

Comparación entre grupos de vegetación obtenidos mediante métodos multivariantes y sintáxones en la descripción de comunidades vegetales halófilas

José M. Caballero, Miguel A. Esteve & José F. Calvo

Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia.

Resumen

Correspondencia

M. A. Esteve

Tel.: 968 364992

Fax: 968 363963

E-mail: maesteve@um.es

Recibido: 18 Febrero 2001

Aceptado: 15 Mayo 2001

En los saladares del Guadalentín (Murcia) se definieron, mediante métodos multivariantes, seis grupos de vegetación (A-F), cada uno de ellos caracterizado por la dominancia de determinadas especies halófilas o subhalófilas. En el presente trabajo, se utilizan técnicas de ordenación (análisis de correspondencias y análisis de correspondencias canónicas) para comparar cuatro de estos grupos (A-D) con sintáxones: asociaciones o subasociaciones descritas para el sureste ibérico o para la región mediterránea en general. Se exponen y se discuten las afinidades y discrepancias de cada grupo con los sintáxones supuestamente relacionados. En términos generales, la correspondencia entre grupos de vegetación y sintáxones no es buena, especialmente en el caso de los grupos B (caracterizado por la dominancia de *Frankenia corymbosa* o *Limonium caesium*) y D (caracterizado por la dominancia de *Halocnemum strobilaceum*). Las diferencias se pueden atribuir a las condiciones específicas de los saladares del Guadalentín, a los cambios de vegetación que tienen lugar en ellos o a la presencia de determinadas especies ausentes o escasas en otros saladares mediterráneos. En ocasiones, un grupo de vegetación se puede vincular a una asociación, pero, dentro del rango de variación de la misma, representa una determinada forma, asociada a circunstancias locales o particulares. Esto pone de manifiesto que la variación que se da dentro de las asociaciones o subasociaciones puede ser muy relevante ecológicamente, y que existen dificultades para extrapolar valores de parámetros ambientales entre distintas representaciones de una misma asociación.

Palabras claves: Saladares, Vegetación halófila, Métodos multivariantes, Clasificación, Sintaxonomía.

Abstract

Description of halophytic plant communities: comparing vegetation groups obtained by multivariate analysis and syntaxa.

Six vegetation groups (A-F) had been defined in the salt steppes of the Guadalentín (Murcia) by means of multivariate methods. Each of them is characterized by the dominance of certain halophytic or subhalophytic species. In the present paper, ordination techniques (correspondence analysis and canonical correspondence analysis) are used to compare four of these groups (A-D) with syntaxa –associations or subassociations described in Southeastern Spain or, more generally, in the Mediterranean region. The affinities and disagreements between each group

and supposedly related syntaxa are shown and discussed. In general terms, there is not a good correspondence between vegetation groups and syntaxa, specially in the cases of group B (characterized by dominance of *Frankenia corymbosa* or *Limonium caesium*) and group D (characterized by dominance of *Halocnemum strobilaceum*). The differences can be attributed to the particular conditions of the salt steppes of the Guadalentín, also to vegetation changes that are taking place in them or the presence of certain species which are scarce or absent in other mediterranean salt marshes and salt steppes. Sometimes a vegetation group can be related to an association but, within its range of variation, the group represents certain form linked to local or particular circumstances. This shows that the variation which exists within an association (or subassociation) can be very outstanding ecologically, and that there are difficulties to extrapolate environmental parameters from one representation of an association to another.

Keywords: Salt steppes, Halophytic vegetation, Multivariate methods, Classification, Syntaxonomy.

Introducción

Diversos trabajos han mostrado la importancia ecológica de los saladares mediterráneos (Chapman 1974, Géhu et al. 1984b, Géhu et al. 1986). Su vegetación ha sido estudiada desde diferentes puntos de vista, con predominio del enfoque fitosociológico, tanto para el sureste ibérico (Rivas Martínez et al. 1984, Alcaraz et al. 1991, Peinado et al. 1992) como para otras zonas de Europa y Norte de Africa (Géhu et al. 1984b, Géhu et al. 1986, Géhu & Géhu-Franck 1991).

Una característica importante de esta vegetación es la dominancia de quenopodiáceas perennes arbustivas (*Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott, *Arthrocnemum macrostachyum* (Moris.) Moris, *Halocnemum strobilaceum* (Pallas) MB,...); de las tres especies mencionadas, *H. strobilaceum* es la más escasa en saladares mediterráneos europeos. Estudios fitosociológicos, como los citados anteriormente, han llevado a definir una serie de asociaciones caracterizadas, entre otros rasgos, por la abundancia de alguna de esas especies (Cistancho-Arthrocnemetum fruticosi, Frankenio-Arthrocnemetum macrostachyi, Arthrocnemo-Halocnemetum strobilacei, etc.).

El presente estudio se refiere a la vegetación de los saladares del Guadalentín (Murcia), saladares interiores de tipo estepas salinas, en condiciones climáticas semiáridas y asociados a la llanura de inundación del río Guadalentín en el tramo comprendido entre las localidades de Alhama de Murcia y Totana. Actualmente se encuentran muy fragmentados. Se ha realizado una descripción de la zona en trabajos anteriores (Caballero et al. 1996). También se ha llevado a cabo, mediante métodos multivariantes, una clasificación jerárquica aglomerativa de las comunidades vegetales, reflejada en Caballero et al. (1994), en la que se establecen 6 grupos con 25 subgrupos. Las Tablas 1 y 2 muestran la importancia de diversas especies en los grupos definidos, así como en algu-

nos subgrupos de mayor interés; cada grupo puede caracterizarse por la abundancia de una o dos especies. La Tabla 3 muestra los valores de algunas variables ambientales en los distintos grupos: el carácter más halófilo corresponde al grupo D; el grupo C, siendo también marcadamente halófilo, requiere mayor humedad; posiciones intermedias ocupan los grupos A (el más nitrófilo) y B; los grupos E y F son los que presentan menor halofilia, y no han sido considerados en el presente trabajo.

Una vez realizada esta clasificación, se plantea la pregunta sobre la posible correspondencia entre los grupos de vegetación establecidos y diversos sintáxones descritos para el sureste ibérico o para otras zonas de la región mediterránea. El objetivo de este trabajo es, pues, comparar varios grupos de vegetación (A, B, C y D) que resultan de la clasificación realizada mediante métodos multivariantes con los sintáxones descritos para este tipo de complejos ambientales; esto permitirá evaluar el grado de concordancia entre ambas clasificaciones y tratar de explicar posibles discrepancias. La comparación se hará principalmente con asociaciones, aunque también se tendrán en cuenta algunas subasociaciones.

En numerosas ocasiones se han utilizado los métodos multivariantes como herramientas en las etapas sintética y sintaxonómica del método fitosociológico (Westhoff & Maarel 1978), o se ha tratado un conjunto de inventarios fitocenológicos mediante métodos multivariantes y los resultados se han comparado con la clasificación sintaxonómica previamente establecida (Kortekaas et al. 1976, Westhoff & Maarel 1978). En este caso se trata de comparar grupos de dos clasificaciones: una de ámbito local, elaborada a partir de un conjunto de datos obtenidos mediante muestreo sistemático y analizados con técnicas multivariantes; otra de mayor amplitud geográfica, construida en muchas etapas por tratamientos manuales de conjuntos de datos que se obtienen en muestreos selecti-

	Grupo C (33)			Grupo D (38)			Grupo A (39)			Grupo B (subgrupo Ba y resto del grupo)						Grupo E (16)			Grupo F (12)					
	M	SD	FR	M	SD	FR	M	SD	FR	Ba (7)		B* (36)		M	SD	FR	M	SD	FR	M	SD	FR		
										M	SD	M	SD											
<i>Halmione portulacoides</i>	29.8	30	72.7							0.1	0.2	5.1	0.7	1.9	14.3	0.6	1.7	16.7	1.4	2.9	25	0.8	2.6	8.3
<i>Sarcocornia fruticosa</i>	20.7	23.9	90.9	0.4	1.2	13.2	0.2	1.1	7.7	0.9	1.9	28.6	0.3	1	11.1				0.7	2	12.5	1	1.8	33.3
<i>Phragmites australis</i>	2.1	7.6	18.2				1.2	3.7	15.4				0.6	2.1	13.9				0.1	0.3	12.5			
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	0.1	0.7	3	20.2	10.6	100				0.1	0.4	14.3	0.3	0.8	13.9				0.2	0.8	6.3	0.6	2	8.3
<i>Anabasis articulata</i>	0.2	3					1.4	4.5	12.8															
<i>Suaeda vera</i>	4.9	7	66.7	3.8	4.4	92.1	23.9	11	100	12.4	17.8	100	5.3	4.8	91.7	0.1	0.2	5.6	0.5	0.8	37.5	0.9	1	50
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>	0.1	0.3	3	0.7	1.1	47.4	0.4	0.6	30.8				0.3	0.4	25							0.1	0.3	8.3
<i>Parapholis incurva</i>	0.2	3		0.3	0.5	34.2	0.3	0.5	28.2				0.3	1.5	5.6							0.4	0.5	41.7
<i>Suaeda pruinosa</i>	0.1	0.2	6.1				2	4.6	28.2	0.1	0.4	14.3	0.3	1.5	5.6									
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	0.8	2.5	24.2	2	5.9	28.9	0.2	0.9	5.1	11.1	7.5	100	0.5	1.8	13.9				1.3	3.1	31.3	4.8	4.6	75
<i>Frankenia corymbosa</i>	0.7	1.5	33.3	4.1	6.9	71.1	0.9	1.9	33.3	2	2.1	71.4	13	12.6	88.9				5.9	5.1	93.8	5.1	5.6	83.3
<i>Limonium caesium</i>	1	3.2	18.2	4.9	8.5	78.9	0.4	1	20.5	1.1	1.5	57.1	13.6	16.2	88.9				1.8	2.9	50	5.1	5.6	83.3
<i>Polygonum equisetiforme</i>							0.9	3.6	10.3				0.1	0.3	8.3				0.4	1	25	0.3	1.2	8.3
<i>Atriplex glauca</i>	0.2	3		0.2	0.4	15.8	0.9	2.4	25.6	0.4	0.5	42.9	0.8	0.8	58.3				0.4	0.6	37.5			
<i>Atriplex halimus</i>													0.1	0.2	2.8				0.6	1.4	25			
<i>Limonium cossonianum</i>				0.1	0.4	7.9				0.9	2.3	14.3	1.9	3.5	44.4				3.1	4.5	50	1.5	2.9	41.7
<i>Limonium delicatulum</i>	0.1	0.4	6.1																					
<i>Asparagus horridus</i>													0.5	1.8	11.1				0.4	1.3	18.8	0.3	0.6	16.7
<i>Thymelaea hirsuta</i>							0.3	1.4	5.1				0.2	0.7	8.3				1.8	2.5	56.3	0.7	1.2	41.7
<i>Pallenis spinosa</i>	0.2	3					0.1	0.3	7.7				0.1	0.3	8.3				0.1	0.3	12.5			
<i>Dacrylis glomerata hispanica</i>	0.3	0.7	21.2				0.2	0.4	12.8				0.2	0.7	8.3				1.3	4.7	12.5	2	5.4	50
<i>Stipa parviflora</i>													0.2	0.5	16.7				1.4	2	56.3			
<i>Artemisia herba-alba</i>	0.1	0.3	3	0.1	0.5	5.3				0.4	0.8	28.6	1.4	2.4	41.7				33.7	18.5	100	3.4	3.1	66.7
<i>Brachypodium distachyon</i>				0.1	0.2	5.3				0.2	2.6	0.1	0.4	14.3	0.1	0.3	8.3		0.1	0.3	6.3	0.5	0.5	50
<i>Lygeum spartum</i>	0.1	0.2	6.1	0.2	0.7	13.2				0.2	2.6	0.4	1.1	14.3	0.9	2	36.1		0.9	1.1	56.3	52.4	24.5	100

Tabla 1. Grupos de vegetación de los saladares del Guadalentín, obtenidos mediante métodos multivariantes. Se presentan los grupos principales, pero en el grupo B se considera aparte el subgrupo Ba. Entre paréntesis, número de u.m. de cada grupo. M: cobertura media (%); SD: desviación estándar; FR: frecuencia (%). Nomenclatura según Castroviejo et al. (1986-2000) y, para el resto de especies, según Tutin et al. (1964-1980).
 Table 1. Vegetation groups of the salt steppes of the Guadalentín, obtained by multivariate methods. Major groups are presented, but subgroup Ba has been considered apart from group B. The number of samples assigned to each group is in brackets. M: mean cover percentage; SD: standard deviation; FR: frequency (%). Nomenclature follows Castroviejo et al. (1986-2000) and, for the remaining species, Tutin et al. (1964-1980).

	D1 (17)	D2 (10)	D3 (8)	D4 (3)
<i>Halimione portulacoides</i>	0.1(0.2) 5.9%			
<i>Sarcocornia fruticosa</i>		0.4(1.3) 10%	1.6(1.8) 50%	
<i>Spergularia diandra</i>	11.8%	10%	12.5%	33.3%
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	26.3(11.1) 100%	14.5(6.1) 100%	18.1(7.5) 100%	10.0(7.9) 100%
<i>Diploaxis ilorcitana</i>	23.5%			
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>	1.3(1.3) 76.5%	0.3(0.5) 30%		0.7(0.6) 66.7%
<i>Suaeda vera</i>	1.2(1.2) 82.4%	6.4(5.4) 100%	4.6(3.6) 100%	8.0(6.6) 100%
<i>Sphenopus divaricatus</i>				33.3%
<i>Stipa capensis</i>			12.5%	
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	0.2(0.8) 11.8%	0.8(0.8) 60%		21.3(5.1) 100%
<i>Hordeum leporinum</i>	5.9%	10%	12.5%	
<i>Atriplex glauca</i>	0.1(0.2) 5.9%	0.3(0.5) 30%	0.3(0.5) 25%	
<i>Plantago coronopus</i>	11.8%	30%		
<i>Sonchus tenerrimus</i>		10%	12.5%	
<i>Parapholis incurva</i>	17.6%	40%	62.5%	
<i>Limonium caesium</i>	1.1(1.5) 58.8%	14.3(12.4) 100%	2.8(2.7) 100%	1.0(1.0) 66.7%
<i>Polygonum equisetiforme</i>		0.1(0.3) 10%		
<i>Sedum sediforme</i>			0.1(0.4) 12.5%	
<i>Frankenia corymbosa</i>	0.9(1.2) 58.8%	1.4(1.3) 80%	15.6(7.1) 100%	0.3(0.6) 33.3%
<i>Atriplex halimus</i>	0.1(0.2) 5.9%			
<i>Bromus fasciculatus</i>		10%	37.5%	
<i>Asparagus horridus</i>			0.1(0.4) 12.5	
<i>Limonium cossonianum</i>	0.1(0.5) 5.9%	0.2(0.4) 20%		
<i>Artemisia herba-alba</i>		0.3(0.9) 10%	0.1(0.4) 12.5%	
<i>Dactylis glomerata hispanica</i>			0.1(0.4) 12.5%	
<i>Brachypodium distachyon</i>			25%	
<i>Lygeum spartum</i>	0.1(0.5) 5.9%		0.9(1.1) 50%	

Tabla 2. Abundancia de las especies más importantes en los subgrupos de vegetación del grupo D (saladares del Guadalentín). En la mayoría de las anuales sólo se indica frecuencia relativa (%); en las perennes y una anual (*Mesembryanthemum*) se indica cobertura media, (desviación típica de la cobertura) y frecuencia relativa (%). Para cada subgrupo de vegetación se especifica entre paréntesis el número de u.m. asignadas al mismo. Nomenclatura según Castroviejo et al. (1986-2000) y, para el resto de especies, según Tutin et al. (1964-1980). Table 2. Abundance of most important species in subgroups of group D (salt steppes of the Guadalentín). Frequency is given for annuals except *Mesembryanthemum*. For perennials and *Mesembryanthemum*, mean cover percentage, (standard deviation) and frequency (%) are given. The number of samples in each subgroup is in brackets. Nomenclature follows Castroviejo et al. (1986-2000) and, for the remaining species, Tutin et al. (1964-1980).

vos. Estas diferencias no impiden la comparación, pues los datos utilizados para ambas clasificaciones recogen abundancias de especies en parcelas del mismo orden de tamaños y de lugares concretos, aun cuando los grupos de una clasificación sean de ámbito más amplio. La comparación puede relacionarse también con la capacidad de la clasificación sintaxonómica, en su estado actual de desarrollo, para aplicarse a una localidad y describir adecuadamente la vegetación.

Métodos

Los datos de campo que sirvieron para llevar a cabo la clasificación de la vegetación de los saladares del Guadalentín se tomaron mediante muestreo sistemático a lo largo de transectos, registrando cobertura lineal en 190 cuadrados de 3 m de lado. La matriz «unidades de muestreo-especies» se sometió a ordenación y clasificación jerárquica aglomerativa. Los de-

	A	B*	C	D	E	F
Sodio 0-30 cm (cmol/kg)	22.5 (17.6) DE	16.3 (8.4) CDE	36.9 (15.5) BEF	40.0 (17.0) ABEF	4.2 (4.5) ABCD	10.4 (8.8) CD
Sodio 30-60 cm (cmol/kg)	22.2 (9.7) D	19.1 (7.7) D	24.4 (8.5) D	36.5 (10.1) ABCEF	15.9 (17.1) D	13.3 (3.5) D
pH 0-30 cm	8.3 (0.32) C	8.27 (0.34) CE	8.63 (0.20) ABE	8.53 (0.24) E	8.02 (0.09) BCD	8.36 (0.25)
Nitrógeno 0-30 cm (%)	0.063 (0.02) BDE	0.046 (0.023) A	0.051 (0.016) DE	0.037 (0.010) AC	0.034 (0.015) AC	0.044 (0.019)
Humedad 0-30 cm (%)	20.8 (2.7) BEF	18.3 (2.5) AC	27.8 (11.9) BEF	21.6 (3.6)	17.4 (3.57) AC	14.8 (4.1) AC

Tabla 3. Media y (Desviación estándar) de 5 variables edáficas para los distintos grupos de vegetación. B* es el grupo B sin el subgrupo Ba. El análisis de la varianza de Kruskal-Wallis muestra diferencias significativas ($p < 0.01$) para las 5 variables. Las letras en cada celda se refieren a los grupos con valores significativamente distintos al que ocupa la celda (test de Mann-Whitney, $p < 0.05$).

Table 3. Mean and (Standard deviation) of 5 edaphic variables for the vegetation groups. B* is group B without subgroup Ba. Kruskal-Wallis analysis of variance shows significant differences ($p < 0.01$) between groups for each variable. Letters in each cell refer to groups with significantly different values (Mann-Whitney test, $p < 0.05$).

talles del método aparecen en otros trabajos (Caballero et al. 1994, Caballero 1999). De las 190 unidades de muestreo (en adelante, u.m.), 3 fueron eliminadas por su clara heterogeneidad, y 28 no se han tenido en cuenta en este trabajo por corresponder a los grupos E o F, que no se analizan. Por otra parte, se tomaron, de diversas publicaciones y autores, una serie de inventarios fitosociológicos, tanto del sureste ibérico como de otras áreas de la región mediterránea (ver Apéndice 1). Tales inventarios pertenecían a las asociaciones más relacionadas con los grupos de vegetación de nuestra clasificación; con el criterio de escoger, para cada grupo de vegetación (A-D), las asociaciones que tuvieran como especie característica (o, en algunos casos, diferencial) alguna de las especies que definen el grupo (Tabla 1).

Para cada uno de los grupos A-D, se realizó un análisis de correspondencias (Jongman et al. 1987) incluyendo las u.m. asignadas al grupo y los inventarios de las asociaciones más relacionadas con él. Se utilizó el programa CANOCO (Ter Braak 1988, 1990), aplicando la opción de menor ponderación de especies raras. Dada la heterogeneidad del grupo B, se optó por analizar uno de sus subgrupos (Ba) independientemente del resto. Puesto que los datos de abundancia son, en nuestras u.m., porcentajes de cobertura lineal, para uniformar criterios se transformaron de acuerdo con la escala de Braun-Blanquet (al 1% de cobertura lineal se le dio el valor 1 en una escala de 6 grados; 2-5%: 2; 6-25%: 3; 26-50%: 4; 50-75%: 5; 75-100%: 6). Consecuentemente, las abundancias en los inventarios también se hicieron corresponder con una escala similar (+: 1; 1: 2;... 5: 6).

Los análisis de correspondencias proporcionan una visión gráfica de las relaciones entre nuestras u.m. y los inventarios de diversas asociaciones. Pero, para contrastar hipótesis referidas a la relevancia de discriminar entre un grupo de vegetación (de nuestra clasificación) y una asociación, se han realizado análisis de correspondencias canónicas (Ter Braak 1986) con las mismas matrices u.m.-especies que se sometieron a análisis de correspondencias, y procediendo como se indica a continuación.

Además de una matriz u.m.-especies, en un análisis de correspondencias canónicas (CCA) se introduce también una matriz que se suele llamar de «variables ambientales», pero que en este caso es una matriz de pertenencia a los grupos de vegetación o asociaciones. Si una u.m. pertenece a un grupo de vegetación, la variable de pertenencia correspondiente a ese grupo tomará el valor 1 para esa u.m., y en caso contrario tomará el valor 0. Si queremos comparar un grupo de vegetación de nuestra clasificación, por ejemplo el D, con n asociaciones (As_1, \dots, As_n), debemos construir $2n+1$ variables de pertenencia a grupos: $D, As_1, \dots, As_n, DAS_1, \dots, DAS_n$. La variable DAS_i reúne al grupo D con la asociación As_i , y así se puede probar la relevancia de mantenerlos juntos o separados. Si una u.m. pertenece al grupo D, la variable D y todas las DAS_i tomarán valor 1 para esa u.m.; el resto de las variables de pertenencia tendrán valor 0. Si un inventario pertenece a la asociación As_k , las variables As_k y DAS_k tendrán valor 1 en ese inventario, y todas las demás 0. La matriz de pertenencia a grupos será de la siguiente forma en el ejemplo escogido (las um_j son las u. m. pertenecientes al grupo D, los iv_k son los inventarios pertenecientes a las distintas asociaciones, As_1, \dots, As_n , que se comparan con el grupo D):

	D	As_1	...	As_i	...	As_n	DAS_1	...	DAS_i	...	DAS_n
um_1	1	0	...	0	...	0	1	...	1	...	1
um_2	1	0	...	0	...	0	1	...	1	...	1
:	:	:	...	:	...	:	:	...	:	...	:
um_j	1	0	...	0	...	0	1	...	1	...	1
:	:	:	...	:	...	:	:	...	:	...	:
iv_1	0	1	...	0	...	0	1	...	0	...	0
iv_2	0	1	...	0	...	0	1	...	0	...	0
:	:	:	...	:	...	:	:	...	:	...	:
iv_k	0	0	...	1	...	0	0	...	1	...	0
:	:	:	...	:	...	:	:	...	:	...	:
iv_n	0	0	...	0	...	1	0	...	0	...	1

Se realiza el CCA con la opción de adición selectiva de variables ambientales («Stepwise forward selection of environmental variables», en CANOCO 3.x, véase Ter Braak 1990); esta opción permite ir introduciendo variables de pertenencia a grupos una por una, y probar su significación mediante un test de Monte Carlo. Se introduce DAS_1 . A conti-

nuación, se introduce **D**. Si, tras haber considerado conjuntamente el grupo **D** y la asociación As_1 , agrupando estas entidades, es relevante discriminar entre ambas, al añadir **D** y probarla mediante el test de Monte Carlo se obtendrá un valor significativo, y **D** explicará una fracción relativamente alta de varianza. Por supuesto, si en lugar de **D** se introduce As_1 para discriminar, el porcentaje de varianza explicada y la significación son idénticos.

Así se va procediendo con todos los «tríos» de variables (**D**, As_p , DA_s), en análisis separados. Si, habiendo introducido DA_s y a continuación **D**, esta última resultase significativa ($p < 0.01$, test de Monte Carlo), obtendríamos una evidencia positiva para considerar relevante la distinción entre **D** y As_1 . Para tratar de evitar errores de tipo I, más probables en estos análisis (Ter Braak 1990), se ha tomado un criterio de significación relativamente estricto ($p < 0.01$).

Resultados y Discusión

Comparaciones por grupos

Grupo A. Se comparó con las asociaciones Atriplici glaucae-Suaedum pruinosa, Polygono-Suaedum verae, Suaedum

verae y una comunidad de *Suaeda vera* J.F. Gmel. descrita por Kaabeche et al. (1995) (Apéndice 1). La Figura 1 muestra el diagrama de ordenación. Puede verse cómo las u.m. del grupo **A** se encuentran claramente separadas, a lo largo del eje 2, de los inventarios de Suaedum verae, Halimiono-Suaedum verae, y menos (coincidiendo parcialmente) de Polygono-Suaedum verae, descrita en Chipre, en la que *Polygonum equisetiforme* Sm. acompaña habitualmente a *Suaeda vera*, como sucede en las u.m. de uno de los subgrupos. Halimiono-Suaedum verae y Suaedum verae, descritas, respectivamente, en Italia y Túnez, parecen ser comunidades más (higro)halófilas, a juzgar por las especies que están con *Suaeda vera* (*Halimione portulacoides* (L.) Aellen, *Sarcocornia fruticosa*, *Arthrocnemum macrostachyum*). La asociación Atriplici glaucae-Suaedum pruinosa es la que presenta mayor afinidad con el grupo **A**.

Aunque las comunidades dominadas por *Suaeda vera* se pueden considerar halonitrófilas en general, podemos interpretar que la nitrofilia se hace más acusada hacia la parte positiva del eje 1, cerca de cuyo extremo se apartan claramente las u.m. del subgrupo representado como **Ap** (en el que *Suaeda vera* está acompañada principalmente por *Suaeda pruinosa* Lange) de todas las demás u.m. e inventarios, incluidos los de Atriplici glaucae-Suaedum pruinosa. También podemos

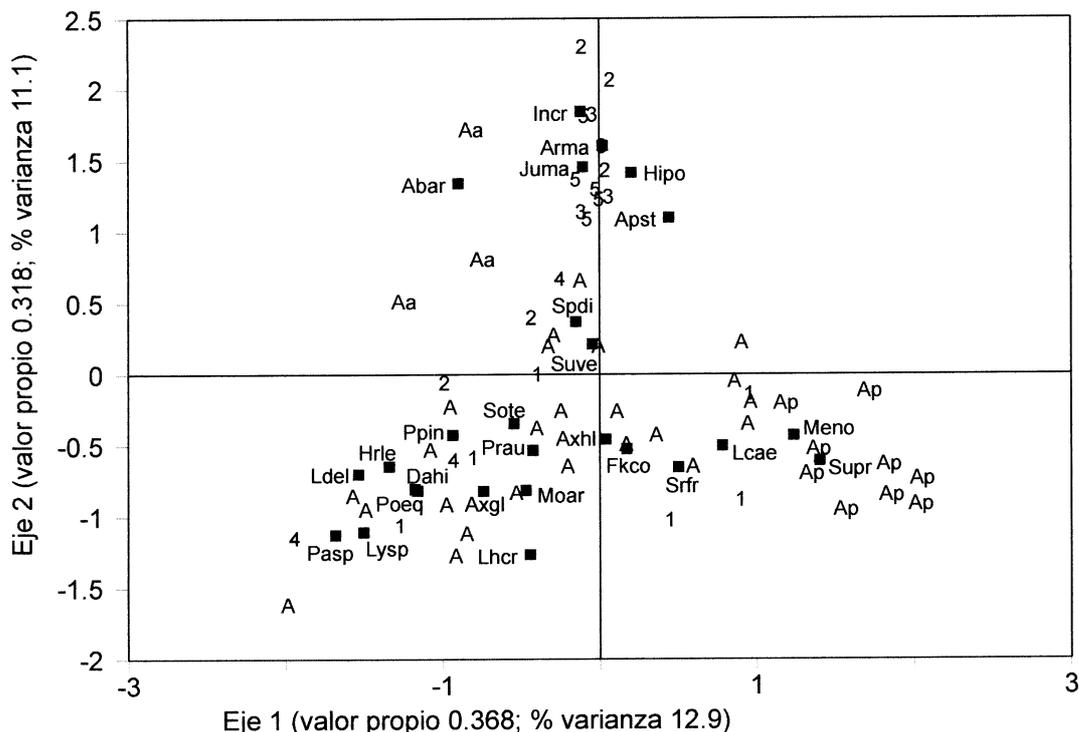


Figura 1. Posiciones de unidades de muestreo (u.m.) y especies en el plano definido por los dos primeros ejes de un análisis de correspondencias realizado con 39 u.m. del grupo **A** (**A**, **Aa**, **Ap**) y 23 inventarios de varias asociaciones con dominancia de *Suaeda vera*. Para abreviaturas de especies ver Apéndice 2. **Aa**: subgrupo con *Anabasis articulata*; **Ap**: subgrupo con *Suaeda pruinosa*; 1: Atriplici glaucae-Suaedum pruinosa; 2: Polygono-Suaedum verae; 3: Suaedum verae; 4: comunidad de *Suaeda vera*; 5: Halimiono-Suaedum verae. Figure 1. Species and sample positions along the first two axes of a Correspondence Analysis performed with 39 samples of group **A** (**A**, **Aa**, **Ap**) and 23 relevés of several associations with dominance of *Suaeda vera*. See Appendix 2 for species abbreviations. **Aa**: subgroup with *Anabasis articulata*; **Ap**: subgroup with *Suaeda pruinosa*; 1: Atriplici glaucae-Suaedum pruinosa; 2: Polygono-Suaedum verae; 3: Suaedum verae; 4: *Suaeda vera* community; 5: Halimiono-Suaedum verae.

interpretar que la halofilia se hace más acusada hacia el extremo positivo del eje 2, donde se encuentran los inventarios de Suaedetum verae y Halimiono-Suaedetum verae y, aparte, los representantes del subgrupo Aa (*Suaeda vera*-*Anabasis articulata*), que no es especialmente halófilo.

Los resultados de la comparación utilizando el análisis de correspondencias canónicas aparecen en la Tabla 4. El grupo A se puede considerar diferente de las asociaciones comparadas, en el ámbito en que este análisis permite hacerlo; es decir, separar el grupo A de la asociación que se está probando (cualquiera de ellas) explica una varianza adicional significativa, con respecto a la varianza explicada cuando el grupo A y la asociación se consideran un solo conjunto.

En cambio, cuando se comparan algunas asociaciones entre ellas, el análisis no revela diferencias significativas. Es el caso de Polygono-Suaedetum verae y Suaedetum verae (al discriminar entre ellas, tras haberlas agrupado conjuntamente, se explica una varianza adicional de 0.03, $p > 0.1$), también de Polygono-Suaedetum verae y Halimiono-Suaedetum verae (varianza adicional 0.06, $p > 0.1$) y de Suaedetum verae con Halimiono-Suaedetum verae (varianza adicional 0.05, $p > 0.1$). Estas comunidades, de las que ya se ha comentado su carác-

ter más halófilo, ocupan, en la zonación de los saladares, un nivel inmediatamente superior al de las comunidades dominadas por *Arthrocnemum macrostachyum* o *Sarcocornia fruticosa*, y se han considerado como vicariantes unas de otras (Géhu & Géhu-Franck 1991, Géhu et al. 1984c).

Algunos de los rasgos que diferencian al grupo A de las asociaciones con las que se ha comparado son la escasez de especies más halófilas, la importancia de *Frankenia corymbosa* Desf. y/o *Limonium caesium* (Girard) Kuntze como especies acompañantes, así como la de *Phragmites australis* (Cav.) Steud. y *Suaeda pruinosa*; la ausencia de *Atriplex glauca* L. en numerosas u.m. es una diferencia con *Atriplex glauca*-Suaedetum pruinosa, en cuyos inventarios está presente *Atriplex glauca*; por otro lado, el subgrupo Aa (*Suaeda vera*-*Anabasis articulata*) puede considerarse una transición hacia comunidades gipsófilas dominadas por *Anabasis articulata* (Forsskal) Moq.

Grupo B, subgrupo Ba. Dentro del grupo B, del que ya se ha mencionado su heterogeneidad, el subgrupo Ba (*Arthrocnemum macrostachyum*-*Suaeda vera*) difiere notablemente del resto, por lo que se ha considerado aparte. Lo hemos comparado con las asociaciones Frankenio corymbosae-Arthro-

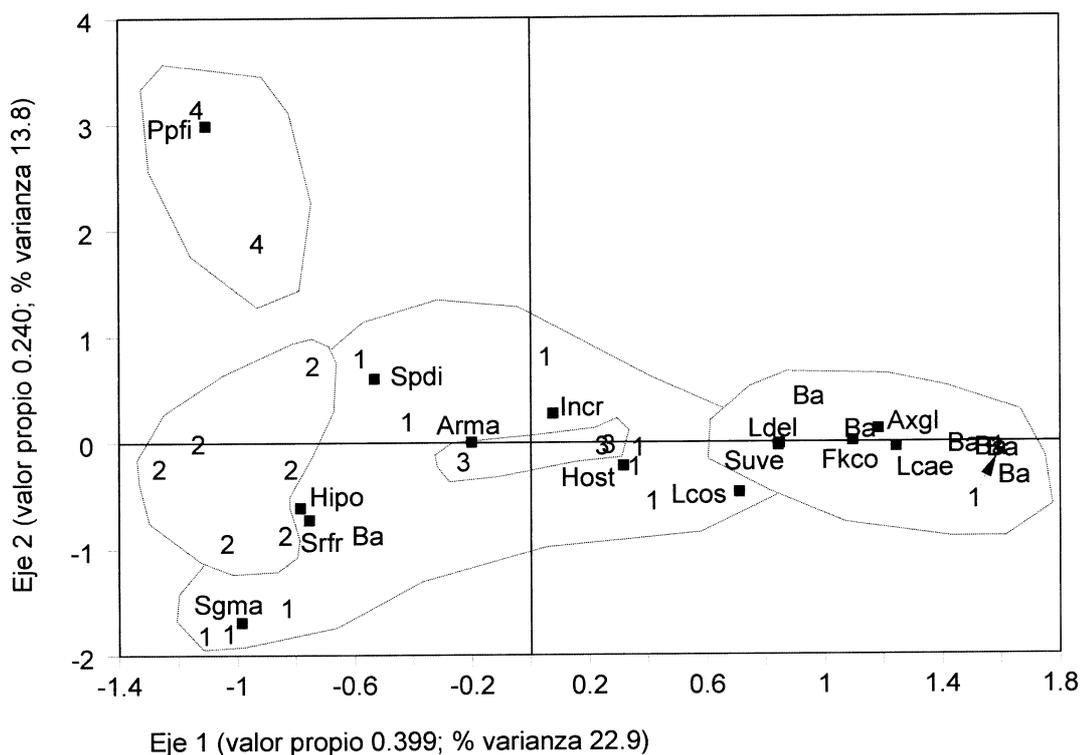


Figura 2. Posiciones de u.m. y especies en el plano definido por los dos primeros ejes de un análisis de correspondencias realizado con 7 u.m. del subgrupo Ba y 22 inventarios de asociaciones con dominancia de *Arthrocnemum macrostachyum*. Para abreviaturas de especies ver Apéndice 2. 1: Frankenio corymbosae-Arthrocnemum macrostachyi; 2: Puccinellio convolutae-Arthrocnemum glauci; 3: Arthrocnemum glauci; 4: Sphenopo-Arthrocnemum glauci.

Figure 2. Species and sample positions along the first two axes of a Correspondence Analysis performed with 7 samples of subgroup Ba and 22 relevés of associations with dominance of *Arthrocnemum macrostachyum*. See Appendix 2 for species abbreviations. 1: Frankenio corymbosae-Arthrocnemum macrostachyi; 2: Puccinellio convolutae-Arthrocnemum glauci; 3: Arthrocnemum glauci; 4: Sphenopo-Arthrocnemum glauci.

Grupos que se unen	Var(conjunto) ¹	Var(discrim) ²
A + Atriplici glaucae-Suaedetum pruinosa	0.23*	0.11*
A + Polygono-Suaedetum verae	0.13*	0.14*
A + Suaedetum verae	0.13*	0.11*
A + com. <i>Suaeda vera</i>	0.18*	0.13*
A + Halimiono-Suaedetum verae	0.13*	0.12*
Varianza explicada por todas las variables de grupo ³ : 0.57; Varianza total ⁴ : 2.85		
Ba + Frankenio-Arthrocnemetum	0.20*	0.14*
Ba + Puccinellio-Arthrocnemetum	0.10	0.25*
Ba + Arthrocnemetum glauci	0.19*	0.12
Ba + Sphenopo-Arthrocnemetum	0.18*	0.25*
Varianza explicada por todas las variables de grupo: 0.63; Varianza total: 1.74		
B + Limonietum caesio-supini	0.27*	0.26*
B + Limonio caesii-Lygeetum sparti	0.25*	0.21*
B + Limonietum angustibracteato-delicatuli	0.25*	0.29*
B + Dactylo-Lygeetum sparti	0.31*	0.19*
Varianza explicada por todas las variables de grupo: 1.01; Varianza total: 3.19		
C + Cistancho-Arthrocnemetum fruticosi	0.15*	0.20*
C + Puccinellio-Arthrocnemetum fruticosi	0.14*	0.19*
C + Arthrocnemetum fruticosi	0.21*	0.06
Varianza explicada por todas las variables de grupo: 0.41; Varianza total: 2.13		
D + Frankenio-Halocnemetum	0.38*	0.15*
D + Arthrocnemetum fruticosi	0.32*	0.42*
D + Arthrocnemo-Halocnemetum	0.26*	0.36*
D + Arthrocnemetum glauci	0.36*	0.13*
D + Puccinellio-Arthrocnemetum glauci	0.36*	0.12*
D + Puccinellio-Arthrocnemetum perennis	0.38*	0.21*
D + Arthrocnemetum perennis	0.40*	0.16*
Varianza explicada por todas las variables de grupo: 1.32; Varianza total: 2.51		

Tabla 4. Resultados de la comparación de los grupos de vegetación A, B, C y D, de los saladares del Guadalentín, con sintáxones relacionados. Cada grupo se analiza por separado, mediante análisis de correspondencias canónicas (CCA), y el subgrupo Ba se considera aparte del resto del grupo B. ¹: Varianza explicada al introducir como primera variable "ambiental" en el CCA la pertenencia al conjunto formado por la unión del grupo (o subgrupo) considerado y el sintaxon con que se compara. ²: Varianza adicional explicada cuando, una vez introducida la variable anterior, se discrimina entre grupo y sintaxon introduciendo una nueva variable "ambiental" de pertenencia al grupo (o, en su caso, al subgrupo Ba); el resultado es el mismo si se introduce la variable de pertenencia al sintaxon correspondiente. ³: Inercia total (suma de los valores propios de la ordenación con ejes no canónicos). ⁴: Suma de los valores propios de los ejes canónicos. *: p < 0.01, test de Monte Carlo (al menos 110 permutaciones).

Table 4. Results of comparison of vegetation groups A, B, C and D, of the salt steppes of the Guadalentín, with related syntaxa. Each group is analyzed separately by means of CCA, and subgroup Ba is considered apart from the rest of group B. ¹: Variance explained introducing as first "environmental" variable membership to the set formed by join of the group (or subgroup) considered and the syntaxon with which is compared. ²: Additional variance explained when, keeping the previous variable, a new "environmental" variable (membership to group) is introduced to test differences between group (or subgroup) and syntaxon. The result is the same when the new variable introduced is membership to syntaxon. ³: Total inertia (sum of all unconstrained eigenvalues). ⁴: Sum of all canonical eigenvalues. *: p < 0.01, Monte Carlo test (110 permutations at least).

monio caesii-Lygeetum sparti, Limonietum angustibracteato-delicatuli y Dactylo hispanicae-Lygeetum sparti limonietosum caesii (Apéndice 1); esta última pertenece a la clase Lygeo-Stipetea, y las otras a Arthrocnemetea. Los sintáxones utilizados en la comparación son todos del SE ibérico (provincia Murciano-Almeriense), y con dominancia —o al menos con presencia relevante— de especies del género *Limonium*.

El gráfico de la ordenación (Figura 3) muestra las u.m. del grupo B arracimadas por el cuadrante inferior izquierdo, cerca del centro; solamente un inventario de *Limonietum angustibracteato-delicatuli* está con ellas. Hacia la parte derecha del eje 1 se disponen las asociaciones *Limonietum caesio-supini* y *Limonietum angustibracteato-delicatuli*, ambas dominadas por diversas especies de *Limonium*. Hacia la parte izquierda y central del eje 1 se distribuyen las u.m. del grupo B y los inventarios de *Limonio caesii-Lygeetum sparti* donde, aunque la presencia de una o dos especies del género *Limonium* (sobre todo *L. caesium*) es siempre relevante y a veces dominante, otras especies tienen el mismo o mayor peso: *Frankenia corymbosa* en las u.m. de B, *Lygeum spartum* L. en la asociación citada. Aún más a la izquierda del eje 1 se disponen los tres inventarios de *Dactylo-Lygeetum sparti* limonietosum caesii, donde la presencia de *L. caesium* y *F. corymbosa* caracteriza la subasociación, pero la dominancia de *Lygeum spartum* es clara.

Los resultados de la comparación mediante el CCA se presentan en la Tabla 4. El grupo B es significativamente distinto de las asociaciones analizadas y también lo son éstas entre sí, estando la mayor afinidad entre *Limonio caesii-Lygeetum sparti* y *Dactylo-Lygeetum sparti* limonietosum caesii. La separación entre el subgrupo Bc (caracterizado por *Limonium cossonianum*) y los otros subgrupos de B no es tan clara (varianza adicional explicada al discriminar 0.09, $0.01 < p < 0.05$).

Los rasgos importantes del grupo B que contribuyen a separarlo de las asociaciones consideradas son la dominancia de *Frankenia corymbosa* y/o *Limonium caesium*, junto con la escasez de *Lygeum spartum*. *Frankenia corymbosa* se ha tomado como especie diferencial en algunas asociaciones, pero no característica. *Limonium caesium* aparece en inventarios de *Limonietum caesio-supini* acompañando a otras especies de *Limonium*, y también en algunos de *Limonietum angustibracteato-delicatuli* con el mismo papel. Se presenta en todos los inventarios de *Limonio caesii-Lygeetum sparti*, pero ampliamente superado en abundancia por *Lygeum spartum*. Aquí la situación es distinta, ya que *L. caesium* puede compartir la dominancia (no siempre) con *Frankenia corymbosa*, pero no con *Lygeum spartum*, mucho más escasa. Por otro lado, el subgrupo Bc se caracteriza por la presencia importante de *Limonium cossonianum*, que también se ha considerado diferencial en varias asociaciones pero no característica; en algu-

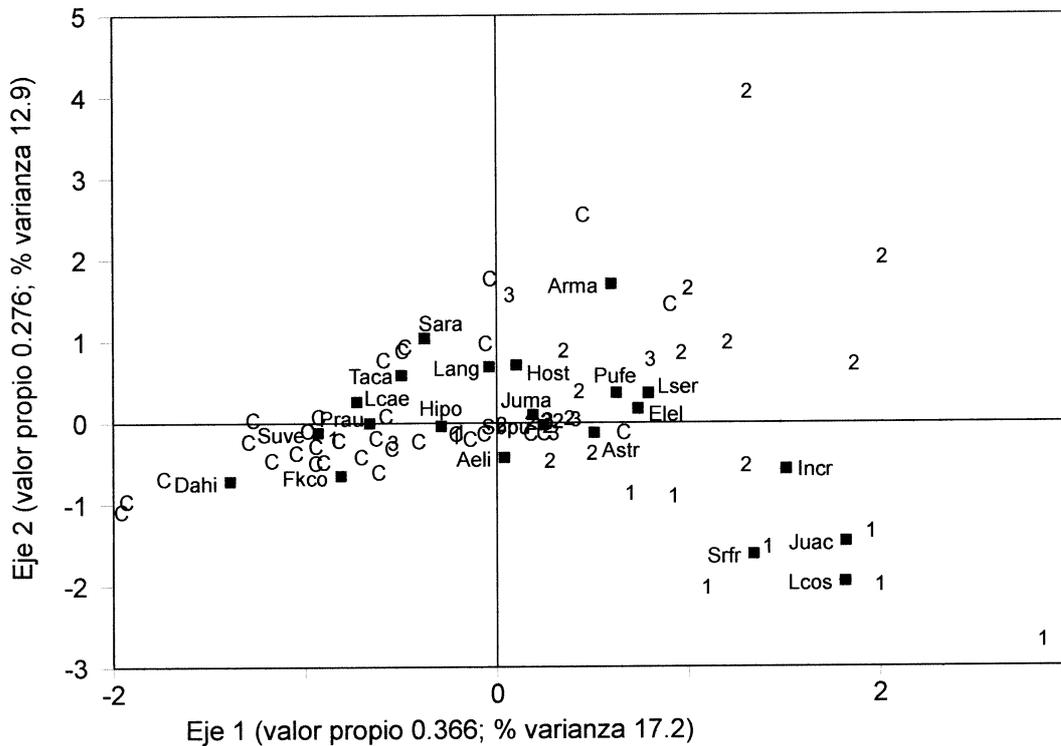


Figura 4. Posiciones de u.m. y especies en el plano definido por los dos primeros ejes de un análisis de correspondencias realizado con 33 u.m. del grupo C y 33 inventarios de asociaciones con dominancia de *Sarcocornia fruticosa*. Para abreviaturas de especies ver Apéndice 2. 1: Cistancho luteae-Arthrocnemum fruticosi; 2: Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum fruticosi; 3: Arthrocnemum fruticosi.

Figure 4. Species and sample positions along the first two axes of a Correspondence Analysis performed with 33 samples of group C and 33 relevés of associations with dominance of *Sarcocornia fruticosa*. See Appendix 2 for species abbreviations. 1: Cistancho luteae-Arthrocnemum fruticosi; 2: Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum fruticosi; 3: Arthrocnemum fruticosi.

nos puntos de los saladares del Guadalentín, *L. cossonianum* puede mostrar fuerte dominancia y no estar acompañada de otras especies de *Limonium* excepto *L. caesium* (con menor abundancia).

Existe una asociación descrita en el sector almeriense (Peinado et al. 1992), *Limonio insignis-Anabasiatum hispanicae*, que se caracteriza por la dominancia de *Frankenia corymbosa* junto con *Limonium insigne*, y a veces (pero no en todos los inventarios, ni siquiera en la mayoría), *Salsola papillosa* y *Anabasis hispanica*. Considerando la similitud que existe entre *L. insigne* y *L. caesium*, no podemos dejar de acusar el parecido entre algunos inventarios de esta asociación y numerosas u.m. del grupo B (sustituyendo, por supuesto, *L. insigne* por *L. caesium*). De todas formas, como ya ha sido señalado (Alcaraz 1984), los problemas sintaxonómicos que plantean las comunidades dominadas por *Limonium* son grandes. La distribución restringida de numerosas especies del género, las dificultades taxonómicas y los cambios introducidos en su sistemática más o menos recientemente (comparar, por ejemplo, Erben 1989 y Castroviejo et al. 1986-2000, vol. III) no contribuyen a aminorarlos, y quizás sea necesario un estudio más profundo de estas comunidades.

Grupo C. Se ha comparado con las asociaciones *Cistancho phelypaeae-Arthrocnemum fruticosi*, *Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum fruticosi* y *Arthrocnemum fruticosi* (Apéndice 1), todas con dominancia de *Sarcocornia fruticosa*. La primera está descrita para el sur de la península Ibérica (Peinado et al. 1992), la segunda para una buena parte de la Europa mediterránea, desde la región Valenciana hasta Grecia (Costa & Boira 1981, Géhu et al. 1986), y la tercera para distintas localidades mediterráneas y atlánticas, aunque los inventarios incorporados al análisis son de Túnez, y pueden, según Géhu & Géhu-Franck (1991), considerarse dentro de una asociación *Limonio delicatuli-Arthrocnemum fruticosi*.

En la Figura 4 se presenta el diagrama de ordenación. Las u.m. del grupo C ocupan la parte central y la región negativa del eje 1, aunque la discriminación no es completa y numerosos inventarios de distintas asociaciones también se acumulan en la región central.

Llama la atención que, mientras en los gráficos de ordenación de grupos anteriores las especies dominantes estaban, conforme a lo esperado, muy próximas al centro del diagrama, en este caso *Sarcocornia fruticosa* se halla bastante distanciada del centro, en el cuadrante inferior derecho, lo que se corresponde con una variación en la abundancia de esta especie, siendo más escasa en muchas de las u.m. del grupo C que en las asociaciones consideradas. De hecho, las tres u.m. del grupo C que se localizan en el extremo negativo del eje 1 se caracterizan por la ausencia de *Sarcocornia fruticosa* y la abundancia de *Halimione portulacoides*.

Los resultados de la comparación utilizando el CCA se presentan en la Tabla 4. Las asociaciones *Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum fruticosi* y *Cistancho phelypaeae-*

Arthrocnemum fruticosi son, a tenor del análisis, relativamente diferentes del grupo C (la discriminación explica una varianza adicional significativa), mientras que las diferencias son menos claras con *Arthrocnemum fruticosi* (= *Limonio delicatuli-Arthrocnemum fruticosi*). De las asociaciones, la mayor afinidad se detecta entre *Puccinellio-Arthrocnemum fruticosi* y *Arthrocnemum fruticosi* (varianza adicional 0.05; $0.01 < p < 0.05$).

Algunos rasgos del grupo C que pueden contribuir a explicar las diferencias encontradas son la menor abundancia, en promedio, de *Sarcocornia fruticosa*, la ausencia de especies como *Inula crithmoides* L. o *Puccinellia festuciformis* (Host) Parl., y la presencia relevante de *Suaeda vera*.

Con respecto a *Halimione portulacoides*, hay ciertas dudas sobre su situación. Algunos autores (ver, por ejemplo, Géhu et al. 1986, 1991) consideran las comunidades caracterizadas por *Halimione portulacoides* y *Sarcocornia fruticosa* dentro de asociaciones como *Arthrocnemum fruticosi*, *Puccinellio-Arthrocnemum fruticosi*, etc., pero sin diferenciar ninguna subasociación caracterizada por *Halimione*, incluso aunque la abundancia de esta especie pueda ser bastante superior a la de *Sarcocornia fruticosa*. Otros autores consideran subasociaciones *Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum fruticosi* *halimionetosum portulacoidis* (Costa & Boira 1981, Pérez Badía 1997) o *Cistancho phelypaeae-Arthrocnemum fruticosi* *halimionetosum portulacoidis* (Alcaraz 1984). Por otra parte, la asociación *Halimionetosum portulacoidis* (o *Bostrychio-Halimionetosum portulacoidis*) está descrita para las costas atlánticas (véase Bueno Sánchez 1997), pero existen autores que consideran que también se presenta, aunque mucho más puntualmente, en el Mediterráneo (Ferrari et al. 1985). Bassett (1978), aunque sin hablar de asociaciones, describe un grupo de vegetación con dominancia de *Halimione* en la Camarga. Ciertamente, en determinadas u.m. del grupo C la dominancia de *Halimione portulacoides* puede ser absoluta, dándose incluso ausencia total de *Sarcocornia fruticosa*. Además, en algunos lugares del área de estudio, en relación con cursos de agua más o menos temporales donde esta vegetación se ha conservado bien, se advierte claramente una banda donde la abundancia de *Sarcocornia fruticosa* es mayor, y otra, más externa con respecto al cauce, donde predomina *Halimione portulacoides* pudiendo estar ausente o ser muy escasa *Sarcocornia fruticosa*. Una situación similar ha sido señalada, también en los saladares del Guadalentín, por Álvarez Rogel (1997).

Grupo D. Se compara con los sintáxones *Frankenio corymbosae-Halocnemum strobilacei*, *Arthrocnemum fruticosi* var. con *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum glauci-Halocnemum strobilacei*, *Arthrocnemum fruticosi* var. con *Suaeda vera*, *Arthrocnemum glauci* var. con *Halocnemum strobilaceum*, *Arthrocnemum-Aeluropetum lagopoidis*, *Puccinellio convolutae-Arthrocnemum glauci halocnemetosum strobilacei*, *Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum perennis* var. con *H. strobilaceum*, *Puccinellio festuciformis-*

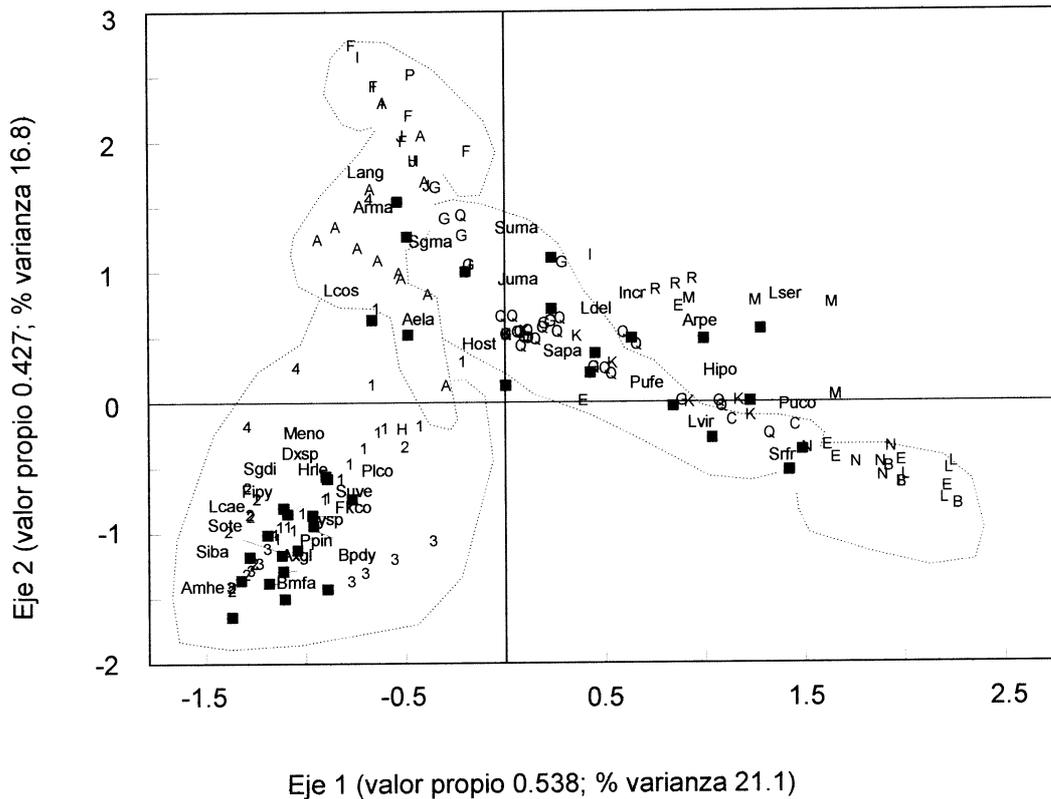


Figura 5. Posiciones de u.m. y especies en el plano definido por los dos primeros ejes de un análisis de correspondencias realizado con 38 u.m. del grupo D (subgrupos D1, D2, D3 y D4, representados respectivamente por su número) y 124 inventarios de asociaciones con presencia significativa de *Halocnemum strobilaceum*. Para abreviaturas de especies ver Apéndice 2. A: Frankenio corymbosae-*Halocnemum strobilaceum*; B, L, N: *Arthrocnemum fruticosum* var. con *Halocnemum strobilaceum*; C, G, J, K, Q: *Arthrocnemum glauci*-*Halocnemum strobilaceum*; E: *Arthrocnemum fruticosum* (var. con *Halocnemum strobilaceum* y var. con *Suaeda vera*); F: *Arthrocnemum glauci* var. con *Halocnemum strobilaceum*; H: *Arthrocnemum-Aeluropetum lagopoidis*; I: *Puccinellio convolutae*-*Arthrocnemum glauci* *halocnemetosum strobilaceum*; M: *Puccinellio festuciformis*-*Arthrocnemum perennis* var. con *Halocnemum strobilaceum*; P: *Puccinellio festuciformis*-*Arthrocnemum glauci* s.ass. con *Halocnemum strobilaceum*; R: *Arthrocnemum perennis* var. con *Halocnemum strobilaceum*. Procedencia (países) de los inventarios: A: SE de España; B, C: Italia; E, F, G, H, R: Túnez; I, J: Chipre; K, L: Turquía; M, N, P, Q: Grecia.

Figure 5. Species and sample positions along the first two axes of a Correspondence Analysis performed with 38 samples of group D (subgroups D1, D2, D3, D4 represented respectively by its number) and 124 relevés of associations with significant presence of *Halocnemum strobilaceum*. See Appendix 2 for species abbreviations. A: Frankenio corymbosae-*Halocnemum strobilaceum*; B, L, N: *Arthrocnemum fruticosum* var. with *Halocnemum strobilaceum*; C, G, J, K, Q: *Arthrocnemum glauci*-*Halocnemum strobilaceum*; E: *Arthrocnemum fruticosum* (var. with *Halocnemum strobilaceum* and var. with *Suaeda vera*); F: *Arthrocnemum glauci* var. with *Halocnemum strobilaceum*; H: *Arthrocnemum-Aeluropetum lagopoidis*; I: *Puccinellio convolutae*-*Arthrocnemum glauci* *halocnemetosum strobilaceum*; M: *Puccinellio festuciformis*-*Arthrocnemum perennis* var. with *Halocnemum strobilaceum*; P: *Puccinellio festuciformis*-*Arthrocnemum glauci* s.ass. with *Halocnemum strobilaceum*; R: *Arthrocnemum perennis* var. with *Halocnemum strobilaceum*. Provenience (countries) of relevés: A: SE Spain; B, C: Italy; E, F, G, H, R: Tunisia; I, J: Cyprus; K, L: Turkey; M, N, P, Q: Greece.

Arthrocnemum glauci subsp. con *H. strobilaceum* y *Arthrocnemum perennis* var. con *H. strobilaceum* (Apéndice 1).

El diagrama de ordenación (CA) constituye la Figura 5. Los inventarios de *Arthrocnemum*-*Halocnemum* ocupan la parte central. En tanto que las especies asociadas con *Halocnemum* van cobrando mayor importancia, las posiciones de u.m. o inventarios se alejan del centro. La mayoría de las u.m. de los saladares del Guadalentín (grupo D) permanecen en el cuadrante definido por la región negativa de ambos ejes, bien separadas de la mayoría de los inventarios, siendo las u.m. de los subgrupos D2 y D3 las más alejadas del centro; sin embargo, las del subgrupo D4 (con *Arthrocnemum macrostachyum*) están en la región positiva del eje 2 o cerca de ella.

Los dos primeros ejes del análisis de correspondencias pueden relacionarse, al menos parcialmente, con humedad y salinidad, dándose un aumento de humedad hacia el extremo positivo del eje 1 y un cierto aumento de salinidad a lo largo del eje 2.

Los resultados de la comparación mediante el CCA se presentan en la Tabla 4. No se han incluido en el análisis los dos inventarios de *Arthrocnemum-Aeluropetum lagopoidis* porque la especie dominante es *Aeluropus lagopoides* (L.) Trin. ex Thw. y sólo hay dos inventarios de la asociación.

El grupo D se diferencia netamente, en el ámbito del análisis efectuado, de las asociaciones con las que se compara: en todos los casos la varianza adicional que se explica, al dis-

criminar entre el grupo **D** y la asociación correspondiente, es significativa. Los valores más pequeños, 0.13 y 0.12, que se obtienen con *Arthrocnemum glauci* y *Puccinellio-Arthrocnemum glauci* (variedades con *H. strobilaceum*), se pueden atribuir al escaso número de u.m. con que están representadas esas comunidades, y consideramos que, dentro de las diferencias, la mayor similitud se presenta con *Frankenio-Halocnemum strobilacei*.

Las distintas asociaciones utilizadas en la comparación también se separan bastante bien entre ellas, excepto en dos casos: por una parte, *Puccinellio-Arthrocnemum glauci* y *Arthrocnemum glauci* (varianza adicional 0.01, $p > 0.1$), y por otra, *Puccinellio-Arthrocnemum perennis* y *Arthrocnemum perennis* (varianza adicional 0.02; $0.01 < p < 0.05$); lo cual no es de extrañar.

De todas estas asociaciones, las que realmente manifiestan una dominancia de *Halocnemum* (y no sólo presencia significativa) son *Frankenio corymbosae-Halocnemum strobilacei* y *Arthrocnemo-Halocnemum strobilacei*. Algunos rasgos del grupo **D** que lo diferencian de estas dos son la menor abundancia (en promedio) de *Halocnemum* y la mayor abundancia y frecuencia de especies menos halófilas, tanto perennes como anuales: *Limonium caesium*, *Frankenia corymbosa*, *Suaeda vera*, *Parapholis incurva* (L.) C.E. Hubb., *Mesembryanthemum nodiflorum* L. En este sentido, **D1** (por la mayor abundancia de *Halocnemum*) y **D4** (por la presencia de *Arthrocnemum macrostachyum*) se relacionan más con las dos asociaciones antes mencionadas, mientras **D2** y **D3** están más alejadas.

Para algunos autores (Géhu et al. 1986), sólo hay una asociación con dominancia de *Halocnemum* en la región mediterránea (*Arthrocnemo-Halocnemum*), y las diferentes asociaciones propuestas para varios países, entre ellos España, surgen de una interpretación errónea de las relaciones entre *Halocnemum* y algunos terófitos. En nuestro caso, parece claro que las diferencias en composición específica no se deben sólo, ni siquiera mayoritariamente, a los terófitos. Por otra parte, estudios sobre las relaciones entre *Halocnemum* y terófitos podrían poner de manifiesto interacciones de facilitación, o incluso de interferencia, como se ha hecho con una especie parecida, *Arthrocnemum subterminale* (Parish) Standl. (Callaway 1994); ello se interpretaría mejor considerando a *Halocnemum* y terófitos en la misma comunidad, y no separadamente. Por último, quizá habría que considerar más en profundidad las relaciones entre *Halocnemum* y *Arthrocnemum macrostachyum*, pues —dejando al margen otras especies— hay toda una gradación desde la dominancia absoluta de *Halocnemum*, con ausencia de *A. macrostachyum*, hasta la abundancia similar de las dos especies o algo mayor de *A. macrostachyum*; a partir de ahí se iría llegando a las asociaciones como *Arthrocnemum glauci* var. con *H. strobilaceum* (u otras del mismo tipo). Wolff (1968), que describe en Grecia un *Salicornio-Halocnemum* al que considera distinto del *Arthrocnemo-Halocnemum* definido por Oberdorfer (1952), sostiene

que la relación entre *Arthrocnemum macrostachyum* y *Halocnemum strobilaceum* es mutuamente excluyente, encontrándose la primera en niveles superiores que *Halocnemum*.

Discusión general

El presente estudio no es un trabajo fitosociológico, y no es objeto del mismo discutir la validez general de las distintas asociaciones descritas en los saladares mediterráneos, aunque sí su aplicabilidad a los saladares del Guadalentín. Ha habido (y probablemente seguirá habiendo) controversias sobre la adecuación o los inconvenientes generales del método fitosociológico (ver, por ejemplo, Blanco Castro et al. 1997, Loidi 1998). Incluso para una vegetación supuestamente bien conocida, como la de los saladares de Europa occidental, las diferencias de criterio entre autores han llevado a proponer sistemas de clasificación notablemente distintos, como los de Beefink, Rivas Martínez y Géhu (Bueno Sánchez 1997). Con todo, es indudable la importancia del método fitosociológico para la descripción y caracterización de comunidades vegetales (sobre todo en Europa), y en particular comunidades halófilas, ampliamente estudiadas desde el punto de vista señalado. En este sentido, creemos que tiene interés el comparar los grupos de vegetación obtenidos mediante nuestra clasificación con los sintáxones que se consideran relacionados, y ello a pesar del distinto ámbito geográfico de aplicación de ambas clasificaciones. Los grupos de vegetación de nuestra clasificación sólo son de los saladares del Guadalentín; las asociaciones con las que se comparan son de áreas más amplias, aunque hay grandes diferencias entre unas y otras: mientras unas se restringen al sureste ibérico (como *Limonium caesium-Lygeetum sparti*), otras se extienden por casi todo el Mediterráneo (como *Arthrocnemo glauci-Halocnemum strobilacei*); de todas formas, aunque eso haya que tenerlo en cuenta en la interpretación, no es ningún inconveniente para la comparación.

En general, la correspondencia entre nuestros grupos de vegetación y los sintáxones relacionados no es buena, lo que se hace especialmente manifiesto en el caso del grupo **B** (sin **Ba**), y algo menos en **D**. Varias circunstancias pueden contribuir a esta situación:

En primer lugar, los saladares del Guadalentín no son saladares «típicos», como muchos de los costeros; presentan condiciones más secas y estépicas, y consecuentemente menor cobertura, incluso en las especies dominantes, que muchos de los saladares de los que proceden los inventarios analizados. Interpretándolo en términos de la teoría del continuum (Gauch & Whittaker 1972), podemos decir que en estos saladares se expresan partes del gradiente complejo ambiental que no aparecen en otros.

En segundo lugar, hay varias especies que son muy abundantes en el área de estudio, pero escasas o ausentes en otras estepas salinas y saladares mediterráneos. Algunas son espe-

cies que se ven favorecidas por el ciclo de cultivo, abandono y recuperación de la vegetación, como *Suaeda vera* o *Suaeda pruinoso*; otras son especies endémicas del sureste ibérico (*Limonium caesium*) o iberoafricanismos (*Limonium cossonianum*, *Frankenia corymbosa*,...).

Por último, los cambios de vegetación afectan marcadamente a las comunidades vegetales de los saladares del Guadalentín. Por un lado está la dinámica de regeneración que sigue al abandono de cultivos. Pero por otro lado están los importantes cambios de vegetación (sucesión alogénica) que han ocurrido y continúan ocurriendo en numerosas partes del área de estudio, con sustitución de comunidades, como las del grupo D y las del subgrupo Ba que se ven reemplazadas por otras formaciones del grupo B menos halófilas.

Hay diferencias importantes, relativas a los métodos de muestreo, entre nuestras u.m. y los inventarios fitosociológicos: cobertura lineal frente a estimación visual de la cobertura, muestreo sistemático frente a selectivo. Pero no constituyen un obstáculo para la comparación mediante métodos multivariantes. Considerando el tamaño de la parcela de muestreo utilizada por nosotros (9 m²), habiendo constatado la homogeneidad visual de las u.m. tomadas (excepto en tres casos que se eliminaron de la clasificación) y teniendo también en cuenta el hecho de que el número de u.m. en cada grupo es relativamente alto, no pueden atribuirse las diferencias entre los grupos de vegetación y las asociaciones a heterogeneidad en las u.m.. Por otra parte, los inventarios de una asociación, aunque tomados en localidades concretas, se extienden sobre áreas más o menos extensas, pero siempre mucho mayores que nuestra zona de estudio, con lo que se da un cierto cambio de escala; la homogeneidad florística de una asociación es notablemente mayor si se estudia en una sola localidad que si se hace en toda su amplitud geográfica (Neuhäusl 1977).

Se puede plantear la adecuación del análisis de correspondencias canónicas, tal como se ha empleado, para comparar los grupos de vegetación con los sintáxones. El hecho de que se explique una varianza adicional significativa al discriminar entre un grupo y otro debe entenderse e interpretarse teniendo en cuenta, entre otras cosas, que la varianza total depende del conjunto de datos, y el que una cierta varianza sea significativa o no depende (en parte) de la proporción de varianza total que represente. Si se comparan en un mismo análisis grupos muy distintos, las diferencias entre grupos más próximos pueden quedar enmascaradas. Esto ha tratado de evitarse analizando los distintos grupos (incluso algún subgrupo) por separado. El que, en varias ocasiones, las diferencias de un grupo de nuestra clasificación con una asociación sean más claras que las diferencias entre dos asociaciones próximas apoya la idea de que las diferencias son fundadas, y no un mero constructo del análisis.

¿Cómo se debe interpretar una diferencia significativa entre un grupo y una asociación? Una posible interpretación llevaría a considerar al grupo y a la asociación como netamente

distintos, no pudiendo vincularse uno a otra. Otra posible interpretación llevaría a la idea de que el grupo se puede vincular a la asociación, pero, dentro del rango de variación de la misma, representa una determinada forma, asociada a condiciones locales o particulares; puede ser el caso del subgrupo Ba con Frankenio-Arthrocnemum macrostachyi. Pero esto pone de manifiesto que, cuando se plantea el estudio de comunidades vegetales en una determinada localidad o en unas condiciones particulares, las descripciones en el nivel de asociación son insuficientes. Por supuesto, no se puede pretender que se cree una asociación para cada comunidad local con sus condiciones particulares, pues se llegaría a una «superinflación taxonómica» (Loidi 1998) y se perdería el valor descriptivo y generalizador de las asociaciones, pero hay que tener presente que la variación intra-asociación (o intra-subasociación) puede ser ecológicamente muy relevante; eso implica también dificultad para extrapolar valores de parámetros ambientales de una representación a otra de la misma asociación. Es obvio que las dos interpretaciones señaladas antes no son las únicas posibles; además, entre ellas caben situaciones intermedias, como podría ocurrir con el grupo C y Cistancho-Arthrocnemum fruticoso, pues numerosas u.m. del grupo C pueden caer dentro del rango de variación de la asociación, pero otras se apartan por la ausencia o escasez de *Sarcocornia fruticosa* y la dominancia de *Halimione portulacoides*. Los diagramas de ordenación (CA) constituyen una ayuda útil para estas interpretaciones, completando parcialmente la información proporcionada por el CCA.

Agradecimientos

Los autores agradecen a dos revisores anónimos sus sugerencias e indicaciones, que contribuyeron a mejorar el texto.

Referencias

- Alcaraz F. 1984. Flora y Vegetación del NE de Murcia. Murcia: Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Alcaraz F, Sánchez-Gómez P, de la Torre A, Ríos S & Álvarez J. 1991. Datos sobre la vegetación de Murcia (España). Murcia: DM-PPU.
- Álvarez Rogel J. 1997. Relaciones suelo-vegetación en saladares del sureste de España. Murcia: Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- Bassett PA. 1978. The vegetation of a Camargue pasture. *Journal of Ecology* 66: 803-827.
- Blanco Castro E. et al. 1996. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Barcelona: Ed. Planeta.
- Bueno Sánchez A. 1997. Flora y vegetación de los estuarios asturianos. Oviedo: Principado de Asturias, Consejería de Agricultura.
- Caballero JM. 1999. Vegetación de los saladares del Guadalentín (SE Ibérico): estructura y dinámica. Murcia: Tesis doctoral, Universidad de Murcia.

- Caballero JM, Calvo JF, Esteve MA, Nicolás E & Robledano F. 1996. Saladares del Guadalentín, Spain. In *Managements of Mediterranean Wetlands* (Morillo C & González JL, eds.). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, pp. 109-127.
- Caballero JM, Esteve MA, Calvo JF & Pujol JA. 1994. Estructura de la vegetación de los saladares del Guadalentín (Región de Murcia). *Studia Oecologica* 10-11: 171-183.
- Callaway RM. 1994. Facilitative and interfering effects of *Arthrocnemum subterminale* on winter annuals. *Ecology* 75: 681-686.
- Castroviejo S et al. 1986-2000. *Flora iberica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*, vols. I-VIII. Madrid: Real Jardín Botánico, C.S.I.C.
- Chapman VJ. 1974. Salt marshes and salt deserts of the world. *Lehre: J. Cramer*.
- Costa M & Boira H. 1981. La vegetación costera valenciana: los saladares. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 38: 233-244.
- Erben M. 1989. Bemerkungen zur Taxonomie der Gattung *Limonium*. V. *Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München* 28: 313-417.
- Ferrari C, Gerdol R & Piccoli F. 1985. The halophilous vegetation of the Po Delta (northern Italy). *Vegetatio* 61: 5-14.
- Gauch HG & Whittaker RH. 1972. Coenocline simulation. *Ecology* 53: 446-451.
- Géhu JM, Biondi E, Géhu-Franck J & Arnold-Apostolides N. 1986. Données synsystematiques et synchorologiques sur la végétation du littoral sédimentaire de la Grèce continentale. *Documents Phytosociologiques* 10: 43-92.
- Géhu JM, Costa M, Biondi E, Peris J-B & Arnold N. 1984c. Données sur la végétation maritime des côtes meridionales de l'Île de Chypre (plages, dunes, lacs salées et falaises). *Documents Phytosociologiques* 8: 343-363.
- Géhu JM, Costa M, Scoppola A, et al. 1984b. Essai synsystematique et synchorologique sur les végétations littorales italiennes dans un but conservatoire. *Documents Phytosociologiques* 8: 393-474.
- Géhu JM & Géhu-Franck J. 1991. Données synsystematiques et synchorologiques sur la végétation du littoral Tunisien de Bizerte a Gabes. II. La végétation halophile. *Documents Phytosociologiques* 13: 297-315.
- Géhu JM, Scoppola A, Caniglia G, Marchiori S. & Géhu-Franck J. 1984a. Les systèmes végétaux de la côte Nord-Adriatique italienne, leur originalité à l'échelle européenne. *Documents Phytosociologiques* 8: 485-558.
- Géhu JM & Uslu T. 1989. Données sur la végétation littorale de la Turquie du Nord-Ouest. *Phytocoenologia* 17: 449-505.
- Kaabeche M, Gharzouli R & Géhu JM. 1995. Observations phytosociologiques sur le Tell et les Hautes-Plaines de Sétif (Algérie). *Documents Phytosociologique* 15: 117-125.
- Kortekaas WM, van der Maarel, E & Beeftink WG. 1976. A numerical classification of European *Spartina* communities. *Vegetatio* 33: 51-60.
- Llorens L. 1986. La vegetación de los saladares de la isla de Formentera (Baleares). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 42: 469-479.
- Loidi J. 1998. Sobre "Los bosques ibéricos". *Lazaroa* 19: 183-188.
- Neuhäusl R. 1977. Delimitation and ranking of floristic-sociological units on the basis of relevé similarity. *Vegetatio* 35: 115-122.
- Oberdorfer E. 1952. Beitrag zur Kenntnis der nordägäischen Küstenvegetation. *Vegetatio* 3: 329-349.
- Peinado M, Alcaraz F & Martínez-Parras JM. 1992. Vegetation of Southeastern Spain. *Flora et Vegetatio Mundi*, Band X. Berlin: J. Cramer.
- Pérez Badía MR. 1997. Flora vascular y vegetación de la comarca de la Marina Alta (Alicante). Alicante: Instituto de Cultura "Juan Gil-Albert".
- Rivas Martínez S, Alcaraz F, Belmonte D, Canto P & Sánchez-Mata D. 1984. Contribución al conocimiento de la vegetación de los saladares del sureste de la península ibérica (*Arthrocnemion glauci*). *Documents Phytosociologiques* 8: 335-342.
- Ter Braak CJF. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector method for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Ter Braak CJF. 1988. CANOCO -a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial][detrended][canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). Wageningen: GLW.
- Ter Braak CJF. 1990. Update notes: CANOCO version 3.10. Wageningen: Agricultural Mathematics Group.
- Tutin TG et al. (eds.). 1964-1980. *Flora Europaea*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Westhoff V & van der Maarel E. 1978. The Braun-Blanquet approach. In *Classification of Plant Communities* (Whittaker RH, ed.). The Hague: Dr. W. Junk, pp. 287-399.
- Wolff WJ. 1968. The halophilous vegetation of the lagoons of Mesolonghi, Greece. *Vegetatio* 16: 95-134.

Asociaciones	Referencia	Nº inv
Atriplici glaucae-Suaedetum pruinosa	Peinado et al., 1992	6
Polygono-Suaedetum verae	Géhu et al., 1984c	5
Suaedetum verae	Géhu & Géhu-Franck, 1991	4
Comunidad de <i>Suaeda vera</i>	Kaabeche et al., 1995	3
Halimiono-Suaedetum verae	Géhu et al., 1984b	5
Frankenio corymbosae-Arthrocnemum macrostachyi	Peinado et al., 1992	10
Puccinellio convolutae-Arthrocnemum glauci	Géhu et al., 1984b Géhu et al., 1986	3
Arthrocnemum glauci	Géhu & Géhu-Franck, 1991	3
Sphenopo-Arthrocnemum glauci	Llorens, 1986	3
Limonietum caesio-supini	Peinado et al., 1992	8
Limonio caesii-Lygeetum sparti	Peinado et al., 1992	6
Limonietum angustibracteato-delicatuli	Peinado et al., 1992	10
Dactylo hispanicae-Lygeetum sparti limonietosum caesii	Alcaraz, 1984	3
Cistancho phelypaeae-Arthrocnemum fruticosi	Peinado et al., 1992	10
Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum fruticosi	Costa & Boira, 1981 Boisset, 1985 Géhu et al., 1986 Géhu et al., 1984a Géhu et al., 1984b Llorens, 1986	3 3 3 3 3 3
Arthrocnemum fruticosi	Géhu & Géhu-Franck, 1991	5
Frankenio corymbosae-Halocnemum strobilacei	Rivas Martínez et al., 1984	12
Arthrocnemum fruticosi, var. con <i>Halocnemum strobilaceum</i>	Géhu et al., 1984b Géhu & Uslu, 1989 Géhu et al., 1986 Géhu & Géhu-Franck, 1991	3 5 5 4
Arthrocnemum glauci-Halocnemum strobilacei	Géhu et al., 1984b	5
	Géhu & Géhu-Franck, 1991	19
	Géhu et al., 1984c	9
	Géhu & Uslu, 1989	14
	Géhu et al., 1986	27
Arthrocnemum fruticosi, var. con <i>Suaeda vera</i>	Géhu & Géhu-Franck, 1991	2
Arthrocnemum glauci, var. con <i>Halocnemum strobilaceum</i>	Géhu & Géhu-Franck, 1991	5
Arthrocnemum-Aeluropetum lagopoidis	Géhu & Géhu-Franck, 1991	2
Puccinellio convolutae-Arthrocnemum glauci halocnemetosum strobilacei	Géhu et al., 1984c	4
Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum perennis, var. con <i>Halocnemum strobilaceum</i>	Géhu et al., 1986	4
Puccinellio festuciformis-Arthrocnemum glauci s.ass. con <i>Halocnemum strobilaceum</i>	Géhu et al., 1986	1
Arthrocnemum perennis, var. con <i>Halocnemum strobilaceum</i>	Géhu & Géhu-Franck, 1991	3
Dactylo hispanicae-Lygeetum sparti limonietosum caesii	Alcaraz, 1984	3

Apéndice 1. Procedencia de los inventarios utilizados para comparar los grupos de vegetación de los saladares del Guadalentín con diversos sintáxones. Se indica el nombre de la asociación (subasociación, variedad), las referencias de los trabajos de los que se han tomado inventarios y el número de éstos.

Appendix 1. Origin of the relevés used to compare vegetation groups of the salt steppes of the Guadalentín with syntaxa. Name of the association (subassociation, variety), references of papers from which relevés have been taken and number of relevés are indicated.

Abar *Anabasis articulata*; Aela *Aeluropus lagopoides*; Aeli *Aeluropus littoralis*; Amhe *Artemisia herba-alba*; Apst *Astragalus horridus*; Arma *Arthrocnemum macrostachyum*; Arpe *Sarcocornia perennis*; Astr *Aster tripolium*; Axgl *Atriplex glauca*; Axhl *Atriplex halimus*; Aycn *Atractylis cancellata*; Bmfa *Bromus fasciculatus*; Bpdy *Brachypodium distachyon*; Cran *Carrichtera annua*; Dahi *Dactylis hispanica*; Dtvi *Dittrichia viscosa*; Dxsp *Diplotaxis ilorcitana*; Elel *Elymus elongatus*; Fico *Filago congesta*; Fipy *Filago pyramidata*; Fkco *Frankenia corymbosa*; Hipo *Halimione portulacoides*; Host *Halocnemum strobilaceum*; Hrle *Hordeum leporinum*; Incr *Inula crithmoides*; Juac *Juncus acutus*; Juma *Juncus maritimus*; Lang *Limonium angustebracteatum*; Lcae *Limonium caesium*; Lcos *Limonium cossonianum*; Ldel *Limonium delicatulum*; Leug *Limonium eugeniae*; Lhcr *Lophochloa cristata*; Lsan *Limonium santapolense*; Lser *Limonium serotinum*; Lsup *Limonium supinum*; Lvir *Limonium virgatum*; Lysp *Lygeum spartum*; Meno *Mesembryanthemum nodiflorum*; Moar *Moricandia arvensis*; Pasp *Pallenis spinosa*; Pimi *Piptatherum miliaceum*; Plco *Plantago coronopus*; Poeq *Polygonum equisetiforme*; Ppfi *Parapholis filiformis*; Ppin *Parapholis incurva*; Prau *Phragmites australis*; Puco *Puccinellia convoluta*; Pufe *Puccinellia festuciformis*; Sapa *Salicornia patula*; Sara *Salicornia ramosissima*; Sbpv *Sporobolus pungens*; Sese *Sedum sediforme*; Sgdi *Spergularia diandra*; Sgma *Spergularia marina*; Siba *Schismus barbatus*; Sote *Sonchus tenerrimus*; Spdi *Sphenopus divaricatus*; Srfr *Sarcocornia fruticosa*; Stca *Stipa capensis*; Stpa *Stipa parviflora*; Suma *Suaeda maritima*; Supr *Suaeda pruinosa*; Suve *Suaeda vera*; Taca *Tamarix canariensis*; Tyhi *Thymelaea hirsuta*.

Apéndice 2. Abreviaturas de especies.

Appendix 2. Species abbreviations.