

Variación de la vegetación por efecto de la eutrofización en suelos silíceos

ESTANISLAO LUIS CALABUIG (*), JOSÉ MANUEL GÓMEZ GUTIÉRREZ (*)
y ÁNGEL GIL CRIADO (**)

RESUMEN

En este trabajo se ofrece un resumen de los resultados obtenidos en el estudio de las posibles variaciones inducidas en la vegetación de los pastizales semiáridos de la zona silícea del centro-oeste español, según un gradiente de eutrofización.

Este trabajo se ha realizado utilizando la técnica matemática del análisis factorial de correspondencias para la ordenación de la vegetación automáticamente, partiendo de datos cuantitativos de densidad de especies en el pastizal.

INTRODUCCIÓN

La tipificación de las comunidades vegetales, sus relaciones con los factores abióticos del medio y la estructura de las mismas ha sido desde hace tiempo objeto de intensa actividad para los investigadores. La metodología utilizada tiene como meta la descripción y clasificación de las comunidades con la mayor aproximación posible y no cabe duda de que los métodos han sido muchos y cada vez más precisos y objetivos.

Las técnicas numéricas usadas actualmente para la determinación de grupos fitosociológicos, basados en el concepto de afinidad, han proliferado, impulsados por la necesidad de obtener mayor cantidad de información que se ajustara a una realidad, reflejada de forma asequible para las limitaciones de la mente humana y que permitiera su utilización, aún sin pasar de mera caricatura de la realidad, pero sin producir graves desvíos secuenciales.

El estudio de fitocenosis por medio de métodos matemáticos, como el análisis diferencial o el análisis factorial, han sido ampliamente comentados

(*) Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca. C.S.I.C.

(**) Centro de Cálculo Electrónico del C.S.I.C. Madrid.

y criticados [DAGNELIE (1), GOUNOT (6) y GUINOCHET (7)]. Asimismo existen ya numerosos trabajos que han puesto de manifiesto la utilidad conceptual y práctica de estos métodos [YARRANTON (9), GARCÍA NOVO (4), DE NICOLÁS y col. (2), DÍAZ PINEDA (3), etc.], en la clasificación de comunidades vegetales e interacciones con los factores abióticos del medio, de una forma totalmente objetiva.

En esta comunicación se hace un resumen de los resultados obtenidos en el estudio de las posibles variaciones, inducidas en la vegetación de los pastizales semiáridos de la zona silíceo del centro-oeste español según un gradiente de eutrofización.

El trabajo se ha realizado utilizando técnicas matemáticas de análisis factorial, para ordenar automáticamente la vegetación.

Se parte para el estudio de datos cuantitativos de densidad de especies, expresada en número de individuos por 0,25 m.², obtenidos de 20 lugares representativos de una amplia gama de los pastizales de la zona mediante un muestreo aleatorio.

El total de especies presentes al realizar el estudio fue de 191. Por exigencias del programa hubo que reducir este número a 94 especies. El criterio de selección, en un ensayo previo, consistió en eliminar aquellas especies poco frecuentes en el pastizal, a la vez que sus valores de densidad y cobertura herbácea eran bajos.

En la tabla I se encuentran todos los valores logrados en el muestreo en forma matricial. Cada elemento de esta matriz representa la densidad media de cada una de las especies (situadas en filas) en las parcelas (situadas en columnas). Los números de las especies se corresponden con los del cuadro I, donde se indica el nombre de cada una de ellas.

Se ha utilizado como base de estudio en la ordenación de la vegetación el análisis factorial de correspondencias, cuyo procedimiento de cálculo está basado en una matriz de tipo probabilístico, tal como la frecuencia de aparición de una determinada especie en una parcela.

Esta técnica de análisis factorial tiene la ventaja de obtener la representación simultánea de parcelas y especies en el espacio de los componentes, de forma que cada parcela sea explicada como centro de gravedad de las especies que la definen. Puede revisarse con más detalle este método de análisis en los trabajos de ROMANE (8), GUINOCHET (7), GIL CRIADO y col. (5), etc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los dos primeros ejes extraídos en el análisis los valores propios y sus porcentajes correspondientes resultan ser los siguientes:

E J E S	Valor propio	%
I	0,735	19,54
II	0,515	13,69
Total acumulado		33,23

TABLA NUM. 1

MATRIZ DE VALO

ESPECIE NUM.	PARCELA									
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	
1	74,50	148,12	160,75	120,00	68,87	—	387,50	91,87	105,60	
2	6,25	37,37	19,25	53,75	71,12	17,50	75,00	27,25	74,00	
3	13,50	1,50	103,50	6,87	45,75	30,25	10,00	12,25	5,25	
4	14,17	0,50	593,75	130,00	20,37	63,75	98,75	450,00	8,00	
5	—	0,12	0,50	0,50	2,37	—	0,25	0,62	0,12	
6	1,12	0,37	65,00	27,50	54,12	0,25	5,25	4,87	—	
7	18,37	2,87	4,37	1,75	1,00	—	0,12	0,50	—	
8	3,00	22,87	1,37	4,00	1,75	—	—	1,00	7,62	
9	6,42	1,62	42,87	0,12	5,75	10,12	—	0,25	7,00	
10	—	0,87	—	5,75	0,62	16,75	6,62	0,87	1,12	
11	1,20	2,12	—	0,62	0,37	21,50	3,37	4,87	68,87	
12	—	4,75	6,37	1,75	1,50	0,62	11,87	—	17,12	
13	—	5,37	64,50	181,25	31,87	8,25	218,75	1,75	—	
14	0,25	—	207,75	—	—	3,50	40,25	4,50	14,25	
15	—	0,37	—	1,87	—	2,37	—	1,75	0,12	
16	—	0,37	101,75	20,00	57,37	—	—	—	20,87	
17	42,12	—	2,75	—	—	1,12	1,00	48,75	8,12	
18	0,12	5,37	—	1,12	—	1,37	11,50	—	15,75	
19	0,62	2,37	—	33,25	53,25	—	—	6,37	—	
20	1,23	—	—	0,25	0,75	—	11,00	31,25	2,50	
21	4,35	0,12	2,50	0,62	—	0,12	—	1,62	6,87	
22	23,50	—	—	0,75	—	73,12	2,12	11,12	1,75	
23	6,75	15,25	31,62	6,50	9,37	—	—	6,00	0,25	
24	—	3,25	7,50	—	2,00	—	—	—	0,37	
25	0,87	1,25	—	2,25	—	0,12	—	—	0,87	
26	—	17,75	—	3,87	0,87	—	—	—	2,12	
27	—	2,00	—	6,00	—	36,25	—	—	34,50	
28	—	—	0,12	—	—	12,25	5,12	0,12	0,37	
29	—	—	—	3,50	—	6,25	38,50	0,25	0,25	
30	—	—	—	—	16,62	—	—	—	0,12	
31	0,12	—	—	—	—	—	1,75	2,12	4,75	
32	0,12	1,37	—	9,25	0,37	—	—	—	5,00	
33	—	18,25	—	16,12	—	—	0,12	—	10,37	
34	46,87	—	—	—	11,50	—	2,25	0,50	—	
35	—	0,62	—	—	—	61,00	0,25	—	5,62	
36	49,50	—	2,75	—	—	3,12	—	1,00	—	
37	—	0,62	—	—	—	—	—	0,87	—	
38	—	0,25	—	—	1,25	0,50	—	—	1,00	
39	—	0,12	—	0,25	—	—	—	—	2,00	
40	—	0,25	—	0,12	5,12	—	—	—	1,50	
41	—	—	—	1,50	—	1,00	—	—	2,75	
42	—	—	—	0,37	—	—	—	—	0,87	
43	—	—	—	4,62	—	0,37	—	—	—	
44	—	—	—	—	26,50	—	—	1,62	—	
45	—	—	—	—	3,87	—	17,50	91,87	—	
46	0,12	—	—	—	—	13,50	—	—	1,12	
47	1,50	44,00	2,12	0,12	177,62	—	—	—	—	
48	0,25	0,12	0,25	0,62	—	—	—	—	—	
49	—	0,62	—	—	—	18,62	1,87	—	0,12	
50	—	0,37	0,25	—	—	—	—	—	—	

RES DE DENSIDAD

PARCELA										
12	13	14	20	21	22	23	24	25	26	27
34,37	—	0,27	307,50	270,00	65,00	850,00	44,50	493,75	146,87	206,25
15,00	—	—	2,37	26,87	4,12	1,37	14,62	20,62	16,75	76,62
22,25	0,25	—	19,50	0,87	5,12	—	4,50	0,75	49,00	33,75
621,25	—	—	715,50	—	14,37	195,00	26,25	11,37	82,62	22,37
0,50	—	1,00	0,12	0,12	4,12	0,12	0,62	3,00	0,50	1,62
386,87	1,75	2,00	186,75	0,50	—	—	0,37	—	6,25	7,75
1,50	1,25	19,37	58,37	0,37	—	0,37	—	2,00	1,25	—
12,25	0,62	4,00	21,87	7,00	7,87	—	—	0,62	—	10,37
5,62	—	0,25	7,37	5,50	—	—	—	—	5,87	6,12
0,62	15,37	62,87	—	4,25	7,50	—	1,87	—	0,75	8,37
—	—	—	0,75	41,62	0,75	0,75	0,37	—	0,12	3,62
—	—	—	—	0,12	6,25	01,37	6,00	13,00	2,25	6,12
—	—	—	—	9,87	77,50	170,75	25,37	314,37	113,12	181,25
—	32,75	44,00	—	7,00	—	42,75	—	20,00	7,12	66,25
—	0,37	1,37	—	0,12	0,25	—	0,50	0,12	0,50	1,62
141,37	0,25	—	215,50	4,12	0,75	—	—	1,00	0,62	0,75
—	—	—	3,00	—	0,50	—	4,00	0,12	0,25	0,62
0,12	—	—	1,00	4,50	—	—	1,25	—	0,12	13,62
1,12	0,25	3,37	7,37	—	3,50	—	5,12	—	2,50	—
0,87	—	—	38,37	—	—	14,62	0,12	—	9,37	—
—	—	—	2,00	6,37	—	—	2,25	—	0,12	—
3,87	—	—	—	4,00	—	—	115,75	—	2,50	3,25
6,62	—	—	—	—	4,37	—	—	0,87	16,00	—
7,25	0,75	0,87	0,50	0,87	—	—	—	—	0,25	1,12
2,12	—	—	—	0,50	0,62	—	—	—	0,37	1,12
—	—	1,37	—	6,00	9,87	—	—	1,37	15,37	41,00
—	—	—	—	49,87	131,67	—	13,37	0,50	13,12	4,62
—	—	—	—	—	1,62	0,87	6,37	0,12	—	0,75
—	—	—	—	1,50	2,62	—	26,25	0,25	—	14,62
4,00	0,37	21,37	4,87	1,00	21,00	0,87	—	2,25	—	—
0,12	—	—	0,87	—	—	—	—	9,12	0,12	0,37
2,75	—	—	—	1,37	—	—	0,37	—	—	2,12
—	—	—	—	15,75	—	—	0,12	0,12	0,50	7,00
45,62	38,87	49,00	—	—	0,12	—	—	—	—	—
—	—	—	—	7,75	0,25	—	1,00	—	0,12	—
4,37	—	—	1,12	—	0,12	—	—	—	—	—
—	0,12	2,00	0,12	—	1,25	—	—	—	0,37	—
—	—	—	—	0,75	1,25	—	—	—	—	3,37
—	—	—	—	—	16,50	—	—	9,25	1,00	5,37
—	—	9,00	0,12	1,87	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0,50	—	0,87	0,37	—	2,25
—	—	—	—	0,25	1,00	—	1,62	0,25	—	0,75
—	—	—	—	0,37	—	0,12	0,87	—	—	0,12
—	24,37	35,00	0,37	0,12	—	—	—	—	12,75	—
—	—	—	1,37	2,62	—	225,00	—	—	3,25	—
127,87	—	—	—	—	—	—	4,62	—	0,12	0,12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,25	—	—	0,37	—	—	—	—	—
—	—	—	—	6,37	—	—	0,12	—	—	—
0,25	—	—	1,62	—	—	0,25	1,75	—	—	—

PASTOS

299

TABLA NUM. 1 (CONTINUACION)

ESPECIE NUM.	PARCELA									
	1	2	3	4	6	7	8	9	10	
51	—	—	0,12	—	—	0,12	—	0,37	—	
52	—	—	2,12	11,62	0,87	—	—	3,12	—	
53	—	—	—	—	6,12	9,87	—	—	3,37	
54	—	—	—	—	—	10,37	0,25	2,75	—	
55	—	—	—	—	—	0,87	0,37	—	0,37	
56	0,62	—	—	—	—	—	—	46,62	—	
57	—	14,87	—	—	—	—	—	—	10,00	
58	—	2,25	—	—	—	13,87	—	0,25	—	
59	—	0,25	—	25,75	—	0,12	—	—	—	
60	—	—	0,12	0,12	—	2,50	—	—	—	
61	—	—	—	—	—	0,50	0,12	—	5,62	
62	—	—	—	—	—	—	0,12	—	—	
63	—	—	—	—	—	—	—	—	5,50	
64	—	—	—	—	—	—	—	—	3,50	
65	—	—	29,50	—	—	—	—	—	—	
66	—	—	1,00	—	—	—	—	—	—	
67	—	—	0,25	—	—	—	—	—	—	
68	—	—	0,12	0,62	—	—	—	—	—	
69	—	—	—	—	2,75	—	—	—	—	
70	—	—	—	—	1,00	—	—	—	—	
71	—	—	—	—	—	3,75	—	—	6,87	
72	—	—	—	—	—	0,62	—	—	0,50	
73	—	—	—	—	—	—	34,50	11,25	—	
74	—	7,00	—	—	—	—	—	—	—	
75	—	3,37	—	—	—	0,37	—	—	—	
76	—	0,12	—	4,00	—	—	—	—	—	
77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
78	—	—	—	—	—	42,75	52,62	—	—	
79	—	—	—	—	—	0,50	—	—	—	
80	—	—	—	—	—	—	—	1,50	—	
81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
83	—	0,37	—	—	—	—	—	—	—	
84	—	—	22,87	—	—	—	—	—	—	
85	—	—	—	—	—	22,12	1,12	—	—	
86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
90	—	—	—	4,00	—	—	—	—	—	
91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
92	—	—	—	—	—	—	—	16,50	—	
93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

PARCELA

12	13	14	20	21	22	23	24	25	26	27
0,12	—	—	—	—	0,12	—	0,87	—	—	—
—	—	—	—	—	16,37	—	2,00	—	—	—
—	—	—	—	0,25	—	—	3,75	—	1,00	—
—	—	—	—	—	4,25	—	20,25	—	—	0,75
—	—	—	—	—	4,12	—	21,75	—	—	1,50
—	9,37	17,00	0,50	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	13,00	8,00	—	—	34,50	—	—
—	—	—	—	3,50	—	—	11,25	—	—	—
19,12	—	0,25	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0,75	—	—	3,37	—	—	—
—	—	—	—	1,12	—	—	0,25	—	—	—
—	1,25	1,37	1,25	—	—	0,12	—	—	—	—
—	—	—	—	0,12	0,75	—	0,87	—	—	—
0,12	—	—	—	—	—	—	—	5,62	2,25	8,62
—	10,12	49,12	0,25	—	—	—	—	—	—	—
—	3,12	1,12	4,00	—	—	—	—	—	—	—
3,75	1,25	—	0,87	—	—	—	—	—	—	—
5,87	—	—	—	0,12	—	—	—	—	—	—
—	1,50	4,37	0,50	—	—	—	—	—	—	—
—	11,00	0,75	0,50	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	4,87	—	4,50	—	—	—
—	—	—	—	4,12	—	—	—	—	—	4,25
—	—	—	0,25	—	—	—	—	—	—	10,00
5,62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,12
—	—	—	—	25,25	—	—	—	—	—	—
—	12,37	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	0,50	13,50	—	—	0,25	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	0,37	—	—	—
—	—	—	154,37	—	—	—	1,25	—	—	—
—	170,75	5,12	—	—	—	—	—	—	—	—
—	44,00	1,00	11,00	—	—	—	—	—	—	—
—	0,25	2,12	—	—	—	23,62	—	—	—	—
—	—	—	—	8,50	—	—	—	—	—	—
6,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	61,75	2,12	—	—	—	—	—	—	—	—
—	8,62	0,25	—	—	—	—	—	—	—	—
—	30,62	6,00	—	—	—	—	—	—	—	—
—	26,25	8,37	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	14,25	—	—	0,25	—	—
—	—	—	—	—	30,75	—	16,25	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	15,62	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,37

CUADRO NUM. 1

LISTA DE ESPECIES UTILIZADAS EN EL ANALISIS

N.º	ESPECIES
1	<i>Agrostis castellana</i> B. et R.
2	<i>Trifolium striatum</i> L.
3	<i>Moenchia erecta</i> (L.) Gaertn.
4	<i>Vulpia bromoides</i> (L.) S.F. Gray.
5	<i>Hypochaeris radicata</i> L.
6	<i>Bromus mollis</i> L.
7	<i>Festuca rubra</i> L.
8	<i>Plantago lanceolata</i> L.
9	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.
10	<i>Thrinicia hispida</i> Roth.
11	<i>Trifolium glomeratum</i> L.
12	<i>Trifolium strictum</i> L.
13	<i>Anthoxanthum aristatum</i> Boiss.
14	<i>Trifolium dubium</i> Sibth.
15	<i>Thrinicia hirta</i> Roth.
16	<i>Aira caryophyllea</i> L.
17	<i>Poa bulbosa</i> L.
18	<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.
19	<i>Trifolium micranthum</i> Viv.
20	<i>Trifolium subterraneum</i> L.
21	<i>Parentucellia latifolia</i> (L.) Car.
22	<i>Aphanes microcarpa</i> (B. et R.) Rothm.
23	<i>Convolvulus arvensis</i> L.
24	<i>Phleum nodosum</i> L.
25	<i>Eryngium campestre</i> L.
26	<i>Linum bienne</i> Miller.
27	<i>Tuberaria guttata</i> (L.) Fourr.
28	<i>Ornithopus compressus</i> L.
29	<i>Ornithopus perpusillus</i> L.
30	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
31	<i>Anthemis arvensis</i> L.
32	<i>Trifolium campestre</i> Schereb.
33	<i>Galium divaricatum</i> Lam.
34	<i>Carex chaetophylla</i> Steud.
35	<i>Trifolium arvense</i> L.
36	<i>Veronica arvensis</i> L.
37	<i>Narcissus bulbocodium</i> L.
39	<i>Euphorbia exigua</i> L.
40	<i>Bellis perennis</i> L.
41	<i>Centaurea ornata</i> Willd.
42	<i>Erodium ciconium</i> (L.) L'Hér.
38	<i>Silene gallica</i> L.
43	<i>Filago minima</i> Pers.
44	<i>Gaudinia fragilis</i> (L.) P.B.
45	<i>Agrostis salmantica</i> (Lag.) Kunth.
46	<i>Hypochaeris glabra</i> L.
47	<i>Galium verum</i> L.

-
- 48 *Merendera montana* (L.) Lange.
49 *Filago germanica* L. subsp. *spatulata* (Presl) Rouy.
50 *Myosotis discolor* Pers.
51 *Scleranthus annuus* L.
52 *Anthemis nobilis* L.
53 *Periballia laevis* (Brot.) Asch. et Graebnt.
54 *Spergula arvensis* L.
55 *Teesdalia coronopifolia* (Berg.) Thell.
56 *Alopecurus pratensis* L.
57 *Prunella laciniata* (L.) L.
58 *Anthemis mixta* L.
59 *Elymus caput-medusae* L.
60 *Anthyllis lotoides* L.
61 *Vulpia ciliata* Link.
62 *Parentucellia viscosa* (L.) Caruel.
63 *Rumex angiocarpus* Murb.
64 *Carlina racemosa* L.
65 *Rhinanthus minor* L.
66 *Ranunculus bulbosus* L.
67 *Trifolium pratense* L.
68 *Conopodium capillifolium* Boiss.
69 *Cynosurus cristatus* L.
70 *Trifolium repens* L.
71 *Tolpis barbata* (L.) Gaertn.
72 *Petrorhagia prolifera* (L.) Ball. and Heywood.
73 *Trifolium parviflorum* Ehrh.
74 *Daucus carota* L.
75 *Trifolium scabrum* L.
76 *Cerastium diffusum* Pers.
77 *Lotus corniculatus* L.
78 *Holcus setiglumis* Bss. Reut.
79 *Vulpia myuros* (L.) Gmel.
80 *Hordeum secalinum* Schreb.
81 *Poa trivialis* L.
82 *Trifolium resupinatum* L.
83 *Linum gallicum* L.
84 *Arrhenatherum elatius* (L.) Var. *bulbosum* (Willd.) Koch.
85 *Brassica barrelieri* (L.) Janka.
86 *Trifolium fragiferum* L.
87 *Oenanthe fistulosa* L.
88 *Heleocharis multicaulis* Sm.
89 *Lolium perenne* L.
90 *Filago gallica* L.
91 *Evax carpetana* Lange.
92 *Trifolium ornithopodioides* L.
93 *Bromus racemosus* L.
94 *Holcus mollis* L.

Este porcentaje de la información total queda representado por el esquema de dispersión de parcelas y especies en el plano definido por estos dos ejes (fig. 1).

Teniendo en cuenta trabajos previos realizados en estas mismas parcelas (estudios cuantitativos de la vegetación mediante análisis en componentes principales, edafológicos, microclimáticos, etc.) pueden darse la siguiente explicación a la ordenación obtenida en este análisis.

El primer eje del análisis diferencia a las parcelas números 13 y 14 del resto de los pastizales. Estas parcelas presentan unas características claramente diferentes a las demás. Están asentadas sobre suelos ricos en fracciones granulométricas finas, nitrógeno y materia orgánica. Tienen mucha profundidad y gran disponibilidad de agua procedente de una capa freática. Se localizan en un valle próximo a un arroyo, sobre un suelo de gley fuertemente influenciado por aportes alóctonos de una zona caliza superior.

El contenido en CaO y el pH pueden ser las variables edáficas que mejor definan el gradiente del primer eje. Caracterizan las diferencias de estas dos parcelas asentadas sobre suelos fértiles con relación a las demás. Correlacionados los valores de estas dos variables con las coordenadas de las parcelas respecto al eje I resultan unos coeficientes de 0,96*** para CaO y de 0,81*** para el pH, ambos muy significativamente distintos de cero.

Por el contrario el resto de las parcelas están asentadas sobre suelos de tipo silíceo provenientes de rocas de naturaleza granítica o pizarrosa.

Las especies que definen a las dos primeras son típicas de prados semiagostantes, comunidades que se caracterizan por una gran cobertura herbácea, con predominio de especies perennes.

Enumeradas las características de estos pastizales, totalmente diferentes del resto y que aparecen discriminadas por el primer eje, vamos a centrarnos ahora únicamente en la variación de la vegetación de las parcelas muestreadas sobre suelos silíceos.

En relación al eje primero las parcelas se sitúan próximas al origen de coordenadas. Sin embargo, al considerar al segundo eje se dispersan a lo largo de una banda casi paralela a este eje. La situación de parcelas y especies aparece como una ordenación gradual entre los pastizales más eutróficos, con valores más negativos respecto a ese segundo eje, y los pastizales más oligotróficos, con valores más positivos. Entre ambos puede distinguirse una clara variación de posibilidades comprendidas entre los extremos opuestos, es decir, el segundo eje extraído en el análisis clasifica y ordena a las parcelas de acuerdo con el grado de eutrofización.

En la proyección sobre el plano definido por los dos primeros ejes, las especies se distribuyen según sus valores de intensidad en la variable analizada (densidad de individuos) en cada uno de los pastizales, y las parcelas se colocan en el teórico centro de gravedad, definido por la contribución relativa del conjunto de especies presentes en cada parcela. Por lo tanto, entre parcelas y especies o viceversa existe un grado de dependencia que se hace patente en la situación de ambas en el plano.

Analicemos primero el conjunto de parcelas:

Las contribuciones relativas más elevadas (tabla II-a) corresponden a las parcelas números 12, 20 y 3, todas ellas situadas en el extremo negativo. Con valores algo inferiores están 7 y 24, que se sitúan en la zona de valores más positivos.

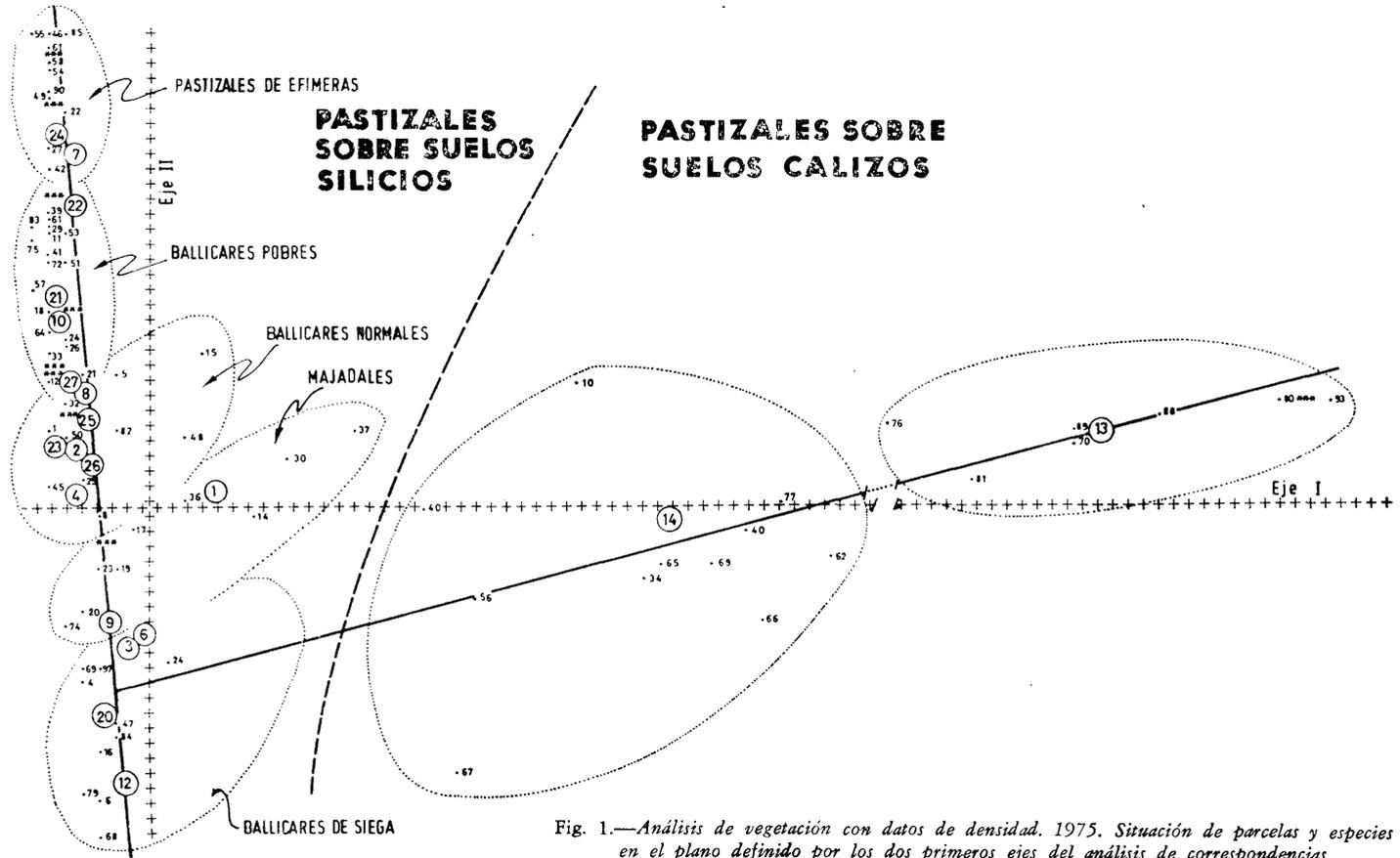


Fig. 1.—Análisis de vegetación con datos de densidad. 1975. Situación de parcelas y especies en el plano definido por los dos primeros ejes del análisis de correspondencias

Ambos grupos de parcelas definen a las comunidades de propiedades más opuestas dentro del grupo de pastizales sobre suelos silíceos. Las primeras (12, 20 y 3) son comunidades de mucha cobertura herbácea sobre suelos de vega parda que mantienen durante bastante tiempo la humedad, aunque no llega a formarse una capa freática. Son ballicares modificados por el riego temporal o aportes hídricos laterales en zonas de ladera suave, que los denominamos *ballicares de siega*. Son los más eutróficos sobre suelos silíceos.

Los del extremo opuesto (7 y 24) se caracterizan por la poca cobertura herbácea, en los que dominan terófitos de pequeña talla. Forman el grupo de pastizales más oligotróficos, asentados sobre suelos arenosos, pobres, poco profundos y que disponen de poca humedad edáfica. Son los *pastizales de efimeras*.

Entre ambos grupos de comunidades y desde los más eutróficos a los más oligotróficos se encuentran las siguientes comunidades:

Majadales: de características muy semejantes a los ballicares por ser provenientes de ellos, aunque modificados por influencias zoógenas. Son comunidades estrechamente relacionadas con el pastoreo y abonado natural del ganado que las pasta. En estos pastizales domina *Poa bulbosa*.

Ballicares: se sitúan en torno al origen de coordenadas y formando un grupo muy próximo al de los majadales. Son las comunidades de pastizal más frecuentes en la zona, caracterizadas por la abundancia de gramíneas altas. Su cobertura herbácea es casi total. La especie dominante es *Agrostis castellana*.

Entre estos *ballicares* y los pastizales más oligotróficos se sitúan un grupo de parcelas clasificadas como ballicares por tener como especie dominante la misma que el grupo anterior, pero que presentan mucha similitud en cuanto a la presencia de especies con los pastizales de efimeras. Es decir, pueden considerarse como un grupo de características intermedias a ambos. Los definimos como *ballicares pobres*.

Utilizando como variables las coordenadas respecto a los dos primeros ejes la correlación hallada para el conjunto de parcelas pertenecientes a esta línea de dispersión tienen un coeficiente de $-0,58^{***}$, significativamente distinto de cero para una probabilidad del 99%, correspondiente a la recta

$$y = -3,80x - 0,50$$

Las características edafológicas más importantes que definen esta variación gradual de las comunidades de pastizal sobre suelos silíceos en zonas semiáridas se encuentran recogidas en la tabla III.

En cuanto a las especies, solamente tres aparecen con valor de contribución relativa elevado (tabla II-b), son precisamente aquellas que se encuentran presentes con valores de densidad muy elevados en relación con el resto de las especies, en las parcelas de mayor contribución relativa para este eje, que correspondían, como ya se dijo anteriormente, con los ballicares de siega. Las tres especies son *Vulpia bromoides*, *Bromus mollis* y *Aira caryophyllea*.

Además de estas especies hay otras que por su posición en el plano y por su correspondencia pueden también definir a este tipo de comunidades. Como más importantes están:

TABLA NUM. II

CONTRIBUCIONES RELATIVAS DE PARCELAS Y ESPECIES CON RELACION A LOS DOS PRIMEROS
EJES DEL ANALISIS

PARCELA	3	7	8	10	^a		13	14	20	21	24	25	27		
Ejes:															
Primero							0,95	0,18							
Segundo	0,23	0,21	0,13	0,12	0,58				0,44	0,19	0,21	0,15	0,12		
Indicador de dependencia	2.016	4.730	1.495	2.126	3.304	10.598	4.910	2.987	1.953	4.009	1.826	1.491			
ESPECIE	.4	.6	.16	.62	^b		.70	.76	.80	.81	.86	.87	.88	.89	.93
Ejes:															
Primero				0,58	0,70	0,93	0,81	0,91	0,89	0,91	0,91	0,98	0,98	0,89	
Segundo	0,61	0,55	0,62												
Indicador de dependencia	2.637	1.978	931	80	45	266	288	4.791	1.007	1.741	244	778	652	455	

TABLA NUM. III

ANALISIS QUIMICO Y GRANULOMETRICO DE LOS SUELOS

PARCELA	24	7	22	21	10	27	8	25	23	2	26	4	1	9	6	3	20	12	14	13
pH en H ₂ O	5,0	4,7	5,5	5,9	5,0	5,4	4,9	5,3	5,1	5,5	5,8	5,2	5,2	5,0	5,2	5,4	5,4	5,3	7,5	7,4
N (%)	0,19	0,11	0,11	0,38	0,07	0,24	0,07	0,15	0,34	0,22	0,28	0,22	0,20	0,12	0,18	0,22	0,33	0,16	0,25	0,60
C/N	11,6	10,8	12,8	12,7	10,0	11,2	9,7	11,0	13,1	11,1	11,4	10,7	11,5	10,0	12,3	12,0	10,0	11,0	9,0	8,8
M.O. (%)	3,8	2,0	2,6	8,3	1,3	4,2	1,2	3,0	7,8	4,3	5,5	4,2	4,0	2,1	3,8	4,6	5,7	3,1	3,8	9,1
CaO (mg./100 g.)	23,0	25,0	15,5	12,0	51,6	80,0	45,8	56,6	63,0	163,3	193,3	116,6	103,3	66,6	163,3	166,6	150,0	80,0	446,6	880,0
P ₂ O ₅ (mg./100 g.)	1,8	1,3	2,0	1,8	1,0	2,0	1,0	1,3	2,0	1,0	2,3	1,0	3,5	1,6	1,3	1,0	2,3	1,0	4,8	7,5
K ₂ O (mg./100 g.)	11,6	8,6	11,6	40,0	4,1	21,5	4,1	8,7	14,0	11,6	15,8	13,3	59,1	37,6	10,8	9,5	13,3	26,0	9,5	24,8
Arena G. (%)	39,0	48,0	63,0	13,0	43,5	31,0	46,5	45,5	27,0	2,5	14,0	13,5	14,5	48,0	31,0	4,0	6,5	10,5	31,5	7,5
Arena F. (%)	45,8	36,3	30,0	200,0	28,5	26,0	22,0	20,0	17,0	10,0	23,0	21,5	21,0	20,0	28,8	18,5	29,5	54,5	23,5	13,0
Limo (%)	15,8	13,7	11,0	49,4	14,2	28,0	13,5	15,5	29,0	56,5	35,0	35,8	42,5	15,0	17,0	45,2	43,5	16,8	12,4	22,5
Arcilla (%)	14,0	11,0	5,0	17,7	12,3	14,0	13,0	14,0	16,8	25,0	18,0	22,5	16,0	14,6	21,0	27,6	15,5	16,0	29,0	47,8

Conopodium capillifolium.
Arrhenatherum elatius.
Galium verum.

Daucus carota.
Pbleum nodosum.
Festuca rubra.

Algunas de ellas se encuentran en cualquier otro tipo de pastizal, pero en los de siega los valores de densidad son muy superiores a los de otras comunidades.

El siguiente grupo que aparece en la trayectoria de dispersión es el mjadal. Las especies de mayor significación para definir el grupo son:

Poa bulbosa.
Trifolium subterraneum.
Trifolium ornithopodioides.

Convolvulus arvensis.
Veronica arvensis.

En el cuadrante de valores negativos para el eje I y positivos para el eje II se encuentran los ballicares y pastizales de efímeras, tanto más alejados del origen de coordenadas cuanto más pobres y menos estabilizada sea la comunidad.

Las especies que definen estos grupos son, en su mayoría, comunes a los tres tipos de pastizal que pueden establecerse por su posición ordenada en el plano (ballicares normales, ballicares pobres y pastizales de efímeras). Lo que aparece representado en el plano es una seriación de especies que van apareciendo a lo largo de la línea de dispersión, según sus valores de densidad, de tal manera que se sitúan más próximas a aquellas parcelas en que su abundancia es mayor.

Para los ballicares normales las especies de mayor correspondencia son:

Agrostis castellana.
Trifolium striatum.
Eryngium campestre.
Myosotis discolor.

Plantago lanceolata.
Moenchia erecta.
Cerastium glomeratum.

La variante de ballicar húmedo que se encuentra en zonas de depresión o pequeñas vallonadas, donde la retención de agua es más fácil, se encuentra representada por las especies situadas en la zona menos positiva, con tendencia hacia el ballicar de siega. Aparecen como representativas las especies:

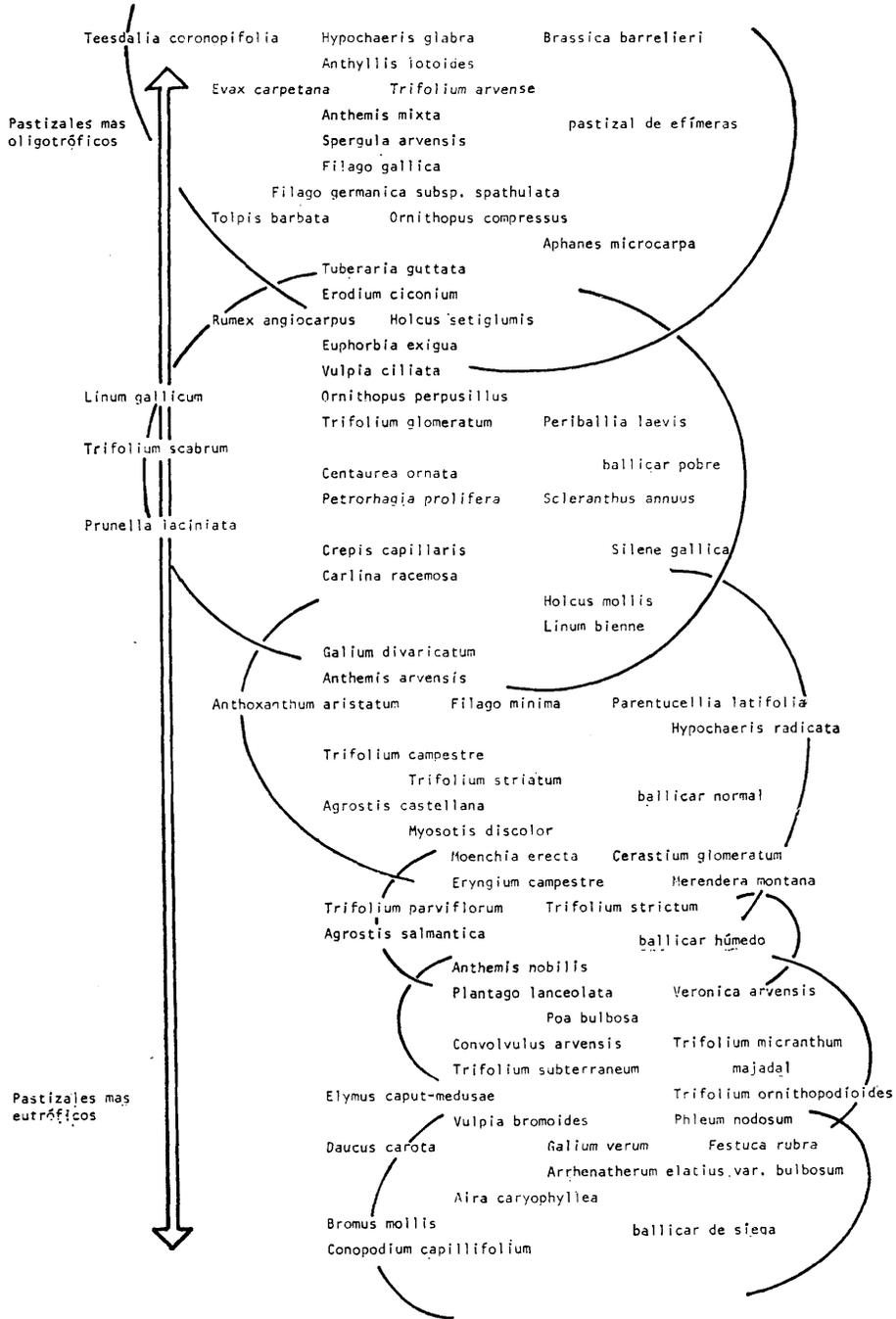
Agrostis salmantica.
Trifolium parviflorum.
Trifolium strictum.

Otro grupo bien definido en esta banda de dispersión es el formado por los ballicares más pobres, que poseen especies de los ballicares normales y de los pastizales de efímeras. Las que tienen mayor correspondencia con este tipo de pastizales son:

Crepis capillaris.
Silene gallica.
Petrorhagia prolifera.
Scleranthus annuus.
Centaurea ornata.
Linum bienne.

Trifolium scabrum.
Trifolium glomeratum.
Periballia laevis.
Ornithopus perpusillus.
Vulpia ciliata.
Holcus mollis.

CUADRO II DISPERSION DE ESPECIES EN RELACION CON EL EJE 1 DEL ANALISIS DE CORRESPONDENCIAS. (PASTIZALES SOBRE SUELOS SILICEOS).



El grupo de pastizales más oligotrofos es el de los pastizales de efímeras, que se localizan en el extremo más distal de la zona de dispersión. Las especies más próximas a las parcelas clasificadas como tales y de mayor correspondencia con ellas son:

<i>Tuberaria guttata.</i>	<i>Spergula arvensis.</i>
<i>Aphanes microcarpa.</i>	<i>Anthemis mixta.</i>
<i>Tolpis barbata.</i>	<i>Evax carpetana.</i>
<i>Ornithopus compressus.</i>	<i>Trifolium arvense.</i>
<i>Filago germanica</i> subsp.	<i>Anthyllis lotoides.</i>
— <i>spathulata.</i>	<i>Teesdalia coronopifolia.</i>
<i>Filago gallica.</i>	<i>Hypochaeris glabra.</i>

Al analizar los datos de densidad de individuos en la vegetación de pastizales, mediante la técnica de análisis factorial de correspondencias, queda, por lo tanto, perfectamente definida una trayectoria de dispersión casi paralela al segundo eje extraído en el análisis, en la que se ordenan las especies a lo largo del gradiente oligo-eutrofismo que presentamos esquematizado en el cuadro 1. En él están representados una amplia gama de tipos de pastizal asentados sobre suelos silíceos en zonas semiáridas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) DAGNELIE, P., 1960: Contribution á l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. Bull. Serv. Carte Phytogéogr. sr. B. 5: 7-71 y 93-195.
- (2) DE NICOLÁS, J.P.; MARTÍN, A., y OLIVER, S., 1972: Ordenación del "pattern" de variación de la composición mineral de poblaciones de *Trifolium pratense* y su relación con factores de hábitat. *Inv. Pesq.*, 36 (1): 43-56.
- (3) DÍAZ PINEDA, F., 1975: *Estudio numérico del matorral del área de Cercedilla y Navacerrada (Sierra de Guadarrama)*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- (4) GARCÍA NOVO, F., 1968: *Aplicación de tres diferentes métodos de análisis al estudio conjunto de la vegetación y los factores ambientales en un pasto en Rodas Viejas (Salamanca)*. Tesis doctoral. Universidad Complutense. Madrid.
- (5) GIL CRIADO, A.; LUIS CALABUIG, E., y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M., 1976: Correspondencias entre diversos factores y la distribución de la vegetación en una ladera erosionada. *An. Edaf. y Agrobiol.* (en prensa).
- (6) GOUNOT, M., 1973: *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Masson et Cie. París.
- (7) GUINOCHET, M., 1973: *Phytosociologie*. Masson et Cie. París.
- (8) ROMANE, F., 1972: Utilisation de l'analyse multivariable en Phytoécologie. *Inv. Pesq.*, 36 (1): 131-139.
- (9) YARRANTON, G.A., 1967: Principal components analysis of data from saxicolous bryophyte vegetation at Steps, Bridge, Devon. I. A quantitative assessment of variation in the vegetation. *Canad. J. Bot.*, 45: 93-115.

VARIATION IN VEGETATION DUE TO THE EUTROFICATION IN SILICIOUS SOILS

SUMMARY

In this paper we offer a summary of the results obtained from the study of the possible variations induced into the vegetation of the semiarid grazing lands of the silicious zone in the western-central region of Spain. This is based on the degree of eutrofication.

The work has been carried out according to the mathematical technique of factor analysis of correspondences for the automatic ordering of vegetation. This latter is based on the quantitative data which refer to species density of the pasture land.