

Caracterización y selección de familias S_1 de alcaucil a través de técnicas de análisis multivariado¹

Vanina P. Cravero; Fernando S. López Anido; Enrique L. Cointry

Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. C. C. 14. (2123) Zavalla, Santa Fe, Argentina. E-mail: vcravero@fcagr.unr.edu.ar

RESUMEN

El mejoramiento genético del alcaucil debe responder a las exigencias del mercado de consumo tanto en estado fresco como elaborado por lo que el proceso selectivo debe aplicarse simultáneamente sobre un gran número de caracteres; esto hace indispensable la utilización de técnicas estadísticas especiales. El propósito del presente trabajo fue identificar los genotipos más homogéneos dentro de distintos grupos de familias S_1 y determinar la influencia de los diferentes caracteres sobre la variación total. Dos conjuntos de familias S_1 , provenientes del cruzamiento de diferentes clones; fueron implantados en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N.R. Se evaluaron 26 caracteres vegetativos y productivos en planta individual. Las técnicas de análisis multivariado determinaron que las variables largo y ancho de hoja, peso y número de capítulos secundarios, altura del capítulo principal, peso del fondo y días de cosecha son las que mejor explican la variación total. De las 30 familias S_1 se destacaron, por medio del análisis multivariado, sólo 9 como las más promisorias para continuar con el proceso de endocria. El análisis de agrupamiento ha resultado una herramienta útil para realizar la selección temprana en esta especie.

Palabras clave: *Cynara scolymus* L., líneas endocriadas, análisis de agrupamientos.

ABSTRACT

Globe artichoke S_1 families characterization and selection by the use of multivariate analysis

The globe artichoke breeding programs should respond to the demands of both fresh and processed market requirements. This fact implies that a great number of characteristics have to be considered when selection is taking place, making necessary the aid of multivariate analysis. Two sets of S_1 families were evaluated in order to know the contribution of these characters to the total variation and to identify homogeneous genotypes within a set of families. Twenty six vegetative and productive characters were evaluated in a single plant, in the experimental field of the Agronomy Faculty, Rosario National University, located in Zavalla (33° 01' S, 60° 53' W). Leaf length, leaf width, number and weight of secondary artichokes, height of the first artichoke, weight of the receptacle and harvest period yielding were the traits that best explained the total variation. Only 9 families were selected among the 30 S_1 families. These are the most appropriate to continue the inbreeding process. Cluster analysis could be considered a valuable tool to make an early selection in this species.

Keywords: *Cynara scolymus* L., inbreeding lines, cluster analysis.

(Recebido para publicação em 21 de agosto de 2001 e aceito em 21 de maio de 2002)

El alcaucil (*Cynara scolymus* L.) es una especie perteneciente a la familia de las *Asteraceas*, que se habría originado en Etiopía y Egipto, desde donde se habría difundido a Europa mediterránea y, de ahí, a América (Oliaro, 1967). En Argentina se extendió, en su mayor parte, en la provincia de Buenos Aires y sur de Santa Fe (Esteve, 1999).

La propagación de este cultivo es preponderantemente de tipo vegetativo, a través de hijuelos; sin embargo la tendencia a la multiplicación a través de semillas se ve actualmente incrementada debido a que ofrece una serie de ventajas tales como la disminución de los costos de implantación, la posibilidad de transformar el cultivo en anual así como

el establecimiento del mismo en regiones donde el frío invernal destruyen las plantas, garantía sanitaria ya que se impide la transmisión de enfermedades e infecciones virales, mayor homogeneidad en el desarrollo de las plantas, y mayor rapidez de recuperación de la superficie en cultivo en caso de destrucción por heladas o plagas así como también en la multiplicación de nuevos cultivares.

No obstante, las plantas de semilla suelen ser más heterogéneas, con producciones a veces de calidad muy inferior (Gil Ortega, 1996) debido a que los cultivares normalmente utilizados son clones que si bien poseen una buena uniformidad agronómica, no son genéticamente homogéneos (De Vos,

1992; Barbieri, 1996). La derivación de semillas a partir de dichos cultivares redundaría en una amplia segregación fenotípica para numerosos caracteres de interés agronómico y en la aparición de características indeseables tales como poca precocidad, falta de consistencia de los capítulos o presencia de espinas en los mismos.

Para la obtención de productos homogéneos, resulta necesario entonces recurrir a la producción de líneas endocriadas ya sea para ser utilizadas como tales o para la obtención de híbridos uniformes (Pecaut, 1993).

La selección en el transcurso del proceso de endocria debe aplicarse sobre un gran número de caracteres debido a

¹ Parte de la tesis para optar por el grado académico de Magister Scientiae en Genética Vegetal (Área Mejoramiento Genético) otorgado por la Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

que el mejoramiento genético debe responder a las exigencias del mercado de consumo del producto tanto en estado fresco como elaborado. La necesidad de evaluar e interpretar simultáneamente numerosos caracteres torna imprescindible la utilización de técnicas estadísticas especiales. En tal sentido, el análisis de agrupamiento constituye un instrumento adecuado para el mejor aprovechamiento de las interrelaciones existentes entre un conjunto de variables, posibilitando la identificación de los genotipos más homogéneos (Amaral Júnior *et al.*, 1996) y determinando cuáles son los caracteres que contribuyen efectivamente en la discriminación genotípica (Raveendran y Appadurai, 1984; Sugiyarto *et al.*, 1984; Cruz, 1990; Ariyo, 1993).

El presente trabajo tiene como objetivos agrupar las diferentes familias en función de similitudes fenotípicas a fin de poder efectuar selección interfamiliar para continuar con el proceso de endocria y evaluar la influencia de diferentes caracteres en la variación total existente entre familias S_1 y la asociación presente entre dichos caracteres, a fin de reducir el número de variables a considerar en ensayos posteriores.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron dos *sets* de familias S_1 , originados a partir de la autofecundación de clones selectos, los cuales fueron implantados en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N.R., Argentina (33° 01' LS; 60° 53' LO). El primer *set*, constituidos por 12 familias, fue plantado en la primavera de 1996 en un diseño completamente aleatorizado en parcelas de 8 plantas con tres repeticiones por familia y evaluado durante 1997 a nivel, tanto familiar como de planta individual.

El segundo *set*, conformado por 18 familias, fue implantado durante la primavera de 1997, siguiendo el mismo diseño anterior, y evaluado durante el año 1998 en base a los criterios antes mencionados.

En ambos diseños, las plantas se distribuyeron en surcos separados entre sí por 140 cm y con una distancia de 80 cm entre plantas dentro del surco. Se consideraron las siguientes variables:

Vegetativas

Altura y diámetro de la planta (en cm), longitud del pedúnculo floral (en cm), diámetro del tallo principal (en cm), número de hojas, y longitud y ancho de la hoja (en cm).

Fenológicas

Días a primera cosecha (días transcurridos desde la fecha de implantación y la cosecha del capítulo principal) y duración de la cosecha (días transcurridos desde la cosecha del capítulo principal y el último secundario).

Productivas

Peso (en gr), altura, diámetro (en cm) y relación a/d del capítulo primario; peso (en gr), diámetro y altura del fondo (receptáculo carnoso comestible) del capítulo (en cm); longitud, ancho y longitud de la porción comestible de la bráctea (en cm); número total, peso (en gr), altura y diámetro promedio (en cm) de los capítulos secundarios; número de capítulos secundarios por hijuelo, rendimiento total (en gr) por planta. Se consideró además el rendimiento de mercado como una variable que surge del producto del rendimiento y la calidad, evaluándose esta última en escala de 0 a 1 con intervalos de 0.25, considerando la forma, compacidad y presencia de espinas en el capítulo; correspondiendo los valores inferiores a los capítulos de menor calidad y viceversa (Asprelli *et al.*, 2001).

A fin de distinguir subgrupos de familias con características similares dentro de cada conjunto, se realizó un análisis de agrupamiento aplicando el método estadístico de análisis multivariado propuesto por Edwards y Cavalli-Sforza (1965), para distinción de grupos de germoplasma en diferentes conglomerados. Para tal fin se aplicaron los procedimientos "Ward's minimun variance" y "K-means clustering" construyéndose los respectivos dendrogramas con el procedimiento "Joining (tree clustering)" del programa STATISTICA (StatSoft Inc., 1993).

A fin de condensar la información obtenida tras la evaluación de numerosos caracteres se realizó, en forma independiente para cada uno de los grupos de familias, un análisis de agrupamiento a través del programa VARCLUS de SAS (SAS, 1985) para agrupar aquellas variables altamente

correlacionadas entre sí y/o que explican un mismo aspecto del fenómeno estudiado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Agrupamiento de familias

El hecho de que la selección deba realizarse en función de un gran número de caracteres utilizados como descriptores y sumado a la amplia variabilidad presente en cada uno de ellos, dificulta el agrupamiento de las familias y la selección. En tal sentido, el análisis multivariado posibilitó la diferenciación de 4 grupos en el conjunto de familias evaluado en 1997 y 3 en el conjunto evaluado en 1998, obteniéndose resultados similares a través de los dos métodos utilizados. Los valores medios de cada grupo se muestran en las Tablas 1 y 2. En el primer grupo de familias, solamente 7 de las 26 variables consideradas mostraron diferencias significativas entre los grupos y por lo tanto determinaron la conformación de los mismos. A través del método "K-means clustering", se destacó por sus características, el *cluster* 1, compuesto por las familias 9, 11 y 12. El número de capítulos secundarios en este grupo superó en un 40% al promedio de los grupos restantes y los mismos presentaron un mayor peso (182.2 gr) y diámetro (7.8 cm) promedios; lo que determinó que tanto el rendimiento total como el rendimiento de mercado resultaron un 45% y un 70% superior, respectivamente, a la media de las demás familias.

El *cluster* 2 agrupó a seis familias, las cuales presentaron valores intermedios para la mayoría de los caracteres evaluados. Las tres familias incluidas en los dos *cluster* restantes resultaron las de comportamiento inferior en cuanto a los principales caracteres de interés selectivo tales como el rendimiento y sus componentes. Las familias integrantes del *cluster* 1 son las que más se diferencian del resto, posibilitando la selección de las mismas a fin de continuar con el programa de mejora.

En lo que respecta al segundo grupo de familias, las diferencias fueron menos

Tabla 1. Análisis de agrupamiento en el primer grupo de familias. Valores medios (v.m.) y desviaciones estándar (d.s.) de cada variable en cada uno de los grupos. Santa Fé, Argentina, Universidad Nacional de Rosario, 1997.

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
	(Familias 9-11-12) V.M. ± d.s.	(Flias.1-2-3-4-6-18) V.M. ± d.s.	(Familia 17) V.M. ± d.s.	(Familias 13-16) V.M. ± d.s.
Altura de planta	71.8 ± 6.37	67.3 ± 7.81	67.4 ± 0.00	70.1 ± 1.50
Diámetro de planta	155.5 ± 11.23	147.4 ± 9.11	144.0 ± 0.00	147.2 ± 27.26
Longitud pedúnculo floral	20.2 ± 1.96	16.30 ± 3.63	11.7 ± 0.00	20.4 ± 2.68
Diámetro del tallo	40.9 ± 2.24	35.30 ± 2.32	34.6 ± 0.00	39.1 ± 5.67
Número de hojas	19.5 ± 0.60	17.9 ± 1.99	17.3 ± 0.00	17.9 ± 0.91
Longitud de las hojas	87.4 ± 8.73	84.3 ± 3.86	83.7 ± 0.00	83.2 ± 19.37
Ancho de las hojas	44.3 ± 2.35	40.2 ± 3.85	39.1 ± 0.00	42.6 ± 5.20
Días a cosecha	197.8 ± 5.00	198.0 ± 8.77	197.0 ± 0.00	202.7 ± 8.93
Días de cosecha	14.9 ± 1.91	13.9 ± 5.08	13.5 ± 0.00	15.0 ± 6.44
Peso capítulo principal	243.8 ± 9.40	242.3 ± 21.46	199.0 ± 0.00	231.2 ± 10.73
Altura capítulo principal	9.2 ± 0.28	9.4 ± 0.92	8.9 ± 0.00	9.8 ± 0.68
Diámetro capítulo principal	8.7 ± 0.16	8.6 ± 0.15	7.7 ± 0.00	8.5 ± 0.37
Relación a/d	10.6 ± 0.46	8.0 ± 5.49	11.6 ± 0.00	11.7 ± 1.37
Peso del fondo	74.4 ± 10.17	77.1 ± 12.15	51.5 ± 0.00	61.7 ± 20.61
Altura del fondo	2.0 ± 0.05	2.0 ± 0.14	1.6 ± 0.00	1.7 ± 0.30
Diámetro del fondo	6.8 ± 0.56	6.6 ± 0.36	5.6 ± 0.00	5.9 ± 1.33
Longitud de la bráctea	5.9 ± 0.16	6.2 ± 0.37	6.3 ± 0.00	7.1 ± 0.83
Ancho de la bráctea	4.4 ± 0.36	4.2 ± 0.41	4.4 ± 0.00	5.3 ± 0.28
Comestible de bráctea	1.8 ± 0.15	1.9 ± 0.11	1.9 ± 0.00	2.1 ± 0.24
Número capítulos secundarios	8.0 ± 0.53	5.6 ± 0.75	4.7 ± 0.00	3.8 ± 0.69
Capítulos/Hijuelo	4.2 ± 1.23	3.5 ± 0.87	3.3 ± 0.00	3.4 ± 1.22
Peso capítulo secundario	182.2 ± 6.80	167.7 ± 14.73	134.9 ± 0.00	150.5 ± 12.30
Altura capítulo secundario	8.4 ± 0.58	8.4 ± 0.78	8.1 ± 0.00	8.2 ± 0.46
Diámetro capítulo secundario	7.8 ± 0.02	7.5 ± 0.22	6.9 ± 0.00	7.4 ± 0.14
Rendimiento	1733.3 ± 44.44	1214.4 ± 59.23	865.6 ± 0.00	787.7 ± 47.31
Rendimiento de mercado	1135.7 ± 255.90	475.1 ± 178.48	364.0 ± 0.00	215.4 ± 41.37

En negrita: variables para las cuales los clusters se diferencian entre sí al 5%.

notorias, es decir, se encontró un mayor número de familias con características intermedias. Sin embargo, el análisis de agrupamiento provocó la separación de las mismas en 3 grupos cuyos valores medios se muestran en la Tabla 2. En este caso, 12 de las 26 variables analizadas intervinieron en la conformación de los 3 grupos.

El grupo 1 quedó constituido por 7 familias las cuales se diferenciaron del resto por ser las más tardías en cuanto a su entrada en producción pero las de menor duración en cuanto a su período de cosecha; por presentar capítulos ligeramente alargados (relación a/d poco superior a 1) y con pesos intermedios;

por producir la menor cantidad de capítulos secundarios y por tener los más bajos rendimientos totales, pero con rendimientos de mercado intermedios (57% inferior al rendimiento total).

Al segundo grupo lo constituyeron 5 familias y se caracterizó por presentar los capítulos más alargados, y de menor tamaño, con una producción intermedia de capítulos secundarios. Fue el grupo intermedio en cuanto al rendimiento total, pero el de menor rendimiento de mercado, el cual resultó un 83% inferior al total.

El tercer grupo resultó similar al primero en cuanto a las características relacionadas al capítulo principal y al

fondo de los mismos; y similar al segundo en cuanto a los días a cosecha y de cosecha. Sin embargo, se destacó y se diferenció del resto especialmente en cuanto al rendimiento y sus componentes. En este caso el rendimiento de mercado sufrió una caída del 48% respecto del rendimiento total.

Las familias correspondientes al *cluster* 1 del primer conjunto, y al *cluster* 3 del segundo, son las más promisorias para continuar el proceso de endocria mediante selección intrafamiliar de aquellas plantas que presenten mayores rendimientos y mejor calidad de los capítulos. Se espera que tras lograr una homocigosis satisfactoria para los

Tabla 2. Análisis de agrupamiento en el segundo grupo de familias. Valores medios (v.m.) y desviaciones estándar (d.s.) de cada variable en cada uno de los grupos. Santa Fé, Argentina, Universidad Nacional de Rosario, 1998.

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
	(Familias. C-I-L-N-P-R-S)	(Familias. D-F-G-K-O)	(Familias. A-B-E-H-J-M)
	V.M. \pm d.s.	V.M. \pm d.s.	V.M. \pm d.s.
Altura de planta	80.6 \pm 8.29	76.3 \pm 16.86	72.5 \pm 11.17
Diámetro de planta	149.2 \pm 14.15	147.0 \pm 11.63	147.8 \pm 10.7
Longitud pedúnculo floral	19.0 \pm 4.28	18.0 \pm 4.42	18.8 \pm 5.24
Diámetro del tallo	33.0 \pm 3.60	33.7 \pm 4.27	35.9 \pm 4.32
Número de hojas	18.6 \pm 2.86	18.0 \pm 1.62	19.1 \pm 1.33
Longitud de las hojas	80.6 \pm 6.23	80.1 \pm 7.72	79.5 \pm 6.59
Ancho de las hojas	34.5 \pm 4.45	33.2 \pm 2.71	32.67 \pm 3.57
Días a cosecha	205.0 \pm 5.12	198.5 \pm 4.25	198.7 \pm 4.32
Días de cosecha	15.2 \pm 1.26	19.6 \pm 3.29	19.9 \pm 1.03
Peso capítulo principal	223.7 \pm 14.42	203.4 \pm 7.21	233.3 \pm 17.41
Altura capítulo principal	8.4 \pm 0.69	8.9 \pm 0.45	8.5 \pm 0.29
Diámetro capítulo principal	8.3 \pm 0.25	7.9 \pm 0.23	8.5 \pm 0.16
Relación a/d	1.0 \pm 0.10	1.1 \pm 0.07	1.0 \pm 0.04
Peso del fondo	70.6 \pm 7.71	56.7 \pm 8.17	70.2 \pm 7.88
Altura del fondo	2.5 \pm 0.38	2.4 \pm 0.22	2.7 \pm 0.25
Diámetro del fondo	6.2 \pm 0.32	5.6 \pm 0.42	6.1 \pm 0.22
Longitud de la bráctea	5.8 \pm 0.64	6.1 \pm 0.33	5.6 \pm 0.24
Ancho de la bráctea	4.1 \pm 0.21	4.4 \pm 0.41	4.4 \pm 0.39
Comestible de bráctea	1.9 \pm 0.19	2.1 \pm 0.12	1.9 \pm 0.23
Número capítulos secundarios	4.0 \pm 0.66	5.0 \pm 1.03	6.1 \pm 0.40
Capítulos/Hijuelo	3.4 \pm 0.72	3.8 \pm 0.71	4.6 \pm 0.52
Peso capítulo secundario	118.0 \pm 14.88	113.5 \pm 11.95	130.1 \pm 11.24
Altura capítulo secundario	7.3 \pm 0.55	7.9 \pm 0.43	7.5 \pm 0.33
Diámetro capítulo secundario	6.9 \pm 0.29	6.6 \pm 0.28	7.14 \pm 0.18
Rendimiento	721.5 \pm 85.58	802.5 \pm 145.02	1055.4 \pm 46.60
Rendimiento de mercado	309.9 \pm 53.33	137.0 \pm 53.18	546.3 \pm 115.78

En negrita: variables para las cuales los clusters se diferencian entre sí al 5%.

principales caracteres selectivos y mediante el posterior restablecimiento de la heterocigosis por cruzamiento entre líneas, se obtengan híbridos uniformes, con altos rendimientos y calidad, que brinden la posibilidad de ser multiplicados a través de semilla.

Agrupamiento de variables

La mayor parte de los caracteres evaluados no son independientes entre sí, sino que se encuentran asociados unos a otros debido a factores estrictamente genéticos o fisiológicos o a una combinación de ambos (Porceddu *et al.*, 1976). Para superar este inconveniente se realizó un análisis de agrupamiento en el cual se les atribuyó a todos los

caracteres la misma importancia. De este modo es el análisis el que determinó de modo objetivo, en base a la variabilidad y a las correlaciones existentes entre los mismos el establecimiento de cuatro grupos de variables en ambos conjuntos de familias S₁.

En el grupo de familias evaluado en 1997 (Tabla 3), el primer grupo quedó conformado por variables relacionadas con el tamaño de los capítulos (tanto principal como secundarios) y de los fondos. El segundo *cluster* agrupó variables fenológicas (días a cosecha y días de cosecha) junto a variables vegetativas y una variable de tipo productivo (número de capítulos por

hijuelo). Los rendimientos total y de mercado y el número de capítulos secundarios quedaron incluidos en el grupo 3 junto a otras variables de tipo vegetativo. Por último, el grupo 4 quedó formado por variables relacionadas a la altura tanto de la planta como de los capítulos.

En el grupo de familias evaluado en 1998 (Tabla 4), el primer *cluster* quedó constituido por los pesos y diámetros de los capítulos primarios y secundarios, variables relacionadas con el fondo y calidad de los capítulos. Las variables fenológicas junto al número de capítulos y el rendimiento, conformaron el grupo 2. El tercer grupo quedó conformado por

Tabla 3. Distribución de las variables evaluadas en el primer conjunto de familias en cuatro grupos (G₁, G₂, G₃ y G₄). Estructura de los clusters en función de sus componentes principales oblicuos. Santa Fé, Argentina, Universidad Nacional de Rosario, 1997.

VARIABLES	G1	G2	G3	G4	
Diámetro capítulo principal	0.86	0.05	0.36	-0.13	VARIABLES INCLUIDAS EN EL GRUPO 1
Peso capítulo principal	0.82	0.31	0.24	0.29	
Diámetro de fondo	0.84	-0.50	0.50	-0.43	
Altura de fondo	0.87	-0.27	0.53	-0.19	
Peso de fondo	0.90	-0.24	0.38	-0.08	
Peso capítulo secundario	0.94	0.14	0.67	-0.17	
Diámetro capítulo secundario	0.84	0.02	0.70	-0.44	
Diámetro de planta	-0.18	0.74	0.19	0.23	VARIABLES INCLUIDAS EN EL GRUPO 2
Longitud de hoja	-0.10	0.79	0.13	0.36	
Ancho de hoja	0.12	0.84	0.07	0.51	
Días a cosecha	0.17	-0.78	-0.11	-0.42	
Días de cosecha	-0.27	0.86	-0.06	0.54	
Diámetro de tallo	0.09	0.70	0.36	0.15	
Número de cap. sec./hijuelo	-0.08	0.80	0.28	0.49	
Longitud pedúnculo floral	0.15	0.18	0.28	0.11	VARIABLES INCLUIDAS EN EL GRUPO 3
Número de hojas	0.15	0.21	0.62	-0.18	
Longitud de bráctea	-0.55	0.24	-0.75	0.72	
Ancho de bráctea	-0.41	0.30	-0.61	0.42	
Número cap. secundarios	0.35	0.36	0.89	-0.16	
Rendimiento total	0.61	0.33	0.93	-0.18	
Rendimiento de mercado	0.53	0.32	0.89	-0.30	
Altura de planta	-0.11	-0.41	0.18	-0.53	VARIABLES INCLUIDAS EN EL GRUPO 4
Altura capítulo principal	-0.06	0.42	-0.33	0.97	
Relación altura/diámetro	-0.46	0.37	-0.46	0.93	
Porción comestible bráctea	-0.30	0.40	-0.58	0.82	
Altura capítulo secundario	0.04	0.52	0.01	0.82	

las alturas de los capítulos y dimensiones de las brácteas; mientras que la mayor parte de los caracteres vegetativos (características de planta y hojas) se agruparon en el último *cluster*.

Para reducir el número de variables a evaluar, todos los grupos deben estar representados. De este modo, se seleccionan las variables más representativas dentro de cada uno de ellos, es decir, aquellas que tienen mayor peso en la composición de cada grupo, lo que está determinado por los mayores valores de componentes principales oblicuos.

Porceddu *et al.* (1976), tras la evaluación de 78 variedades provenientes de distintas zonas de cultivo y, a través de técnicas de análisis multivariado, establecieron que la

mayor parte de la variación existente entre las mismas estaba determinada por caracteres de herencia cuantitativa como peso y forma del capítulo, longitud del pedúnculo, precocidad y duración de la cosecha. Por su parte, Asprelli *et al.* (2001) determinaron que aquellas variables asociadas a la forma y peso de los capítulos y los fondos, así como el rendimiento de mercado eran las que mejor explicaban la variación existente en una población de clones.

En nuestro caso, en el conjunto de familias evaluado en 1997, se podrían escoger las variables peso de fondo y peso del capítulo secundario como representantes del primer grupo; días a cosecha y ancho de hoja, del segundo; número de capítulos secundarios, rendimiento total y de mercado dentro

del tercero y altura del capítulo principal y relación a/d, en el cuarto. Siendo el número de capítulos secundarios la principal componente del rendimiento (Dellacecca *et al.*, 1976; Bagget *et al.*, 1982) y por resultar más sencilla su evaluación, puede considerarse como la variable más representativa del tercer *cluster*. Lo mismo ocurre dentro del último grupo, con las variables relación a/d y altura del capítulo principal; la variación en este último carácter es la causa principal de la variación observada en la relación altura/diámetro ya que el diámetro del capítulo es un carácter más uniforme. Asimismo, la altura del capítulo, resulta la característica más fácil de evaluar. Por consiguiente, los caracteres que mejor representan la variabilidad existente en

Tabla 4. Distribución de las variables evaluadas en el segundo conjunto de familias en cuatro grupos (G₁, G₂, G₃ y G₄). Estructura de los clusters en función de sus componentes principales oblicuos. Santa Fé, Argentina, Universidad Nacional de Rosario, 1997.

VARIABLES	G1	G2	G3	G4	
Diámetro capítulo principal	0.86	0.15	-0.54	0.11	
Peso capítulo principal	0.85	0.24	-0.21	0.20	
Diámetro de fondo	0.83	-0.31	-0.70	0.11	
Altura de fondo	0.61	0.35	-0.11	0.16	VARIABLES INCLUIDAS EN EL GRUPO 1
Peso de fondo	0.81	-0.25	-0.55	0.25	
Rendimiento de mercado	0.85	0.45	-0.43	0.00	
Peso capítulo secundario	0.87	0.39	-0.33	-0.03	
Diámetro capítulo secundario	0.92	0.28	-0.61	-0.08	
Altura de planta	0.01	-0.58	-0.34	0.51	
Días a cosecha	-0.30	-0.70	-0.10	0.03	
Ancho de bráctea	0.24	0.46	0.07	0.10	
Días de cosecha	-0.00	0.90	0.30	-0.18	VARIABLES INCLUIDAS EN EL GRUPO 2
Número de cap. secundarios	0.02	0.92	0.24	-0.08	
Número de cap. sec./hijuelo	0.01	0.71	0.25	0.23	
Rendimiento total	0.49	0.92	0.04	-0.05	
Número de hojas	-0.15	0.22	0.32	0.21	
Altura capítulo principal	-0.42	0.22	0.95	0.16	
Relación altura/diámetro	-0.69	0.10	0.91	0.04	VARIABLES INCLUIDAS EN EL GRUPO 3
Longitud de bráctea	-0.49	0.04	0.90	0.38	
Porción comestible de bráctea	-0.34	0.31	0.58	-0.24	
Altura capítulo secundario	-0.37	0.39	0.93	0.00	
Diámetro de planta	0.00	-0.03	0.18	0.82	
Longitud pedúnculo floral	0.14	-0.13	-0.04	0.41	
Longitud de hoja	0.07	-0.10	0.11	0.89	VARIABLES INCLUIDAS EN EL GRUPO 4
Ancho de hoja	-0.00	-0.36	0.11	0.85	
Diámetro de tallo	0.24	0.23	0.04	0.77	

este grupo son seis: peso del capítulo secundario, peso del fondo, días a cosecha, ancho de hoja, número de capítulos secundarios y altura del capítulo principal.

En el conjunto de familias evaluado en 1998, las variables más representativas de cada uno de los grupos resultaron: diámetro y peso del capítulo secundario (*cluster* 1); días a cosecha, número de capítulos secundarios y rendimiento total (*cluster* 2); altura del capítulo principal y secundario y relación a/d (*cluster* 3) y longitud y ancho de hoja (*cluster* 4). La elevada correlación genética existente entre el diámetro y el peso del capítulo (López Anido *et al.*, 1998); así como la asociaciones presentes entre el número de capítulos secundarios y el rendimiento total; entre la altura del

capítulo secundario con la del primario (Asprelli *et al.*, 2001) y de esta última variable con la relación a/d; permitiría seleccionar a 6 características como las más representativas, a saber: peso del capítulo secundario, número de capítulos secundarios, días a cosecha, altura del capítulo principal, longitud y ancho de hojas.

De este modo, la caracterización y diferenciación de las familias S₁ de alcaucil puede basarse en unos pocos caracteres agrónomicamente importantes. En el presente trabajo, cinco de los seis caracteres seleccionados en cada grupo de familias S₁ fueron coincidentes en ambos (número y peso de los capítulos secundarios, días a cosecha, altura del capítulo principal y ancho de la hoja). Esto indicaría que dichos caracteres resultan los mejores descriptores de la variabilidad

existente y podrían ser utilizados como los principales criterios de evaluación y selección en ensayos ulteriores.

LITERATURA CITADA

- AMARAL JÚNIOR, A.T.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.E.; FINGER, F.L. Utilização de variáveis canônicas e de análise de agrupamentos na avaliação da divergência genética entre acesso de moranga. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 14, n. 2, p. 182-184, 1996.
- ARIYO, O.J. Genetic diversity in West African okra (*Abelmoschus caillei*) (A. Chev.) Stevels – Multivariate analysis of morphological and agronomic characteristics. *Genetic Resources and Crop Evolution*, n. 40, p. 25-32, 1993.
- ASPRELLI, P.D.; CRAVERO, V.P.; COINTRY, E.L. Evaluación de la variabilidad presente en una población de clones de alcaucil (*Cynara scolymus* L.). *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario*, n. 1, p. 27-38, 2001.

- BAGGET, J.R.; MACK, H.J. AND KEAN, D. Annual culture of globe artichoke from seed. *HortScience*, v. 17, n. 5, p. 766-768. 1982.
- BARBIERI, G. Multiplicación por semillas. In: JORNADAS TÉCNICAS DE ALCACHOFA, 1., 1996, Tudela - Navarra. *Actas 1º Jornadas Técnicas de Alcachofa* (ITGA ed.), 1996. p. 107-113.
- CRUZ, C.D. *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. Piracicaba: ESALQ, 1990. 188 p. (Tese doutorado)
- DELLACECCA, V.; MAGNIFICO, V.; MARZI, V.; PORCEDU, E.; SCARASCIA MUGNOSA, G.T. Contributo alla conoscenza delle varietà di carciofo coltivate nel mondo. In: CONGRESSO INTERNAZIONALE DI STUDI SUL CARCIOFO, 2., 1976, Bari. *Atti 2º Congresso Internazionale di studi sul carciofo*. Ed. Minerva Medica, Torino, 1976. p. 199-316.
- DE VOS, N.E. Artichoke production in California. *HortTechnology*, v. 2, n. 4, p. 438-444, 1992.
- EDWARDS, A.W.F.; CAVALLI-SFORZA, L.L. A method for Cluster Analysis. *Biometrics*, n. 21, p. 362-375, 1965.
- ESTEVA, J. Tendencias actuales de la mejora genética de la alcachofa. *Agricola Vergel*, v. 13, n. 208, 1999.
- GIL ORTEGA, R. Selección y mejora de alcachofa. In: JORNADAS TÉCNICAS DE ALCACHOFA, 1., 1996, Tudela - Navarra. *Actas 1º Jornadas Técnicas de Alcachofa* (ITGA ed.), 1996. p. 95-98.
- LÓPEZ ANIDO, F.S.; FIRPO, I.T.; GARCÍA, S.M.; COINTRY, E.L. Estimation of genetic parameters for yield traits in globe artichoke. *Euphytica*, v. 103, p. 61-66, 1998.
- OLIARO, T. Lineamenti di una storia del carciofo. In: CONGRESSO INTERNAZIONALE DI STUDI SUL CARCIOFO, 1., 1967, Bari. *Atti 1º Congresso Internazionale di studi sul carciofo*. Ed. Minerva Medica, Torino, 1967. p. 1-7.
- PECAUT, P. *Globe artichoke Cynara scolymus L.* In: KALLO, G.; BERG, B.D., eds. *Genetic improvement of vegetables crops*. Pergamon. Oxford, 1993. p. 737-746.
- PORCEDDU, E.; DELLACECCA, V. BIANCO, V. Classificazione numerica di cultivar di carciofo. In: CONGRESSO INTERNAZIONALE DI STUDI SUL CARCIOFO, 2., 1976, Bari. *Atti 2º Congresso Internazionale di studi sul carciofo*. Ed. Minerva Medica, Torino, 1976. p. 1105-1119.
- RAVEENDRAN, T.S.; APPADURAI, R. Genetic divergence and heterosis in pearl millet. *Indian Journal of Agricultural Science*, n. 54, p. 888-893, 1984.
- SAS INSTITUTE. *SAS user's guide: Statistics*. 5. ed. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1985. 958 p.
- STATSOFT INC. STATISTICA for Windows, Release 4.5 A. 1993.
- SUGIYARTO, E.; SOERMATONO, D.; MANGOENDIDJOJO, W. Yield stability analysis in sugarcane cultivar trial. *Agricultural Science*, n. 3, p. 315-322, 1984.