

# Aptitud agroecológica de la pradera pampeana argentina para el cultivo del lupino blanco (*Lupinus albus* L.)

Ravelo, A. C y A. M. Planchuelo

## RESUMEN

Se determinó la aptitud agroecológica de la pradera pampeana argentina para el cultivo del lupino blanco (*Lupinus albus* L.) mediante la valoración de los recursos climáticos y edáficos. Fueron analizadas las disponibilidades térmicas y de deficiencias hídricas de suelo de diferentes localidades, y se consideraron los subgrupos dominantes de las unidades edáficas de la cartografía de suelos de acuerdo a los requerimientos edáficos del lupino. Además, se evaluó el comportamiento de variedades mejoradas provenientes de otros países, en parcelas experimentales. Mediante un sistema de información geográfica se establecieron 8 regiones potencialmente aptas para el cultivo del lupino blanco y se identificaron los factores agroecológicos limitantes del cultivo. Sobre la base del comportamiento de las variedades mejoradas, ensayadas en la red experimental, se efectúan recomendaciones para la utilización de variedades o cultivares con diferentes coeficientes de precocidad para cada región.

**Palabras clave:** aptitud agroclimática, zonificación agroecológica, lupino blanco, *Lupinus albus*, pradera pampeana argentina.

Ravelo, A. C and A. M. Planchuelo, 2003. Agroecological aptitude of the Argentine Pampas for white lupin (*Lupinus albus* L.). Agriscientia XX: 35 - 44

## SUMMARY

The agro-ecological aptitudes of the Argentine Pampas for white lupin (*Lupinus albus* L.) are assessed considering the climate and soil resources. Thermal and water deficits conditions for different locations and major soil groups selected according to crop requirements were analyzed. In addition, improved crop varieties introduced from other countries were tested in experimental plots. Using a geo-

---

Fecha de recepción: 01/09/03; fecha de aceptación: 05/12/03

graphic information system, eight cropping areas were classified as potentially suitable for white lupin and crop limiting factors were identified. Based on variety responses in the network experimental plots, recommendations on varieties with different precocity coefficients are made for each region.

**Keywords:** agroclimatic aptitude, agroecological zoning, white lupin, *Lupinus albus*, Argentine Pampas.

A.C. Ravelo y A.M. Planchuelo. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNC / CONICET, Av. Valparaiso s/n, Ciudad Universitaria, C.C. 509, 5000 Córdoba, Argentina. E-mail: ravelo@crean.agro.uncor.edu

## INTRODUCCIÓN

La elección y el manejo de los cultivos depende de las características agroecológicas de las diversas regiones y de las condiciones del mercado. Para lograr la inserción de un nuevo cultivo en la cadena productiva, se debe alterar la secuencia tradicional de siembras, sustituyendo un cultivo ya afianzado por el nuevo y adaptando adecuadamente su manejo. Otra posibilidad es la incorporación de nuevas tierras a la producción agrícola y establecer el nuevo cultivo como un pionero en el uso de la tierra. Ambas posibilidades están enmarcadas en un ámbito de razonable incertidumbre tecnológica, y es por esa razón que es indispensable realizar estudios de factibilidad de cultivo y establecer áreas pilotos de experimentación, antes de lanzar la producción de un cultivo no tradicional a gran escala. El cultivo de soja en Argentina consolidó su liderazgo gracias a una profunda investigación y experimentación a lo largo de más de 40 años. Los resultados de los análisis agroclimáticos (Pascale 1969, 1970, 1972; Pascale y Escales, 1971, Ravelo *et al.*, 1983; Pascale y Ravelo, 1989) condujeron a una racional utilización de los recursos naturales -clima y suelo-, y permitieron encontrar el nicho ecológico apropiado para cada uno de los cultivares implantados en el país (Pascale *et al.*, 1989; 1995).

Los primeros reconocimientos del potencial del cultivo del lupino en un marco de innovación agropecuaria argentina los realizó la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación (SECYT), a través del Programa Piloto de Innovación en la Agroindustria Exportadora (PROPIAE), desarrollado en el período 1987-1988 (Caminoa, 1988, Garciulo, 1988). Estos análisis agroeconómicos propusieron al cultivo del

lupino como una alternativa agropecuaria rentable. Posteriores estudios de factibilidad de cultivo llegaron a conclusiones similares (Ravelo *et al.*, 1999b).

Las variedades mejoradas de lupino blanco (*Lupinus albus* L.) se desarrollan satisfactoriamente en climas con temperaturas mínimas medias mensuales entre 3 y 10°C y temperaturas máximas medias mensuales entre 17 y 31°C, y con precipitaciones de 350 a 700 mm durante el ciclo del cultivo. Las características bioclimáticas más importantes se corresponden con los requerimientos foto-térmicos, hídricos y de vernalización. Reeves *et al.* (1977) determinaron que la ocurrencia de las fases fenológicas están correlacionadas positivamente con las condiciones foto-térmicas durante los subperíodos emergencia-iniciación de floración, y negativamente durante el subperíodo primera flor abierta-última flor abierta. Goldstein (1984), teniendo en cuenta dichos requerimientos, hizo una clasificación de variedades en tres categorías principales: invernales, semi-invernales y primaverales. En un trabajo relacionado con la productividad del cultivo, Sylvester-Bradley (1979) estableció que los dos factores más importantes para un buen rendimiento son las temperaturas primaverales y las condiciones de humedad durante la floración, concluyendo que las plantas vernalizadas poseen muy poca ramificación y como consecuencia su rendimiento es menor. Williams y Brocklehurst (1983) describieron el efecto de la vernalización y el fotoperíodo en variedades invernales, intermedias y primaverales, con el objeto de efectuar una mejor selección genética de variedades que se adapten a los ciclos primaverales cortos de zonas frías, en altas latitudes. Clapham *et al.* (1991) profundizaron los estudios describiendo

la termosensibilidad de variantes genéticas de un cultivar de lupino blanco. Por otro lado, Putman *et al.* (1992) evaluaron la eficiencia del riego en relación con los rendimientos y establecieron que la irrigación suplementaria incrementa los componentes de rendimiento tales como el número de vainas en el eje principal y ramas secundarias, el número de semillas por vainas y el peso unitario de las semillas.

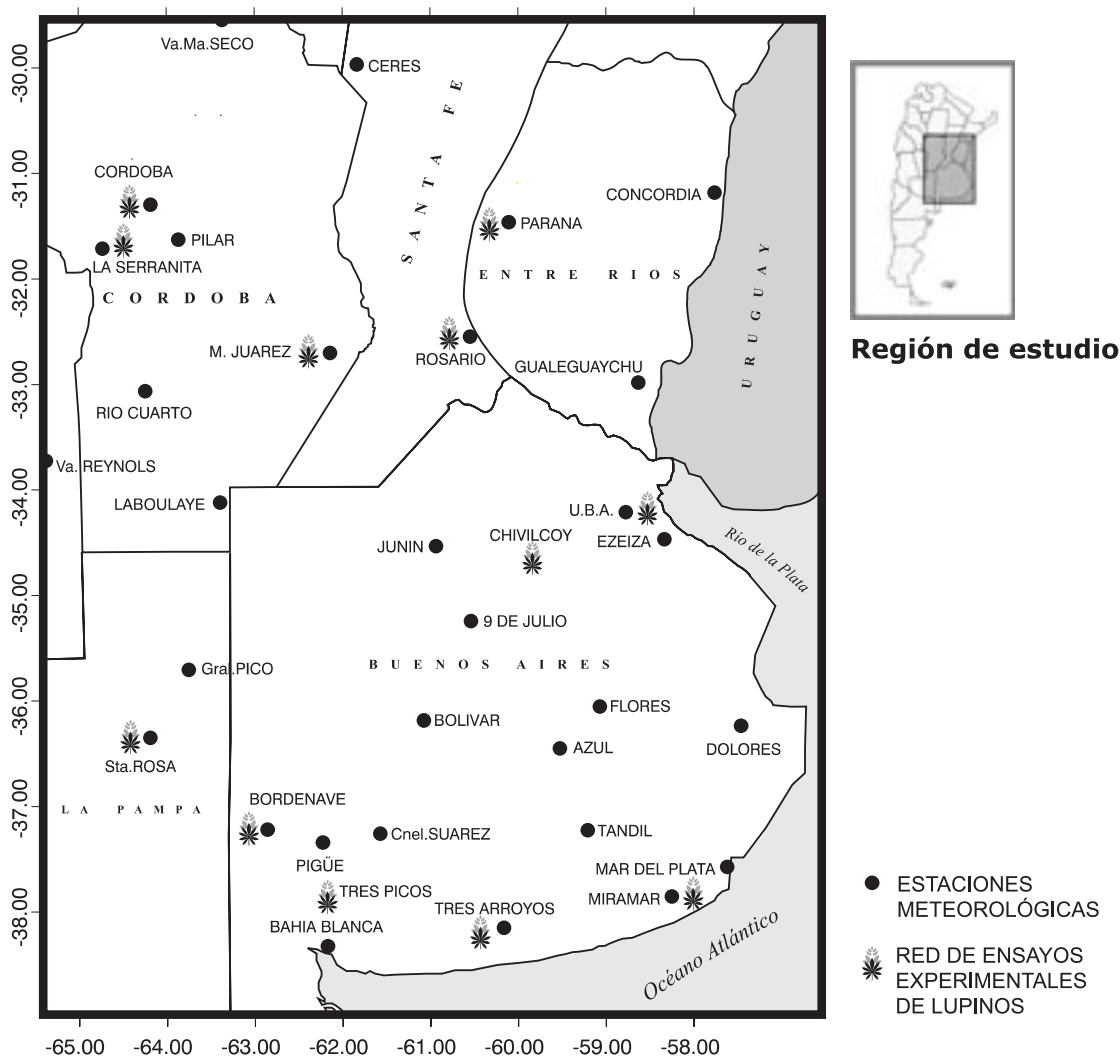
En cuanto a los requerimientos edáficos, las mejores condiciones de cultivo corresponden a los suelos francos y franco-arenosos cuyo pH oscile entre 4,6 y 7,0 (Planchuelo-Ravelo y Ravelo, 1988; von Baer, 1990; Planchuelo, 1998).

El objetivo de este trabajo fue determinar la apti-

tud agroecológica de la pradera pampeana argentina para el cultivo del lupino blanco, evaluando los recursos agroclimáticos y de suelo, con el propósito de delimitar zonas agrícolas y efectuar recomendaciones sobre posibles variedades cultivables en cada una de ellas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos meteorológicos utilizados para el análisis de las disponibilidades hídricas de la pradera pampeana fueron obtenidos de estaciones meteorológicas ubicadas en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa y Santa Fe, se-



**Figura 1 :** Zona de estudio con las estaciones meteorológicas consideradas en el análisis agroclimático y las localidades donde se llevaron a cabo los ensayos experimentales de lupino blanco.

**Tabla 1:** Registros fenológicos de los cultivares Lolita, Typ Top y Rumbo durante la campaña 1998 en la localidad de La Serranita, Córdoba.

Fases Fenológicas	LOLITA		TYP TOP		RUMBO	
	Fecha	Días desde la siembra	Fecha	Días desde la siembra	Fecha	Días desde la siembra
Siembra	27/05		27/05		27/05	
Emergencia	08/06	11	08/06	11	08/06	11
R1	11/09	107	06/10	132	22/10	148
R2	29/09	125	23/10	149	30/10	156
R4	22/10	148	3/11	160	7/11	164
R5	9/10	135	21/10	147	26/10	152
R7	28/10	154	11/11	168	19/11	176
R8	25/11	182	3/12	190	14/12	201
R10	04/12	191	14/12	201	27/12	214

gún se indica en la Figura 1. Para la caracterización climática de la zona de estudio se consideraron los valores promedios mensuales de las precipitaciones, las temperaturas, la humedad atmosférica, el viento y la heliofanía correspondientes al período 1971-2000 (SMN, 2002). En cada una de las localidades consideradas se calculó la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Penman (1948) y la evapotranspiración real (ETR) a través del balance hidrológico mensual según el método de Palmer (1965). La deficiencia hídrica mensual fue definida como la diferencia entre la ETP y la ETR. Dichas deficiencias fueron acumuladas para el ciclo del cultivo (abril - noviembre) en cada año de la serie meteorológica utilizada, y se calculó la deficiencia media, la cual fue usada para el trazado de las isólinas de 50, 100 y 150 mm, en un mapa de la región pampeana.

Se estableció un umbral mínimo de 450 horas de frío (Putman *et al.*, 1993; Clapham *et al.*, 1994) para satisfacer las exigencias de vernalización. Las disponibilidades territoriales de horas de frío fueron extractadas de cartas agroclimáticas (Damario y Pascale, 1995), y las fotoperiódicas se obtuvieron de tablas agrometeorológicas (Rusello *et al.*, 1974).

Las disponibilidades calóricas para el bioperíodo de 5°C, en el cual se comienzan a contabilizar las sumas térmicas para el ciclo del cultivo, corresponden a las establecidas por Damario y Pascale (1974, 1983).

Las características edáficas de la pradera pampeana fueron obtenidas del Atlas de Suelos de la República Argentina (INTA, 1997). Se extrajeron todas las unidades de suelo con textura franca, franca-limosa y franca-arenosa como suelos aptos para el cultivo, y se agruparon los de otras texturas como suelos no aptos. Mediante una técnica denominada de disolución, provista por el programa PCAR-

c/Info versión 3.4.2 (ESRI, 1994), que permite desagregar todos los polígonos que poseen el mismo atributo, se obtuvieron dos categorías de suelos. La digitalización de la deficiencia hídrica y su representación cartográfica se llevó a cabo en una mesa digitalizadora con el programa VT1 versión 4.12 (Digitizer Technology Co., 1998). La superposición de la información cartográfica de variables meteorológicas y de suelo se efectuó con el programa IDRISI versión 14.0 (Clark Labs, 2003).

Durante las campañas 1998, 1999 y 2000, se realizaron ensayos en parcelas experimentales para tres épocas de siembra en 12 localidades de la pradera pampeana (Figura 1), para cubrir en forma temporal y espacial distintas situaciones agroclimáticas. Las parcelas consistieron en 6 surcos de 6 m de largo con 0,35 m de distancia entre sí. La distancia entre plantas fue de 10 cm, para lograr una densidad media de siembra de 30 plantas/m<sup>2</sup>. La siembra se realizó manualmente. Las variedades elegidas para la experimentación a campo fueron: Rumbo, Lolita y Typ Top, originarias del semillero von Baer, de Temuco, Chile. La metodología de trabajo en las parcelas experimentales fue una adaptación de las propuestas por Planchuelo-Ravelo (1988, 1989), Ravelo y Planchuelo-Ravelo (1987) y Ravelo y Planchuelo (1996). Se confeccionó una guía instructiva con las características de las variedades seleccionadas, el diseño de los ensayos y recomendaciones para la preparación del terreno, la siembra y las observaciones fenológicas (Planchuelo y Ravelo, 1998).

Al momento de la siembra se determinó por gravimetría la humedad inicial del suelo a 20, 40, 60 y 80 cm de profundidad, la cual fue usada en el cálculo del balance hidrológico. El registro de las fases fenológicas fue una adaptación simplificada del propuesto en el modelo Lupifen II (Ravelo y Planchuelo, 1996). Las fases registradas fueron: emergencia

(V1), cono floral (R1), principio de floración (R2), fin de floración (R4), principio de fructificación (R5), fin de fructificación (R7), principio de maduración (R8) y fin de maduración (R10). Además, en algunas parcelas experimentales se registraron datos fenométricos, como área foliar y peso seco de partes vegetativas en tres estadios del cultivo, para relacionarlos con las disponibilidades hídricas edáficas (Zanvetor *et al.*, 1999). En la totalidad de las parcelas se contabilizaron los componentes de rendimientos al momento de cosecha. Cada punto de la red documentó en una planilla general los datos de suelo, los tratamientos fitosanitarios y de adversidades ocurridas por parcela, y en otra planilla, las fases fenológicas por fecha de siembra. Los componentes de rendimiento se evaluaron en el laboratorio central donde se coordinaron las actividades del proyecto.

Para establecer la sensibilidad de cada variedad a las disponibilidades hídricas, durante el ciclo de cultivo, se relacionaron las deficiencias hídricas acumuladas en orden creciente, con los rendimientos registrados en distintos años y localidades selectas de la red.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de ejemplo, la Tabla 1 muestra el comportamiento fenológico de las tres variedades durante la campaña agrícola 1998 en La Serranita (Córdoba), situada a 31° 50' S y 64° 23' W, distante aproximadamente 50 km de Pilar (Córdoba), y con similares características climáticas (Figura 1).

Las exigencias termohídricas, definidas por el semillero proveedor para las diferentes variedades, fueron verificadas de acuerdo a las respuestas fenológicas y fenométricas de dichas variedades a las condiciones meteorológicas registradas en las localidades donde se llevaron a cabo los ensayos experimentales.

La Figura 2 presenta los resultados de los balances hidrológicos climáticos de Paraná, Miramar, Santa Rosa y Córdoba, que ejemplifican las condiciones presentes en las localidades que circunscriben la región de estudio en la red de ensayos experimentales. En la porción occidental de la región, representada por Santa Rosa y Córdoba, son evidentes las deficiencias hídricas debidas a las escasas precipitaciones durante el período mayo-agosto, que corresponde a la etapa de crecimiento vegetativo del lupino. Las deficiencias hídricas aumentan considerablemente en la época primaveral, coincidiendo con la época de floración del cultivo. Por otro lado, en el NE y SE de la región, en donde se encuentran las localidades de Paraná y Miramar, las preci-

pitaciones son adecuadas y las deficiencias registradas son pequeñas o nulas durante la época invernal, siendo el régimen de precipitaciones de Miramar muy favorable para los cultivos invernales tales como el lupino.

La Figura 3 presenta las relaciones entre las deficiencias hídricas acumuladas en el suelo durante el ciclo de cultivo y las respuestas de cada variedad en términos de rendimientos, para las localidades y años seleccionadas por niveles de deficiencia. Puede apreciarse que Rumbo es la variedad más sensible a la falta de agua, dado que los rendimientos decaen más rápidamente que en las otras dos variedades cuando se presentan deficiencias hídricas. Así mismo, dicha variedad presenta comparativamente los mejores rendimientos cuando las deficiencias hídricas son pequeñas o nulas, como por ejemplo en Miramar, en donde los rendimientos promedio alcanzan los 2500 kg/ha. Por otro lado, la variedad Lolita es la menos sensible al estrés hídrico, y por lo tanto sus rendimientos son los que poseen la menor declinación ante el aumento de las deficiencias hídricas, mientras que Typ Top presenta un comportamiento intermedio.

Se pone también en evidencia que los rendimientos más elevados se presentaron en la parte oriental de la pradera pampeana (Chivilcoy, Miramar y Barrow), mientras que en las zonas sur y oeste (Bahía Blanca, Marcos Juárez y Córdoba) los rendimientos fueron mucho menores. Cabe destacar que las bajas deficiencias hídricas registradas durante el período de cultivo en Córdoba en 1999 (38 mm), permitieron obtener rendimientos que oscilaron entre los 800 y 1300 kg/ha.

Las disponibilidades térmicas durante el ciclo de cultivo y para el bioperíodo de 5°C oscilaron entre los 2000 grados-días en el sur de la región, hasta los 3300 grados-días en la parte norte. De acuerdo con el comportamiento varietal observado y el cumplimiento total del ciclo del cultivo, se pudo determinar que tanto la disponibilidad calórica como el régimen fotoperiódico son adecuados en toda la pradera pampeana.

En la Figura 4 se presenta un esquema de la superposición de capas de información climática y edáfica, relevantes para la zonificación agroecológica del cultivo de lupino.

La representación cartográfica de las isolíneas de deficiencias hídricas (Figura 4a), demarcó las áreas donde el cultivo puede prosperar en secano, con riego eventual, complementario o integral. Aquellas áreas que presentan una deficiencia hídrica inferior a los 100 mm pueden clasificarse como aptas para el cultivo en secano o con riego eventual,

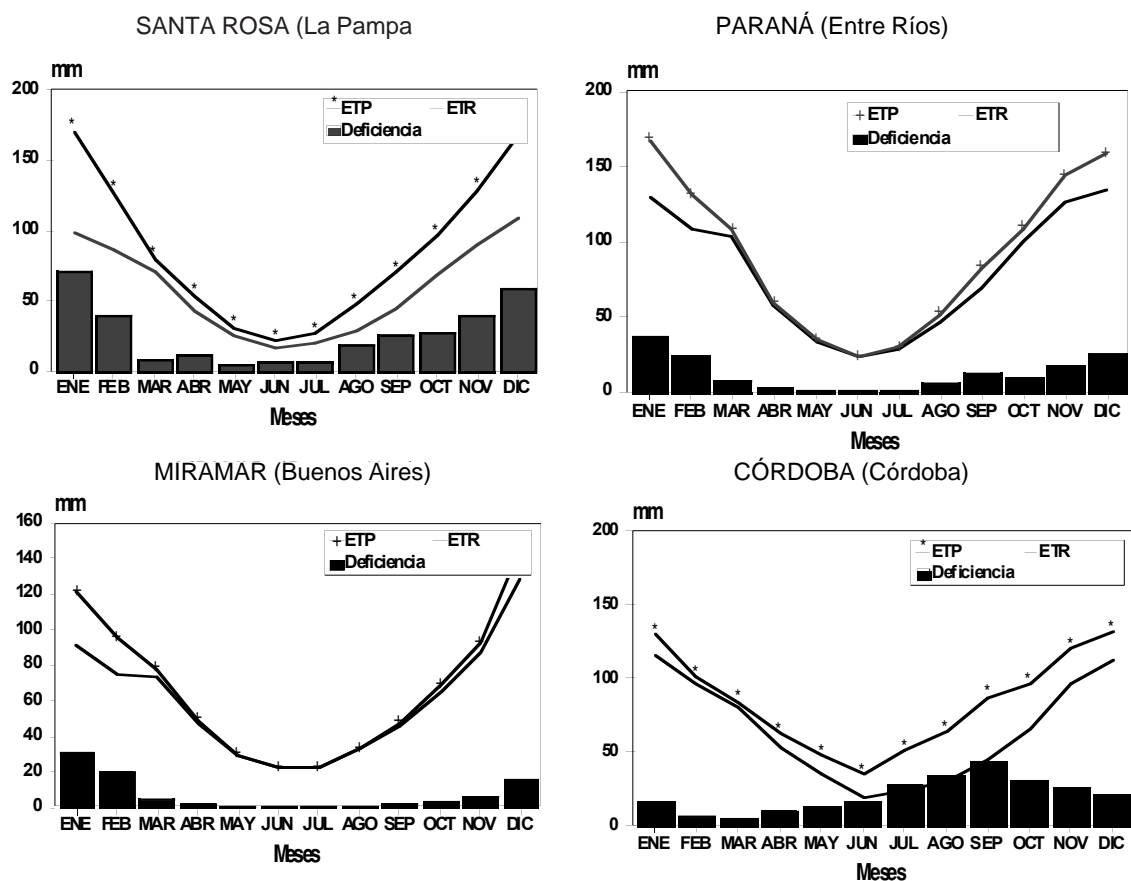


Figura 2: Balances hidrológicos de cuatro localidades de la red de ensayos experimentales de lupino.

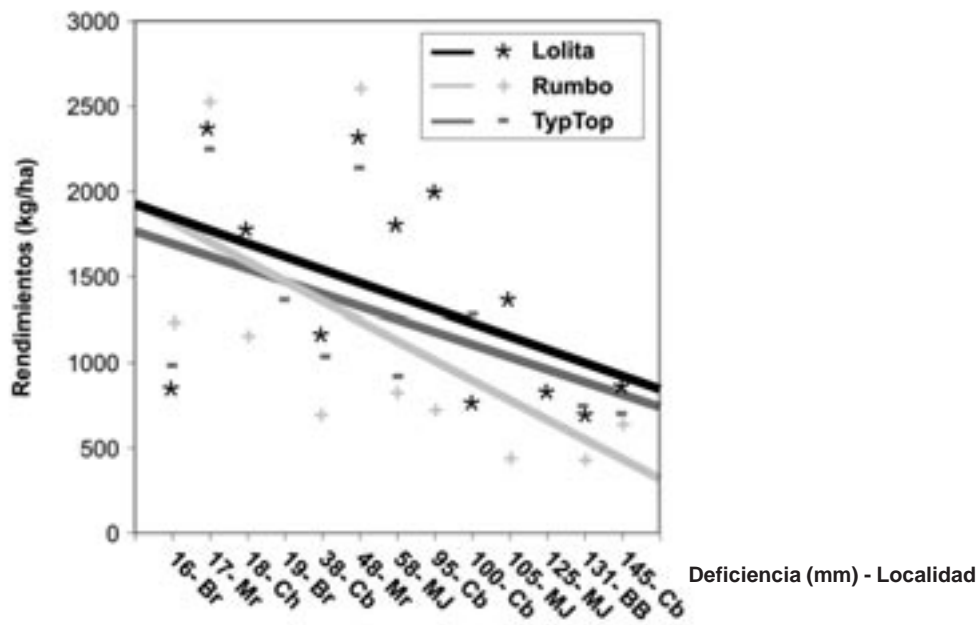
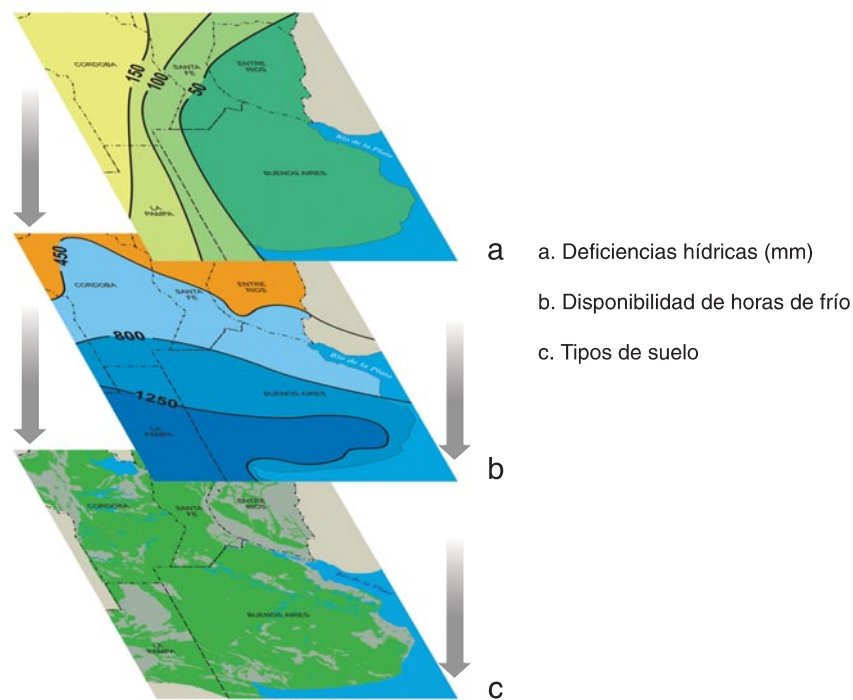
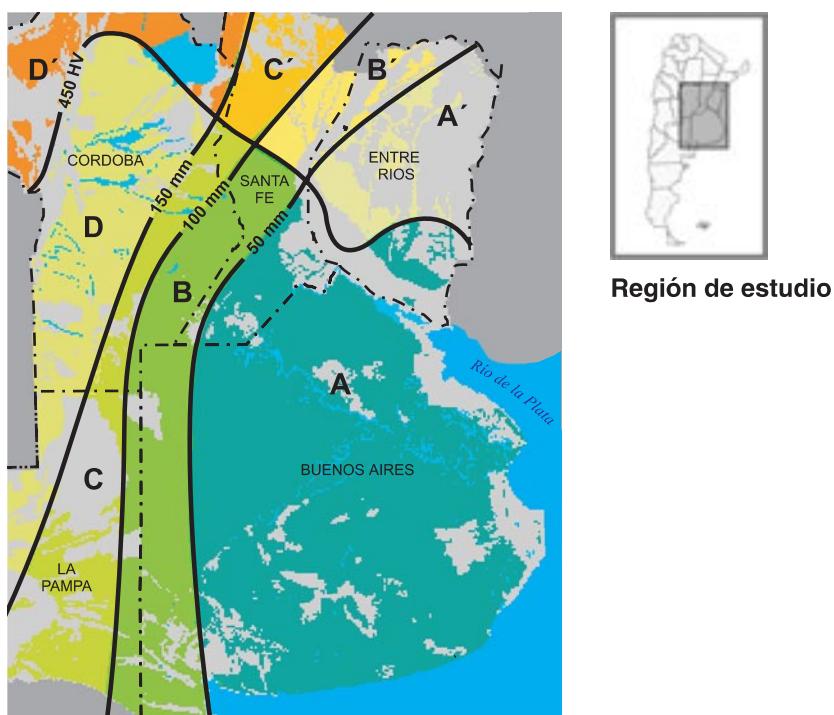


Figura 3: Relación entre la deficiencia hídrica y los rendimientos medios de tres cultivares de lupino en localidades selectas de la red experimental de ensayos. Localidades: Br: Barrow; Mr: Miramar; Ch: Chivilcoy; Cb: Córdoba; Mj: Marcos Juárez; BB: Bahía Blanca.





**Figura 4:** Esquema de la superposición de las capas de información edafo-climáticas consideradas para la elaboración del mapa de aptitud agroecológica para el cultivo del lupino blanco.



**Figura 5.** Zonificación agroecológica del lupino blanco según sus requerimientos edáficos y termo-hídricos (ver Tabla 2 para las referencias de cada zona).

mientras que las áreas con deficiencias entre 100 y 150 mm requieren riego complementario y las que tienen una deficiencia mayor de 150 mm deben tener un sistema de riego integral (Meronuck *et al.*, 1991; Putnam *et al.*, 1992; Putnam, 1993). De acuerdo con estos umbrales hídricos, el cultivo del lupino en secano es posible en todo el territorio de las provincias de Buenos Aires y de Entre Ríos, en el centro-sur de Santa Fe, sudeste de Córdoba y una estrecha franja en la parte oriental de La Pampa. Esta amplia región de cultivo en secano se subdivide a su vez en dos regiones: una al oeste, con deficiencias entre 50 a 100 mm, y otra al este, con deficiencias inferiores a 50 mm. En la primera región, debido a la variabilidad climática interanual, se pueden presentar años con marcado estrés hídrico, en los cuales eventualmente se hace necesaria la aplicación de riegos en períodos críticos para evitar pérdidas de rendimientos. En la región este, con deficiencias inferiores a 50 mm, la disponibilidad hídrica es siempre satisfactoria.

La disponibilidad de horas con temperaturas vernalizantes para las localidades en estudio se presentan en la Figura 4b. La isolínea de 450 horas marca el límite norte de las siembras tempranas con variedades de ciclo otoño-invernal. En las zonas com-

prendidas entre las isolíneas de 800 y 1250 horas de frío se satisfacen plenamente los requerimientos de vernalización de todas las variedades. Al norte de la isolínea de 450 horas sólo pueden cultivarse las variedades de ciclo invierno-primaveral.

En la Figura 4c se muestra la distribución de los grupos de suelos aptos y no aptos para el cultivo de lupino, según las características de textura.

La superposición de las capas de información agroclimática (deficiencias hídricas y disponibilidades de horas de frío) y edáfica (textura de suelo) permitió obtener el mapa de aptitud agroecológica para el cultivo del lupino blanco (Figura 5). En dicho mapa se identifican 8 regiones que permiten establecer un manejo adecuado del cultivo según las características varietales y de épocas de siembra.

En la Tabla 2 se indican las características termo-hídricas de cada región en relación con los coeficientes de precocidad de las variedades, según la escala de Ravelo *et al.* (1999a). Cabe aclarar que la variedad Typ Top, recientemente registrada, presenta un coeficiente de precocidad de 5,5 y puede ser cultivada en las mismas áreas y condiciones que las L2043 de origen norteamericano y la Lublanc de origen francés (Ravelo *et al.*, 1999a).

**Tabla 2:** Aptitud de las zonas agroecológicas según las características termo-hídricas y en relación a la precocidad de cultivares recomendados de lupinos.

Zonas Agroecológicas	Aptitud térmica	Aptitud hídrica	Coefficientes de Precocidad	Epoca de siembra
A	Siembras tempranas	En secano	> 5	Otoño-invernal
	Siembras tardías		3 a 5	Inverno-primaveral
B	Siembras tempranas	Con riego eventual	>5,5	Otoño-invernal
	Siembras tardías		3 a 5	Inverno-primaveral
C	Siembras tempranas	Con riego complementario	> 6	Otoño-invernal
	Siembras tardías		3 a 4	Inverno-primaveral
D	Siembras tempranas	Con riego integral	> 6	Otoño-invernal
	Siembras tardías		3 a 4	Inverno-primaveral
A´	Siembras tardías	En secano	< 4	Inverno-primaveral
B´	Siembras tardías	Con riego eventual	< 4	Inverno-primaveral
C´	Siembras tardías	Con riego complementario	< 4	Inverno-primaveral
D´	Siembras tardías	Con riego integral	< 4	Inverno-primaveral



## CONCLUSIONES

El lupino blanco se adapta a las condiciones agroecológicas de gran parte de la pradera pampeana.

Las áreas más apropiadas para el cultivo en secano coinciden con las óptimas para el trigo. En aquellas áreas identificadas como aptas con riego y que disponen de equipos de irrigación, el lupino se constituye en otra opción como cultivo invernal.

Es conveniente realizar un mejoramiento fitogenético para adaptar nuevas variedades a las condiciones determinadas en el presente estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Antonio J. Pascale por su liderazgo en la organización de los ensayos experimentales; a todos los profesionales integrantes de la red de ensayos y en particular al Ing. Agr. Roberto Zanvetor por el apoyo logístico a la red. Al Ing. Agr. Alfredo J. Santa por la preparación de los mapas de suelo y al Sr. Alejandro Barbeito por la preparación de las ilustraciones. A las instituciones que financiaron parcialmente este trabajo (FONCYT, Agencia Córdoba Ciencia, SECYT/UNC)

## BIBLIOGRAFÍA

- Camino, R., 1988. El lupino lineamientos de estrategia para el desarrollo del cultivo Informe sobre el Programa de Asistencia Técnica para la Gestión del Sector Público Argentino: Componente "Planificación Agropecuaria y Pesquera, Préstamo Banco Mundial 2712/A.R. SECYT.
- Clapham, W.M., S.L. Barnes and C.J. Crosby, 1991. Thermosensitivity in white lupin. Proc. 6<sup>th</sup> Inter. Lupin Conference. Temuco, Chile. pp. 307-310.
- Clapham, W. M.; E. J. Sawincka and R. Muranyi. 1994. Variation and thermosensitivity in seven mutants of *Lupinus albus*, cv. "Hetman". In, Neves Martins & Beirao da Costa, Advances in Lupin Research. ISA, Lisboa. pp. 365-370.
- Clark Labs, 2003. IDRISI versión 14.0, GIS computer program.
- Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1974. Agroclimatología de las disponibilidades calóricas en la Argentina. Revista Facultad Agronomía La Plata, 3 (1-2): 103-126.
- Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1983. Disponibilidades calóricas regionales para diferentes cultivos en la Argentina. Rev. Facultad Agronomía 4 (11): 45-58.
- Damario, E. A. y A. J. Pascale, 1995. Nueva carta agroclimática de horas de frío en la Argentina. Rev. Fac. Agronomía, 15(2-3): 219-225.
- Digitizer Technology Co., 1998. VTI program versión 4.12. USA.
- ESRI, 1994. PCArc/Info, versión 3.4.2. Environmental Systems Research Institute Inc. P/N 58982, USA.
- Garciulo, G., 1988. Proyecto piloto de innovación en agroindustria exportadora. Informe PROPIAE Tomo VII: 8, SECYT. Argentina.
- Goldstein, W., 1984. Growth type of white lupin and their suitability for cropping in the Pacific Northwest USA. Proc. 3<sup>rd</sup> Inter. Conf. La Rochelle, Francia. pp. 558-559.
- INTA, 1997. Atlas de Suelos de la República Argentina en CD. Producido por Aeroterra SA.
- Meronuck R. A., H. Meredith and D. H. Putnam., 1991. Lupin production and utilization guide. Center for alternative plant and animal products. University of Minnesota, St. Paul. p. 27.
- Palmer, W. C., 1965. Meteorological drought. U.S. Weather Bureau, Washington D.C. Research Paper No 45, p. 58.
- Pascale, A. J. 1969. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soja en la Argentina. Rev. Facultad Agron. Vet. 17 (3): 31-48.
- Pascale, A. J. 1970. Aspectos bioclimáticos y climáticos de la soja. Rev. Agronómica Noroeste Argentino 8 (1-2): 15-40.
- Pascale, A. J., 1972. Exigencias bioclimáticas de los cultivos de soja. Actas de la 2da Reun. Téc. Nac. Soja. pp 1-9.
- Pascale, A. J. y E. A. Escales, 1971. Requerimientos bioclimáticos de los cultivos de soja: I-Sub-período siembra-floración. Rev. Facultad Agron. Vet. 19 (3): 109-124.
- Pascale, A. J. and A. C. Ravelo. A world agroclimate classification for soybean. Proceedings of the World Soybean Research Conference IV Buenos Aires, Argentina 1. pp 112-123.
- Pascale, A. J., E. A. Damario y C. R. O. Miaczynski, 1995. Zonificación ecológica de la región oriental argentina para el cultivo de la soja. Actas del Primer Congreso Nacional de Soja. Pergamino, Argentina. Cap. II Manejo y Producción 1. pp. 24-35.
- Pascale, A. J., G. S. Fadda, C. M. Lamelas y M. R. Casanova, 1989. Aptitud agroecológica del noroeste argentino para el cultivo de la soja en secano. Proceedings of the World Soybean Research Conference IV, Buenos Aires, 1. pp. 142-150.
- Penman, H. L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Meteor. Royal Soc., London Proc. Ser. A. 193:120-146.
- Planchuelo, A. M., 1998. Los lupinos, aspectos agronómicos del cultivo. Bol. Tecnológ. Lupino. 1(1): 1-39.
- Planchuelo-Ravelo, A. M., 1988. Sistema de observaciones fenológicas y fenométricas para la calibración de modelos fisiológicos de rendimiento. Rev. Fac. Agronomía, 9 (1-2): 99-108.
- Planchuelo-Ravelo, A. M., 1989. Collecting soybean experimental data for yield simulation models: An experience for Ecuador. Proc. World Soybean Res. Conf. IV. Buenos Aires. pp. 163-168.
- Planchuelo-Ravelo, A. M. y A. C. Ravelo, 1988. Lupinos, un cultivo con futuro. Boletín Divulgación 1, Secretaría de Ciencia y Tecnología. 21 pp.

- Planchuelo, A. M. y A. C. Ravelo, 1998, Guía Instructiva del Lupino. Año 1 N° 1. Fac. Cs. Agropecuarias, U.N. Córdoba. 12 pp.
- 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. *Agron. J.* 84:557-563.
- Putman, D. H., S.R. Simmons and L. L. Hardman, 1993. Vernalization and seeding date effects on yield and yield components of white lupin. *Crop Sci.* (33): 1076-1083.
- Ravelo, A. C. y A. M. Planchuelo-Ravelo, 1987. Lupifen: Un modelo fenológico para el lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *Actas III Reun. Argent. Agrometeorología.* pp. 75-84.
- Ravelo, A. C. y A. M. Planchuelo, 1996. Lupifen II: Un modelo fenológico para lupino blanco (*Lupinus albus* L.). *Rev. Facultad de Agronomía*, 16(1-2):89-97.
- Ravelo, A. C., A. J. Pascale y A. M. Planchuelo, 1983. Un modelo fenológico de soja. VIII Reunión Nac. de Soja. pp. B 65-76.
- Ravelo, A. C., A. M. Planchuelo y R. Zanvetto, 1999a. Zonificación agroecológica del lupino blanco (*Lupinus albus* L.) para la Provincia de Córdoba (Argentina). *Rev. Fac. Agronomía* 19 (3): 243-450.
- Ravelo, A. C., M. Tamagnini and A. M. Planchuelo, 1999b. Assessing economic prospects of white lupin crops in Central Argentina. 9th International Lupin Conference. Klink/Müriz. pp.261-262.
- Reeves, T.G., K.A. Boundy and H.D. Brooke, 1977. Phenological development studies with *Lupinus angustifolius* and *L. albus* in Victoria, Australia. *aust.J. Exp. Agric. and animal Husb.* 17:637-644.
- Rusello, D., S. Edey and J. Godfrey, 1974. Selected Tables and Conversions Used in Agrometeorology and Related Fields. Canada Department of Agriculture Publication 1522. 275 pp.
- Servicio Meteorológico Nacional, 2002. Datos meteorológicos. Buenos Aires.
- Sylvester-Bradley, R., 1979. Lupins are more affected by weather than most crops. *Arable Farming*: 60-65.
- von Baer, E. 1990. 1ª Ed. Lupino. Guía de producción y utilización. Asociación Chilena del Lupino, Temuco, Chile. 19 pp.
- Williams W. and S. K. Brocklehurst. 1983. Environmental factors affecting plant development in *Lupinus albus*: The effect of chilling and photoperiod during seedling development of flowering. In R. THOMPSON and R. CASEY. Perspectives for peas and lupins as protein crops. Martinus Nijhoff Publishers. The Hague. pp. 59-71.
- Zanvetto, R., A. C. Ravelo and A. M. Planchuelo, 1999. Leaf area, dry matter and grain yield of white lupins under rainfed and irrigated conditions. Resúmen dos Anais XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia & II Reuniao Latino-americana de Agrometeorologia. Florianópolis. p. 443.

+