

Análisis de las relaciones entre caracteres de interés agronómico en *Lupinus albus* L.

L. M. MARTÍN (1), R. LÓPEZ MONTERO (2) y A. DE HARO BAILON (2)

(1) Dto. de Genética. E. T. S. I. Agrónomos. Univ. de Córdoba.

(2) Dto. de Mejora y Agronomía. Servicio de Investigación Agraria de Andalucía. Córdoba.

RESUMEN

Una colección de 62 poblaciones de L. albus autóctonos de la Península Ibérica fue evaluada para dieciocho caracteres, estudiándose las relaciones entre los mismos mediante la aplicación del Análisis de Componentes Principales.

Se concluye que entre las poblaciones existen diferencias en vigor y en la estructura productiva de la planta, existiendo un superior nivel de ramificación en las plantas precoces pero que no se traduce necesariamente en un mayor nivel de rendimiento. Se discute su repercusión en la mejora genética así como la posibilidad de incrementar el rendimiento sobre la inflorescencia principal y los rendimientos en proteína y grasa.

INTRODUCCIÓN

Las correlaciones entre caracteres pueden ser debidas a que existan efectos genéticos comunes en la regulación de los mismos (pleiotropía), a ligamiento entre genes que afectan a uno y otro carácter o simplemente a asociación entre los sistemas genéticos en los mismos individuos aun sin ligamiento. Estas dos

últimas causas son coyunturales, conocer la existencia de la primera puede ser de gran interés para los mejoradores de la especie. En todo caso, cuando los caracteres estudiados tienen una regulación genética cuantitativa la expresión de los mismos y por tanto las correlaciones entre ellos pueden variar al manifestarse en medios ambientes diferentes. Para acercarse a las correlaciones debidas a efectos pleiotrópicos será interesante aplicar el estudio a colecciones amplias y en diferentes ambientes.

En *Lupinus albus* L. son escasas las referencias sobre el tema. BARBACKI y KAPSA (1960) encontraron correlación positiva entre la longitud del ciclo y la altura de la planta y entre peso de grano y rendimiento; el contenido en grasa fue superior en las formas tardías y no aparecieron correlaciones importantes entre el contenido en proteínas y otras características. WILLIAMS (1979) además de las lógicas correlaciones entre rendimiento y sus componentes, menciona la existencia de correlación positiva entre el contenido en aceite de la semilla con número de vainas, fecha de floración y maduración tardía y con la longitud del período entre floración y maduración. BOVTRAMOVICH (1980) encontró que la correlación entre rendimiento de la planta y producción en las ramificaciones fue generalmente más alta que las del rendimiento con la producción de la inflorescencia principal. GROSS Y BAER (1982) en *Lupinus mutabilis*, Sweet, encontraron correlación negativa entre contenido de la semilla en aceite y proteína y entre el contenido en aceite y el tamaño de grano.

SIMPSON (1982) estudió la variabilidad existente en poblaciones de *Lupinus albus* L. autóctonos de la Península Ibérica mediante la aplicación del Análisis de Componentes Principales pero su objetivo era una caracterización de la variabilidad y no las relaciones existentes entre los caracteres.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado ha sido una colección de 62 poblaciones de *Lupinus albus* L. autóctonas de la Península Ibérica que en parte había sido colectada por nosotros, MARTÍN et al. (1985) y en parte cedidas por otros centros de investigación. Dicha colección se evaluó durante dos años para los caracteres numerados del 1 al 12 (tabla 1). 57 de esas poblaciones fueron también evaluadas el segundo año para los caracteres numerados del 13 al 18.

Al conjunto de datos de 12 caracteres evaluados en 62 entra-

das durante dos años se aplicó el Análisis de Componentes Principales (KENDALL 1972) así como el conjunto de los caracteres evaluados en 57 entradas durante el segundo año. De esta forma, además de los coeficientes de correlación simples, se dispone de una serie de nuevas variables ortogonales que puestas en función de las antiguas permiten hacer algunas inferencias sobre la naturaleza de las relaciones entre caracteres que indican los coeficientes de correlación. Así, en la medida que dos variables estén afectadas por una causa común habrán de tener proyecciones comunes (del mismo o distinto signo según sea el efecto del agente causal) sobre uno o varios de los nuevos ejes y en tanto en cuanto estén afectadas por agentes diferentes sus proyecciones sobre los nuevos ejes tenderán a ser independientes.

TABLA 1

CARACTERES ESTUDIADOS

1. Producción por planta (PT)
2. Producción sobre la inflorescencia principal de la planta (PIP)
3. Número de vainas en la inflorescencia principal de la planta (VIP).
4. Peso de grano por vaina en la inflorescencia principal (PVIP)
5. Número de granos por vaina en la inflorescencia principal (GVIP).
6. Peso del grano de la inflorescencia principal (PGIP).
7. Fecha de floración (FF).
8. Fecha de maduración (FM)
9. Período floración maduración (FF-FM)
10. Período entre la floración de la inflorescencia principal y la floración de las primeras ramificaciones ($1^{\circ}F - 2^{\circ}F$).
11. Altura de la planta (AP)
12. Altura de ramificación la más elevada por debajo de la inflorescencia principal (AR)
13. Producción sobre las primeras ramificaciones ($P1^{\circ}R$).
14. Producción sobre las segundas ramificaciones ($P2^{\circ}R$)
15. Contenido del grano en proteína (P)
16. Contenido del grano en grasa (G)
17. Contenido del grano en fibra ácido-detergente (ADF)
18. Contenido del grano en fibra neutro detergente (NDF)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 2 y 3 se presentan los coeficientes de correlación entre los doce caracteres evaluados ambos años y en la tabla 4 los obtenidos entre los caracteres evaluados únicamente en las 57 entradas el segundo de los años y entre ellos y los anteriormente mencionados. En las tablas 5 y 6 se presentan las cuatro nuevas variables más importantes en función de los cosenos directores de las antiguas al aplicar el Análisis de Componentes

TABLA 2

COEFICIENTES DE RELACION OBTENIDOS A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL CICLO 81-82 EN UNA COLECCION DE 62 ENTRADAS DE *Lupinus albus* L.

	AR	AP	1ªF-2ªF	FF-FM	FM	FF	PGIP	GVIP	PVIP	VIP	PIP
P T	0.29	0.68	0.18	0.50	0.24	-0.27	0.48	0.28	0.59	0.53	0.82
P I P	0.26	0.60	0.24	0.23	0.21	-0.05	0.44	0.31	0.58	0.76	
V I P	0.11	0.33	0.22	0.04	0.23	0.07	-0.01	-0.10	-0.03		
PV I P	0.26	0.50	0.08	0.33	0.11	-0.17	0.69	0.68			
GV I P	0.06	0.23	-0.34	0.11	0.04	-0.02	-0.05				
PG I P	0.27	0.41	0.44	0.33	0.08	-0.21					
F F	-0.13	-0.12	0.08	-0.69	0.60						
F M	0.00	0.18	0.17	-0.15							
FF - FM	0.20	0.31	-0.06								
1ªF-2ªF	0.19	0.15									
A P	0.63										

Límites de significación

5 %	0.25
1 %	0.32
0.1 %	0.41

TABLA 3

COEFICIENTES DE CORRELACION OBTENIDOS A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL CICLO 82-83 EN UNA COLECCION DE 62 ENTRADAS DE *Lupinus albus* L.

	A R	A P	1ªF-2ªF	FF-FM	F M	F F	PGIP	GVIP	PVIP	V I P	P I P
P T	0.25	0.55	0.08	0.41	0.08	-0.18	0.24	0.10	0.37	0.16	0.41
P I P	0.72	0.59	0.46	-0.22	0.42	0.42	0.43	0.44	0.64	0.74	
V I P	0.49	0.31	0.19	-0.46	0.38	0.57	-0.06	0.37	0.04		
PV I P	0.54	0.50	0.45	0.15	0.23	0.02	0.74	0.40			
GV I P	0.51	0.41	0.60	-0.16	0.04	0.14	0.04				
PG I P	0.25	0.30	0.42	0.17	0.13	-0.05					
F F	0.51	0.01	0.32	-0.82	0.76						
F M	0.56	0.23	0.38	-0.30							
FF-FM	-0.26	0.20	-0.14								
1ªF-2ªF	0.37	0.22									
A P	0.69										

Límites de significación

5 %	0.25
1 %	0.32
0.1 %	0.45

Principales al conjunto de datos de los doce caracteres evaluados en 62 entradas durante los años 1 y 2 respectivamente y en la tabla 7 las obtenidas al aplicarlo al conjunto de datos obtenidos al evaluar dieciocho caracteres en 57 entradas el año segundo.

Un análisis de las tablas 2 y 3 muestra que, en general, los resultados de ambos años fueron concordantes aunque PT estuvo el primer año mucho más claramente correlacionado con PIP y sus componentes debido a que las diferencias entre los rendimientos en ambos años fueron muy importantes. En el primer año casi toda la producción se obtuvo sobre la IP. En el segundo

TABLA 4

COEFICIENTES DE CORRELACION OBTENIDOS A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL CICLO 82-83 EN UNA COLECCION DE 57 ENTRADAS DE *Lupinus albus* L.

	NDF	ADF	G	P	P2ªR	P1ªR
PT	0.09	0.22	-0.09	0.07	0.44	0.69
PIP	0.10	0.27	-0.12	0.04	-0.44	0.70
VIP	0.04	0.06	-0.15	0.13	-0.40	0.33
PVIP	0.04	0.29	-0.06	-0.06	-0.24	0.63
GVIP	-0.10	0.03	-0.20	0.26	-0.25	0.26
PGIP	0.07	0.18	-0.60	-0.03	-0.16	0.37
FF	0.14	0.12	-0.02	-0.12	-0.58	0.23
FM	0.29	0.26	0.08	-0.26	-0.38	0.37
FF-FM	0.12	0.12	0.09	-0.05	0.51	0.03
1ªF-2ªF	0.15	0.12	0.10	0.07	-0.30	0.32
AP	0.02	0.16	-0.05	0.11	-0.12	0.59
AR	0.07	0.28	0.00	-0.04	-0.50	0.63
P1ªR	0.18	0.42	0.08	-0.11	-0.26	
P2ªR	-0.16	-0.22	0.13	0.25		
P	-0.54	-0.44	-0.25			
G	0.01	0.08				
ADF	0.73					

Valores límites coeficientes de correlación

5 % : 0.26 1 % : 0.34 0.1 % : 0.42

de los años, en que las condiciones ambientales en que se desarrolló el cultivo fueron mucho más representativas de las usuales en la región, la P 1.ª R fue la que presentó un coeficiente de correlación más elevado con PT. Este resultado confirma el indicado por otros autores (WILLIAMS, 1979; MARTINS, 1982).

Como puede observarse en las tablas 5 y 6, las cuatro nuevas variables explican, en ambos casos, alrededor del 80 % de la variabilidad existente. La principal nueva variable estuvo determinada de forma similar en ambos casos por PIP y sus componentes, AP y AR pero de forma distinta por los componentes del ciclo. La segunda nueva variable estuvo determinada en ambos años por los componentes del ciclo.

TABLA 5

COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE ANTIGUAS Y NUEVAS VARIABLES EN *L. albus* L. (62 ENTRADAS). CICLO 1981-1982

Nuevos ejes	1	2	3	4
Valores propios	4,26	2,09	1,62	1,29
variables originales caracteres				
P T	0,91	0,06	0,01	-0,23
P I P	0,86	0,30	0,05	-0,28
V I P	0,45	0,50	-0,22	-0,65
P/VIP	0,76	-0,19	0,42	0,39
G/VIP	0,35	-0,20	0,85	0,00
P/GIP	0,66	-0,07	-0,27	0,54
F F	-0,29	0,81	0,33	0,21
F M	0,18	0,71	0,24	0,15
FF - FM	0,51	-0,59	-0,18	-0,18
1ªF - 2ªF	0,27	0,37	-0,59	0,39
A P	0,80	0,07	0,00	0,01
A R	0,49	-0,03	-0,19	0,18
% variabilidad explicada	35,50	17,40	13,50	10,80
% variabilidad acumulada	35,50	52,90	66,40	72,20

Del análisis conjunto de los resultados parece deducirse que existe un sistema genético que afecta al vigor de la planta y a todos los caracteres productivos separando poblaciones de plantas vigorosas y productivas de plantas de poco vigor y producción, y otro sistema cuyas alternativas son dos posibles estructuras de la producción o bien ésta se concentra en la IP y 1.ª R o bien las 2.ª R participan de manera importante en la PT. En este segundo sistema, en el primer caso se trataría de plantas tardías que ramifican alto y en el segundo plantas precoces que ramifican bajo.

Veamos cuáles son los hechos que avalan esta interpretación:

Existe una correlación positiva entre PT, sus componentes

TABLA 6

COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE ANTIGUAS Y NUEVAS VARIABLES EN *L. albus L.* (62 ENTRADAS). CICLO 1982-1983

Nuevos ejes	1	2	3	4
Valores propios	4,64	2,67	1,41	0,99
variables originales				
caracteres				
P T	0,37	0,59	-0,27	0,50
P I P	0,90	0,06	-0,09	0,00
V I P	0,64	-0,41	-0,38	0,10
P/VIP	0,67	0,54	0,28	-0,29
G/VIP	0,52	0,05	-0,50	-0,59
P/GIP	0,45	0,51	0,56	-0,19
F F	0,58	-0,76	0,15	0,11
F M	0,62	-0,37	0,27	0,43
FF - FM	-0,30	0,83	-0,06	0,25
1ªF - 2ªF	0,56	0,03	0,56	-0,02
A P	0,67	0,44	-0,33	0,13
A R	0,88	-0,03	-0,13	0,02
% variabilidad explicada	38,70	22,30	11,80	8,20
% variabilidad acumulada	38,70	61,00	72,80	81,00

PIP, P 1.^a R y P 2.^a R, AP y en cierta medida AR. Esta correlación positiva sería debida al sistema que hace que unas plantas difieran en vigor de otras.

Existe una correlación negativa entre P 2.^a R con PIP, P 1.^a R, AR, FF, FM y positiva con FF-FM. No aparece correlación significativa entre P 2.^a R y AP. Esto es, las plantas que producen bastante sobre las 2.^a R tienen tendencia a ser precoces, con un largo período FF-FM y ramifican más abajo. Existe una correlación positiva entre P 1.^a R con PIP, AR, AP y FF aunque no aparece correlación con los otros componentes del ciclo. Es decir las plantas cuya producción está fundamentalmente sobre IP y 1.^a R tienen tendencia a ser altas, ramificar más alto y de ciclo de floración tardío. A la luz de las tablas 6 y 7 parece ser que a lo largo del primer eje se separan las poblaciones con los dos tipos de plantas aludidas, estando hacia su extremo positivo las de plantas con la producción sobre la IP y 1.^a R y hacia su extremo negativo las plantas con mayor producción sobre las 2.^a R. A lo largo del segundo eje se separan las plantas vigorosas de las que no lo son, en general vigor está positivamente correlacionado con PT, AP y plantas precoces y con largo período FF-FM.

La ausencia de correlación entre P 2.^a R y AP puede explicarse como consecuencia de una compensación ya que según el primer eje las plantas con mayor P 2.^a R tenderían a mostrar menor altura de planta pero según el segundo eje, las plantas más productivas que a su vez tienen más producción sobre las 2.^a R tienen tendencia a ser más altas.

Asimismo como una compensación puede explicarse el que P 2.^a R aparezca positivamente correlacionado con FF-FM y en cambio no aparezca correlación entre dicho carácter y P 1.^a R ya que si bien según el segundo eje deberían ser del mismo signo, según el primero deberían ser de signo opuesto. La existencia de distintas estrategias productivas se traduce en que existen plantas de estructuras productivas diferentes con rendimiento final elevado y muy similar. La cuestión a resolver en el futuro es si debemos decantarnos hacia uno de los tipos de estructura o si sería posible conseguir una mejora transgresiva por cruzamientos entre ambos tipos de plantas.

La ausencia de correlaciones negativas entre los distintos componentes del rendimiento sobre la inflorescencia principal parece indicar que es posible conseguir niveles de expresión de los mismos que supongan un incremento de dicho rendimiento.

Entre los componentes de la calidad parece existir una correlación negativa entre contenido en proteína y grasa aunque en todo caso inferior a la obtenida por GROSS y BAER (1982) en *L. mutabilis* y asimismo negativa entre contenido en proteína y ADF y NDF, valores éstos que a su vez están alta y positivamente correlacionados.

El contenido en proteína no está correlacionado con los componentes del rendimiento, resultado este que coincide con el encontrado por GROSS y BAER (1982) en *L. mutabilis*.

Lo anterior se refleja también en los resultados mostrados en la tabla 7 donde en el eje 3 tienen peso el contenido en proteína en un sentido y el contenido en grasa y sobre todo ADF y NDF en el contrario y en el eje 4 donde tamaño de grano y contenido en grasa pesan en sentidos opuestos. La ausencia de correlación entre PT y los componentes de la calidad permiten ser optimista respecto de la posibilidad de incrementar el rendimiento por Ha. en proteína y grasa.

Las correlaciones altas y negativas obtenidas ambos años entre FF y FF-FM las no tan altas y positivas entre FF y FM y las ligeras y negativas entre FM y FF-FM inducen a pensar que el sistema que regula FF influye también sobre el FF-FM pero que

existe cierto grado de variabilidad de este último carácter independiente del anterior. También los cosenos directores de las tablas 5, 6 y 7 parecen reflejar esto, ya que si bien en algunos de los ejes los signos y magnitudes coinciden con el de las correlaciones citadas, sobre otros FF-FM y FM tienen proyecciones del mismo signo.

TABLA 7

COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE ANTIGUAS Y NUEVAS VARIABLES EN *L. albus L.* (57 ENTRADAS). CICLO 1982-1983

Nuevos ejes	1	2	3	4
Valores propios	5,66	3,04	2,51	1,68
variables originales caracteres				
P T	0,38	0,68	-0,01	0,41
P I P	0,90	0,05	-0,17	0,08
V I P	0,62	-0,38	-0,27	0,27
P/VIP	0,69	0,47	-0,05	-0,27
G/VIP	0,47	-0,02	-0,47	-0,80
P/GIP	0,45	0,45	-0,08	-0,70
F F	0,57	-0,75	0,08	0,04
F M	0,62	-0,35	0,30	0,09
FF - FM	-0,26	0,84	0,19	0,04
1ªF - 2ªF	0,54	0,02	0,05	-0,32
A P	0,67	0,40	-0,22	0,23
A R	0,86	-0,07	-0,09	0,17
P1ªR	0,78	0,35	0,09	0,22
P2ªR	-0,55	0,54	-0,09	0,31
P	-0,12	0,07	-0,82	0,08
G	-0,12	-0,02	0,38	0,70
ADF	0,43	0,16	0,70	-0,01
NDF	0,23	0,03	0,81	-0,09
% variabilidad explicada	31,50	16,90	14,00	9,40
% variabilidad acumulada	31,50	48,40	62,40	71,80

BIBLIOGRAFIA

- BARBACKI, S., KAPSA, E. 1960. Variability in *Lupinus albus*. *Genética Polónica 1*: 61-101.
- BOVTRAMOVICH, I.B. 1980. (Phenotypic correlation between economically useful traits in M₁-M₂ population of *Lupinus albus*). *Byul. NTI VNI Zernobob i krupyan Kul'tur 26*: LT-LP from Plants Breeding Abstracts 52: (2190) p. 198 1982.
- GROSS, R., BAER, E. von 1982. Lupin a new plant in the Andes II. Environmental and genotypic effects on oil content and quality in tarwi seed (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Plant Research and Development 15*: 54-65.
- KENDALL, M. G. 1972. *A course in Multivariate Analysis*. Charles Griffin & Company Limited. London. 185 pp.
- MARTÍN, L. M.; LÓPEZ, R., DE HARO, A. y PADILLA, J. A. 1985. Recogida y evaluación de especies del género *Lupinus* en España. *Plant Genetic Resources Newsletter 63*: 41-42.
- MARTINS, J. M. N., 1982. Analysis of genetic variation on *Lupinus albus* considering some parameters of selection. *Proceedings of II International Lupin Conference*. International Lupin Association p. 8-10.
- SIMPSON, M. J. A., 1982. Characterisation of genetic variation in Iberian populations of *Lupinus albus*, L. *Proceedings of II International Lupin Conference*. International Lupin Association p. 22-24.
- WILLIAMS, W. 1979. Studies on the development of Lupins for oil and protein. *Euphytica 28*: 481-488.

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIPS AMONG AGRONOMICAL TRAITS IN *Lupinus albus* L.

SUMMARY

A collection of 62 accessions of *Lupinus albus* L. from the Iberian Peninsula has been evaluated for sixteen agronomical traits. The relationships among the traits were studied by means of Principal Components Analysis. Among the collection we found two extreme types of plant cycle and structure with similar levels of yield: first, early flowering, with a high level of branching near the ground, and a low yield above the mainstem; second, late flowering, with a lower levels of branching, higher off the ground, and higher yield above mainstem. The plant breeding consequences of these two types along with the possibility of improving the protein and fat yield is discussed.