hecho es particularmente relevante teniendo en cuenta la irregularidad de las condicio-

nes climáticas en la región hacia fines del invierno e inicios de la primavera, coincidentes con el inicio del desarrollo reproductivo del lupino.

El número de granos por planta resultó más variable que el peso individual del grano de lupino, y a su vez mantuvo una relación mucho más estrecha con el rendimiento por planta. Debido a que el número de granos por vaina fue estable, el rendimiento del lupino estuvo entonces definido por el número de vainas producidas por planta. Estos resultados son coincidentes con los de experiencias previas (Harzic *et al.*, 1996; Noffsinger y van Santen, 1995) y destacan la importancia de caracterizar el período de crecimiento del cultivo en el que se define el número de vainas (Duthion y Ney, 1990).

Los ensayos aquí analizados no estuvieron orientados a determinar la potencialidad del cultivo en la región ya que se realizaron en condiciones no controladas de agua y nutrientes. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que el sur de la provincia de Santa Fe es una zona apta para el cultivo de lupino. Pese al bajo nivel de insumos empleado en nuestros ensayos, los rendimientos obtenidos son comparables a los de otras regiones geográficas (v.g. Putnam, 1993; López-Bellido *et al.*, 1994). No obstante ello, más información es necesaria que vincule el comportamiento de lupino con distintas variables climáticas, de manera de poder extrapolar los resultados a otras regiones potenciales de cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. Alberto Trevizán por su colaboración en el análisis estadístico de los datos y al Ing. Agr. Ricardo Martignone por la lectura crítica del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- BOARD, J.E. and B.G. HARVILLE 1992. Explanations for greater light interception in narrow- vs. wide-row soybean. *Crop Science*, 32:198-202.
- CLAPHAM, W.M. and D. ELBERT-MAY 1989. Influence of population on white lupin morphology and yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 69:161-170.
- CROCHEMORE, M.L., C. HUYGHE, J. PAPINEAU and B. JULIER 1994. Intra-plant variability in seed size and seed quality in *Lupinus albus* L. *Agronomie*, 14:5-13.
- DE HARO, A. 1983. La calidad nutritiva de las leguminosas de grano y su control genético. *En Las leguminosas de grano*, Mundiprensa, Madrid, pp. 35-52.

- DUTHION, C. and B.NEY 1990. Chronology of reproductive development of four types of white lupin (*Lupinus albus* L.) period of seed number formation on the different reproductive structures. *Actas 6th International Lupin Conference*. Temuco-Chile.
- GHERSA, C. y M.A. MARTINEZ-GHERSA 1989. Cambios ecológicos asociados con la introducción del cultivo de soja en la pampa ondulada. *Actas IV Conferencia Mundial de Investigación en Soja*, Buenos Aires.
- HARZIC, N., C. HUYGHE and J. PAPINEAU 1994. Dry matter accumulation and seed yield of dwarf autumn-sown white lupin (*Lupinus albus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 75:549-555.
- HARZIC, N., C.HUYGHE, J. PAPINEAU, C. BILLOT, R. ESNAULT and C. DEROO 1996. Genotypic variation of seed yield and architectural traits in dwarf autumn-sown white lupin. *Agronomie*, 16:309-319.
- HUYGHE, C., B. JULIER, N. HARZIC and J. PAPINEAU 1994. Yield and yield components of indeterminate autumn-sown white lupin (*Lupinus albus*) cv. Lunoble. *European Journal of Agronomy*, 3:145-152.
- HUYGHE, C. 1997. White lupin (*Lupinus albus* L.). *Field Crops Research*, 53:147-160.
- LOPEZ-BELLIDO, L., M. FUENTES, J.C.B. LHAMBY and J.E. CASTILLO 1994. Growth and yield of white lupin (*Lupinus albus*) under Mediterranean conditions: effect of sowing date. *Field Crops Research*, 36:87-94.
- NOFFSINGER, S.L. and E. VAN SANTEN 1995. Yield and yield components of spring-sown white lupin in the southeastern USA. *Agronomy Journal*. 87: 493-497.
- PLACHUELO-RAVELO, A., A. RAVELO., D. SORLINO and M.P. VILARIÑO 1990. Effects of environment on lupin phenological responses. *Actas 6th International Lupin Conference*. Temuco-Chile.
- PRIMOLINI, C.D., V. VISARO y A. TREVIZAN 1995. Influencia del ambiente sobre el ciclo y componentes de rendimiento en un cultivar de Lupino amargo. *Actas de la II Reunión de Oleaginosos*, Pergamino.
- PUTNAM, D.H., J. WRIGHT, L.A. FIELD and K.K. AYISI 1992. Seed yield and water-use efficiency of white lupin as influenced by irrigation, row spacing, and weeds. *Agronomy Journal*, 84:557-563.
- PUTNAM, D.H. 1993. An interdisciplinary approach to the development of lupin as an alternative crop. En: *New crops*. John Wiley and Sons, N.Y., 710 pp.
- VITTA, J.I. 1999. La visión del desarrollo sustentable en el agro de nuestra región. 2? Coloquio FARN propuestas de políticas públicas para el desarrollo sustentable, Villa Carlos Paz, Córdoba.
- VITTA, J.I., C.D. PRIMOLINI, A. TREVIZAN, F.ESCOLA y L. ROCCHI 1998. Control ambiental de la fenología de *Lupinus albus* L. *Actas de la III Reunión Nacional de Oleaginosos*, Bahía Blanca