deradas con gran cautela para los distintos tipos de suelo, ya que pueden inducir a errores importantes en la estimación de la erosión (FOSTER, 1982; LAFLEN, 1982).

El objetivo de este artículo es realizar un estudio de la erodibilidad de los suelos bajo pradera de la Cordillera Cantábrica, justificando la necesidad de un estudio crítico del factor K de la USLE, con el fin de adoptarlo a las condiciones de los suelos de la zona húmeda española.

Materiales y métodos

Se han estudiado 29 muestras de suelos de la Cordillera Cantábrica, cuya descripción aparece en la Tabla 1. De las 29 muestras, 19 corresponden a horizontes superficiales y 10 a horizontes subsuperficiales. Las determinaciones físicas y químicas del pH en agua, pH en ClK, porcentaje C, Fe_2O_3, Al_2O_3, Al de cambio y análisis mecánico se realizaron de acuerdo con la metodología descrita por GUITIAN y CARBALLAS (1976).

TABLA 1
DESCRIPCION DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Suelos	*Material*	*Vegetación*
953	Caliza	Brezal herbáceo
964	Dolomía	Prado permanente
975	Caliza	Brezal herbáceo
991	Arenisca	Prado permanente
992	Caliza	Brezal herbáceo
1.000	Caliza	Prado permanente
1 178	Caliza	Pastizal
1.202	Caliza	Pastizal
1.203	Arenisca	Pastizal
1.204	Arenisca	Pastizal
1.206	Margas de Keuper	Pastizal
1.207	Margas de Keuper	Pastizal
1.209	Flysch	Pastizal
1.258	Caliza	Pastizal
1.259	Cuarcitas	Pastizal
1.260	Caliza	Pastizal
1.261	Cuarcita	Pastizal
1.262	Caliza	Pastizal

La erodibilidad de los suelos se determinó mediante un simulador de lluvia, basado en el simulador de lluvia de MORIN *et al.* (1967). El aparato consta de una boquilla pulverizadora fija, dispuesta a 2 m. de la muestra y con un interceptor del flujo de caída que gira a una velocidad de 60 r.p.m. La intensidad de lluvia aplicada es de 45 mm/h., y la energía aplicada es de 11 joul/m^2 por mm. El sistema para la colocación del suelo y recogida del flujo está constituido por un tamiz de 15 cm. de diámetro y abertura de malla de 250 μ análogo al utilizado por GUITIAN y MENDEZ (1966). Rodeando el tamiz se ha colocado una superficie vertical de captación de splash de 177 cm^2. Las muestras se someten a un período de aplicación de lluvia de 30 min., midiéndose el material que pasa a través del tamiz y el recogido en la superficie vertical al final del experimento.

Resultados

Los datos del simulador de lluvia y las propiedades de las muestras estudiadas aparecen en la Tabla 2. A este conjunto se le aplicó un programa de regresión múltiple «paso a paso» BMDP 2R, con el fin de obtener un análisis de varianza, en el que se contemplasen las interacciones entre diversos componentes del suelo (porcentaje C, Fe_2O_3, Al_2O_3, Al de cambio, arena, limo, arcilla, pH en agua y pH en ClK) y las pérdidas de suelo en el simulador de lluvia. Los resultados de análisis de varianza se muestran en la Tabla 3.

A la vista de estos resultados, la materia orgánica se presenta como el componente del suelo, con el que se obtienen las mejores correlaciones, explicando un 25 por 100 de la varianza encontrada en el caso de las pérdidas de suelo en el simulador y un 35 por 100 en las pérdidas por splash. Esto concuerda con los datos aportados por muchos autores, en los que la materia orgánica aparece como el principal factor de la macroagregación (TISDALL y OADES, 1982). Resultados similares se han obtenido en estudios recientes (BENITO RUEDA *et al.*, 1985) en un conjunto de 90 suelos gallegos. En este mismo estudio se observan diferencias significativas en las pérdidas de suelo bajo lluvia simulada

TABLA 2
ANALISIS DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

Suelo	*gr/m² min.*	*splash*	*ph H_2O*	*pH ClK*	*% C*	*Fe_2O_3*	*Al_2O_3*	*Al camb.*	*2-0,2 µ*	*0,2-0,02 µ*	*0,02-0,002 µ*	*<0,002 µ*
953I	0,06	0,01	6,50	6,10	7,50	7,50	0,69	0,62	20,02	10,30	20,46	49,22
964I	1,43	0,24	7,50	6,80	—	—	—	—	16,70	10,80	38,40	34,10
964II	4,68	0,24	8,10	7,10	—	—	—	—	12,00	17,90	29,70	40,40
975I	1,72	0,18	6,30	5,80	1,50	1,50	0,36	1,45	27,10	15,80	26,90	30,20
991I	0,96	0,26	7,20	6,70	2,50	2,30	0,33	0,83	40,60	21,70	14,70	23,00
991II	2,75	0,24	7,10	6,50	1,00	2,70	0,46	0,83	40,80	19,00	16,50	23,70
992I	0,26	0,16	5,40	4,60	2,90	—	—	3,95	46,30	31,60	11,10	11,00
1.000I	0,26	0,04	6,80	6,30	6,10	3,50	0,39	0,59	15,00	6,80	38,30	39,90
1.178I	0,63	0,17	5,20	4,15	5,52	3,90	0,90	0,37	12,90	10,90	27,50	48,70
1.179I	0,48	0,08	6,15	5,55	5,82	3,90	0,90	0,37	12,90	10,90	27,50	48,70
1.179II	3,02	0,14	5,65	4,80	2,26	4,90	0,85	0,80	10,10	5,50	21,40	62,90
1.202I	0,12	0,13	7,10	6,48	11,32	3,14	1,40	0,75	9,60	36,90	19,40	34,10
1.203I	0,57	0,17	4,35	3,55	4,96	0,67	0,14	2,62	64,90	31,30	2,60	1,20

TABLA 2 (Continuación)

Suelo	*gr/m² min.*	*splash*	*ph H_2O*	*pH ClK*	*% C*	*Fe_2O_3*	*Al_2O_3*	*Al camb.*	*2-0,2 µ*	*0,2-0,02 µ*	*0,02-0,002 µ*	*<0,002 µ*
1.204I	0,48	0,10	4,67	3,50	5,48	0,15	0,05	2,37	87,40	11,30	1,30	0,00
1.204II	2,27	0,27	4,77	3,70	0,94	0,04	0,07	3,15	71,70	23,30	4,90	0,10
1.206I	0,08	0,02	4,35	3,65	14,42	4,40	0,41	5,94	13,71	43,12	23,48	19,69
1.206II	0,64	0,13	4,70	3,90	5,61	5,70	0,84	10,96	14,57	47,73	18,59	19,11
1.207I	1,13	0,19	7,35	6,80	4,27	1,70	0,26	2,10	16,92	14,97	23,24	44,87
1.207II	6,13	0,24	8,10	7,20	0,74	2,00	0,24	0,05	24,02	10,66	17,32	48,00
1.209I	1,55	0,14	6,70	5,90	3,91	3,70	0,51	1,37	6,04	16,36	31,28	46,32
1.209II	0,92	0,15	7,05	5,95	2,26	3,90	0,62	1,37	6,60	14,16	29,28	40,96
1.258I	0,18	0,14	8,10	7,10	9,52	0,32	0,60	0,50	20,25	38,28	19,93	21,54
1.259I	1,33	0,15	6,80	6,00	5,67	1,24	0,41	0,48	52,45	19,09	8,94	19,52
1.259II	3,04	0,19	6,50	6,10	2,40	1,46	0,24	0,37	20,22	57,36	10,31	12,11
1.260I	1,39	0,31	7,10	5,70	6,01	1,46	0,68	0,04	8,15	29,14	19,36	50,35
1.260II	0,90	0,08	5,90	4,80	3,85	1,49	0,50	0,75	6,16	16,45	22,96	54,43
1.261I	0,08	0,03	5,24	4,65	35,38	0,99	0,02	0,87	34,03	37,90	13,31	14,76

en función de diferentes materiales de origen. Sin embargo, en los suelos estudiados en este artículo no se aprecian diferencias significativas en las pérdidas de suelo con respecto a los materiales de partida, obteniéndose un valor medio 1,99 gr/m² min. para las Margas de Keuper, 1,75 para los suelos desarrollados sobre rocas calizas y 1,69 para los asentados sobre Cuarcitas y Areniscas.

Si se comparan los resultados obtenidos en los horizontes superficiales con respecto a los subsuperficiales, representados mediante un histograma en la Figura 1, se aprecia que en los horizontes subsuperfi-

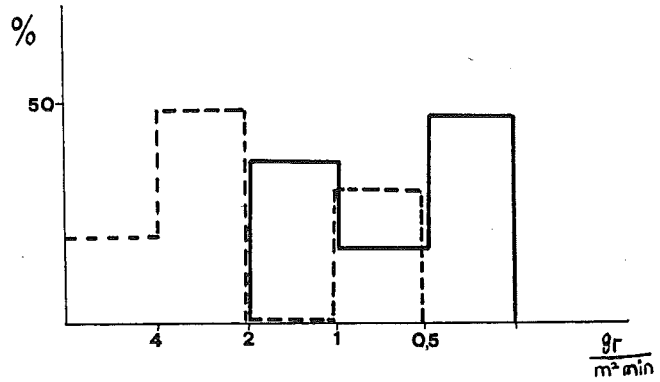

FIG. 1.—*Comparación de las pérdidas de suelo en el simulador de lluvia entre horizontes superficiales (———) y subsuperficiales (— — — —).*

ciales, con un contenido en materia orgánica muy inferior (4 por 100 de media) a los horizontes superficiales (14 por 100 de media), las pérdidas de suelo en el simulador son muy superiores, presentando el 70 por 100 de las muestras de horizontes subsuperficiales unas pérdidas entre 4-2 gr/m² min., no presentando esta situación ninguna de las muestras de horizontes superficiales.

Se determinó además el factor K de la USLE, utilizando el nomograma de WISCHMEIER *et al.* (1971), el cual requiere conocer 5 parámetros del suelo: porcentaje de arena fina más limo, porcentaje de arena gruesa, materia orgánica, estructura y permeabilidad.

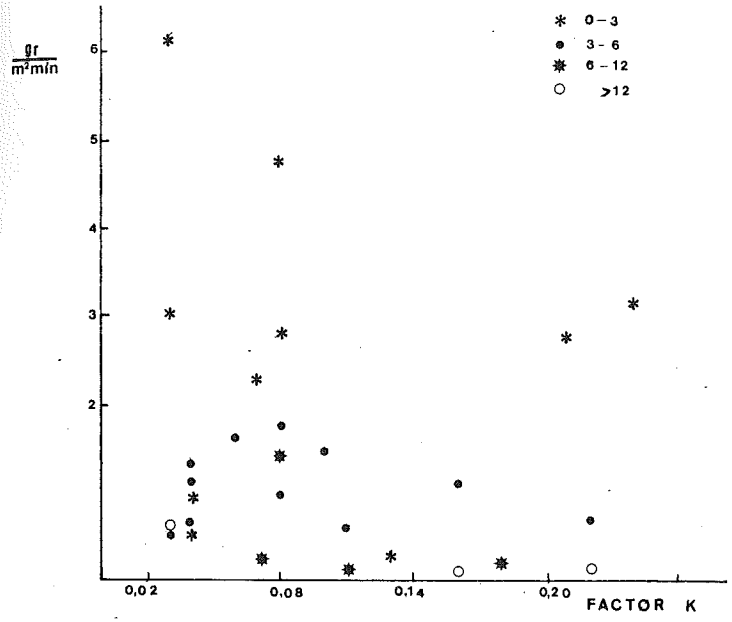

FIG. 2.—*Relación entre la erodibilidad de los suelos determinada mediante el simulador de lluvia (gr/m. min.) y el nomograma de Wischmeier (factor K), indicándose cuatro niveles de materia orgánica.*

La relación obtenida entre la erodibilidad del suelo medida en el simulador de lluvia y mediante el nomograma de WISCHMEIER *et al.* (1981) se indica en la Figura 2, en la que se han señalado distintos niveles de materia orgánica, no observándose ninguna relación entre ambos parámetros. Unicamente se aprecia una estratificación según los niveles de materia orgánica, pero que están relacionados con las pérdidas de suelo en el simulador de lluvia.

Discusión

Los resultados obtenidos en el análisis de regresión múltiple paso a paso BMDP 2R (Tabla 3), indican claramente que la materia orgánica aparece como el prin-

TABLA 3

ANALISIS DE LA VARIANZA MEDIANTE EL PROGRAMA DE REGRESION MULTIPLE BMDP 2R

	Factores	R^2	ΔR^2	*Significación*
Pérdida de suelo en el simulador	% C	0,2489	0,2489	0,01
	Al 0	0,3138	0,0649	0,025
	arcilla	0,3784	0,0646	0,025
	0,02-0,002	0,4393	0,0610	0,025
	pH ClK	0,5107	0,0714	0,01
	2-0,2	0,5561	0,0453	0,01
Splash	% C	0,3523	0,3523	0,005
	Fe 0	0,4091	0,1379	0,001
	0,2-0,02	0,5190	0,0288	0,001
	pH agua	0,5521	0,0331	0,005
	0,02-0,002	0,5900	0,0384	0,005
	0,002	0,6203	0,0298	0,005

cipal factor que controla la estabilización de los suelos de pradera de la Cordillera Cantábrica, explicando un 25 por 100 de la varianza encontrada en el caso de las pérdidas de suelo en el simulador de lluvia y un 35 por 100 en las pérdidas por splash. En segundo lugar aparecen como factores estabilizantes los sesquióxidos de Fe y Al, apreciándose, sin embargo, una diferencia en el comportamiento de ambos sesquióxidos. El Al_2O_3 intervendría reduciendo las pérdidas de suelo en el simulador, mientras que el Fe_2O_3 reduciría las pérdidas por splash, sin haber encontrado de momento una explicación válida a este comportamiento. Con relación a la textura, la fracción arcilla ejerce una acción dispersante sobre estos suelos, mientras que la fracción arena y limo actúan como factores agregantes. Estudios en progreso (BENITO RUEDA *et al.*, 1985) sobre la estabilidad estructural de los suelos gallegos, ponen en evidencia, similarmente, el papel predominante de la materia orgánica en la estabilización de los agregados, la acción dispersante de la arcilla y la importancia de los óxidos de Fe y Al, que bien por sí mismos o a través de complejos con la fracción más evolucionada de la materia orgánica, podrían jugar un papel significativo en la estabilización de estos suelos.

En la Figura 3, en la que se presentan las pérdidas de suelo en el simulador de lluvia en función de seis niveles de materia orgánica, se observa un incremento paulatino de las pérdidas de suelo, a medida que disminuye el contenido en materia orgánica. El límite máximo de materia orgánica considerado para aplicar el nomograma de WISCHMEIER *et al.* (1971) es del 4 por 100. Por encima de este valor no se considera que existan relaciones entre la materia orgánica y la erodibilidad. Se presenta aquí el primer problema para su aplicación a los suelos de pradera de la Cordillera Cantábrica, ya que en su gran mayoría superan este nivel del 4 por 100, observándose que incluso con valores de materia orgánica por encima del 20 por 100, se presentan relaciones importantes con las pérdidas de suelo bajo lluvia simulada.

Si se agrupan los suelos en función de los materiales de partida y se consideran los valores medios de limo, arcilla y pH en relación con la erodibilidad de los mismos (Tabla 4), se observa que al aumentar el contenido en limo disminuye la erodibilidad, mientras que la arcilla presenta un comportamiento contrario, aumen-

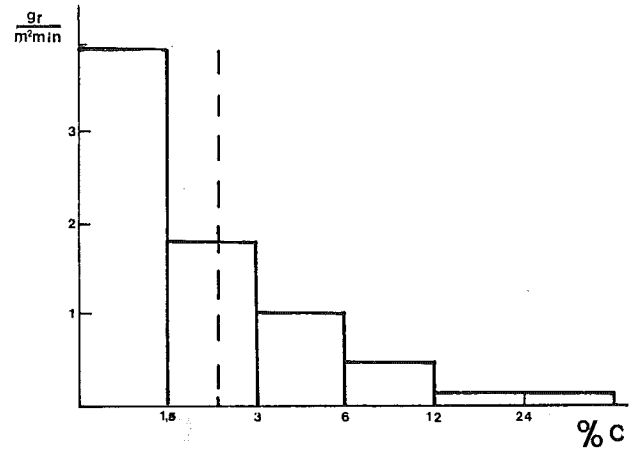

FIG. 3.—*Relación entre las pérdidas de suelo en el simulador de lluvia y diversos niveles de materia orgánica, indicándose el nivel máximo del 4 % en materia orgánica descrito por Wischmeier* et al. *(1971).*

TABLA 4

RELACION ENTRE LA ERODIBILIDAD DE LOS SUELOS Y LOS VALORES MEDIOS DE ARCILLA, LIMO Y pH EN FUNCION DE LOS DIFERENTES MATERIALES DE PARTIDA

Material de partida	*erodibilidad*	*pH*	*arcilla*	*limo*
Margas de Keuper ...	1,99	6,12	32,92	20,66
Calizas	1,75	7,80	28,81	22,73
Areniscas y cuarcitas.	1,89	6,00	20,35	33,41

tando la erodibilidad a medida que aumenta el contenido en arcilla de los suelos. Con respecto al pH no se observa una tendencia significativa.

Estas observaciones refuerzan los resultados obtenidos en el análisis de regresión múltiple, en el que se obtienen el mismo tipo de correlaciones, estando, sin embargo, en contradicción con los datos de WISCHMEIER *et al.* (1971), que indican que la erodibilidad tiende a incrementarse al aumentar el contenido en limo y decrece con el aumento de arcilla. RÖMKENS (1985) considera que estimaciones indirectas de la erodibilidad basadas en el nomograma u otras relaciones predicibles de las propiedades del suelo, deben ser consideradas con gran cautela en relación con los tipos de suelos, ya que pueden inducir a errores importantes en las predicciones de erosión.

Debido, pues, a todas estas consideraciones, resaltando la importancia de la materia orgánica en la estabilización de los suelos bajo pradera de la Cordillera Cantábrica y, en general, de toda la zona húmeda española, queda justificada la necesidad de adaptar el factor K de la USLE a las condiciones especiales que presentan estos suelos, con el fin de poder evaluar de una forma correcta los riesgos de erosión y elaborar los correspondientes programas de control.

Bibliografía

BENITO RUEDA, E. (1985). «La estructura de los suelos gallegos y factores que afectan a su degradación» (tesis en preparación).

DISSMEYER, G. E., y FOSTER, G. R. (1980). *A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land.* U.S. Dept of Agriculture Forest Service, Technical Pubb. SA-TP11, 40 pp.

ELWELL, H. A., y STOCKING, M. A. (1976). «Vegetal cover to estimate soil erosion hazard in Rhodesia». *Geoderma,* 15: 61-70.

FOSTER, G. R. (1982). «Special problems in the application of the USLE to rangelands». In: *Proceeding of Workshop on Estimating erosion and sediment yield on rangelands.* U.S. Department of Agriculture Agricultural Research Service, Washington, D.C., ARM-W-6, pp. 96-100.

FOSTER, G. R.; SIMANTON, J. R.; RENARD, K. G.; LANE, L. J., y OSBORN, H. B. (1981). «Discussion of application of the universal soil loss equation to rangelands on a per-storm basis». *Journal of Range Management,* 34 (2): 161-164.

GUITIAN OJEA, F., y MENDEZ, J. (1961). «Un nuevo método por aspersión para determinar la estabilidad de los agregados del suelo». *Agrochimica,* 6: 30-41.

GUITIAN OJEA, F., y CARBALLAS, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos.* Editorial Pico Sacro, Santiago de Compostela.

HUDSON, N. W. (1957). «Erosion control research». *Rhod agric. J.,* 54: 297-323.

JHONSON, C. W.; SAVABI, M. R., y LOOMIS, S. A. (1984). *Rangeland Erosion Measurements for the USLE.* Transactions of the ASAE, vol. 27, núm. 5, pp. 1313-1320.

KIRKBY, M. J., y MORGAN, R. P. C. (1980). *Soil Erosion,* 312 pp.

LAFLEN, J. M. (1982). «Special problems of the USLE: Soil erodibility (K)». In: *Proceeding of Workshop on Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangelands.* U.S. Department of Agriculture Agricultural Research Service, Washington, D.C., ARM-W-26, páginas 63-72.

LANG, R. D. (1979). «The effect of ground cover on surface runoff from experimental plots». *J. Soil Cons. N.S.W.,* vol. 35, núm. 2: 108-114.

McCOOL, D. K. (1982). «Effects of slope length and steepnes on soil erosion from rangelands». In: *Proceedings of Workshop on Estimating Erosion and Sediment Yield on Rangelands.* U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, D.C., ARM-W-26, pp. 73-95.

SIMANTON, J. R.; OSBORN, H. B., y RENARD, K. G. (1980). *Application of the USLE to southwertern rangelands.* Proceeding of Arizona Section, American Water Resources Association Hydrology Section Arizona Academy of Science, 10: 213-220.

TISDALE, J. M., y CADES, J. M. «Organic matter and water-stable aggregates in soils». *J. of Soil Science,* 33: 141-163.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B., y CROSS, B. V. (1971). A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites». *Journal of Soil and Water Conservation,* 26 (5): 189-193.

WISCHMEIER, W. H., y SMITH, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses.* U.S. Dep. Agric., Agric. Hanb., 537.

Detección de relaciones entre vegetación y factores ecológicos a lo largo de un gradiente altitudinal

S. Moreiro Clemente, J. M. Gómez Gutiérrez, R. González Bartolomé y B. Fernández Santos

Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca

RESUMEN

Se pretende obtener una mayor aproximación al conocimiento de la intensidad de acción de diversos factores sobre la organización de las especies vegetales a lo largo de un gradiente altitudinal. Asimismo, se intenta conocer cuáles de estas especies facilitan más información sobre los estados de un factor.

La estructura interna de las comunidades refleja de forma más o menos patente las características del biotopo, es decir, la intensidad de acción de sus variables y en particular de aquellas que se constituyen en limitantes. Estas variables son fácilmente detectables y con ellas se pueden establecer jerarquías o «clases» que simplifiquen el sistema de trabajo.

SUMMARY

The internal structure of communities is a more or less patent reflection of the biotope; that is, of the intensity of action of its variables and in particular the intensity of those variables which are limiting.

Such variables are readily detectable and with them it is posible to establish hierarchies or «classes» which simplify work systems.

The aim of the present report is to achieve a closer focus on knowledge of the intensity of action of different factors on the orga-

nization of plant species along an latitude gradient. A further aim is to discover which of these species provides more information concerning the different states of a given factor.

Introducción

La distribución de las especies obedece a razones ecológicas profundas y viene determinada por la capacidad de las mismas para sobrevivir y multiplicarse en ambientes tipificados por la intensidad con que actúa cada factor.

Con el fin de conocer el grado de influencia de algunos de los factores fácilmente estimables (o clasificables, según gradientes), que pudieran justificar la situación de las especies inventariadas se procedió a realizar su estudio por el método de información mutua especie-factor ecológico y perfiles ecológicos (GODRON, 1968; GUILLERM, 1969; DAGET y GODRON, 1982).

Se denomina «factor ecológico» a todo carácter del medio físico o biótico capaz de actuar sobre la distribución de las especies en la naturaleza (GOUNOT, 1969). El estudio de las relaciones entre ambos es un tema de sumo interés, ya que permite dar una estima acerca de la influencia de dichos factores sobre las comunidades.

Material y métodos

El muestreo de la vegetación se realizó en una ladera norte de la Sierra de Béjar (Salamanca) desde 1.350 metros hasta 2.030 m., quedando englobados los pisos supramediterráneo y oromediterráneo. Las muestras correspondientes al primer piso pertenecen a matorrales mixtos de *Genista cineres* (Vill) DC., *Genista florida* L. pertenecientes a la alianza *Genistion floridae* Rivas Mart. 1974 y a los prados de siega y diente de la clase *Arrhenatheretea* R. Tx. (1937) 1970.

En el piso oromediterráneo, las dos unidades principales de vegetación corresponden a los piornales o formaciones fruticosas de *Cytisus balansae* (Boiss.) Ball, alianza *Genistion purgantis* R. Tüxen 1958 y a los cervunales o pastos de verano (Alianza *Campanulo-Nardion*, Riv. Mart., 1963).

Se procedió al muestreo, parcialmente al azar, de la vegetación utilizando un cuadrado de 0,50 m. de lado anotándose los porcentajes de cobertura de cada una de las especies presentes. Estos datos dieron lugar a una matriz general de 37 casos por 157 variables.

El muestreo de los factores se realizó siguiendo las indicaciones dadas por DAGET y GODRON (1982). En función de la variabilidad de éstos, se diferencian clases, «clases definidas a posteriori». El reparto de las muestras (37) dentro de las clases del factor considerado (perfil de conjunto) permite el cálculo de la calidad de muestreo.

Se consideraron 4 factores:

— Altitud.
— Humedad.
— Utilización.
— Profundidad de suelo.

Vienen a constituir las variables más definitorias en cuanto a la distribución de la vegetación, en este enclave montañoso.

Del conjunto de especies inventariadas solamente unas cuantas poseen valor indicador. Para discernir éstas es necesario conocer la entropía-especie que representa una media ponderada de la información contenida en cada especie. Se han tomado en cuenta las especies con entropía superior a 0,150. La dependencia de la especie con respecto a un determinado factor se puede estimar mediante la expresión de la «Información mutua especie-factor ecológico» [I(L, E)]. El análisis de las frecuencias de las especies en las comunidades se basa sobre la noción de perfil ecológico (DAGET y GODRON, 1982). El estudio de los perfiles ecológicos de frecuencias corregidas nos acerca al conocimiento del comportamiento de la especie frente al factor.

Resultados y discusión

1. *Altitud*

El factor «altitud» fue muestreado desde 1.350 m. hasta 2.030 m., intervalo en el que se establecieron seis

clases. La calidad de muestreo obtenida es de 0,97, por tanto, muy elevada. La representación gráfica de los perfiles de frecuencias corregidas junto con el análisis de los valores de información mutua de las especies (Tabla 1) han permitido poner de manifiesto tres tendencias en el comportamiento respecto a la altitud (Fig. 1).

TABLA 1

INFORMACION MUTUA (EN ORDEN DECRECIENTE) DE LAS ESPECIES INDICADORAS CON RESPECTO A LA ALTITUD

C majus	0,80	*O. mascula*	0,34
T. nudicaulis	0,44	*M. erecta*	0,34
R. bulbosus	0,43	*D. flexuosa*	0,32
N. pseudonarcisus	0,41	*A. minima*	0,31
F. indigesta	0,38	*R. gredensis*	0,31
M. discolor	0,34	*L. corniculatus*	0,31

Dentro de un primer grupo se han incluido las especies con preferencia por las primeras clases. Destacan *Myosotis discolor, Orchis mascula* y *Moenchia erecta* por su presencia exclusiva dentro de la primera clase. Otras especies, sin ser exclusivas de ésta, se constituyen como fuertes indicadoras por su elevada información mutua *(Conopodium majus)* de los rangos de altitud inferiores inventariados.

La segunda tendencia detectada corresponde a especies con óptimo en las primeras clases y cuya frecuencia disminuye conforme aumenta la altitud.

Las especies pertenecientes al tercer grupo ecológico tienen su óptimo en los rangos de altitud más elevados muestreados. Dentro de este grupo merece resaltar la presencia de *Cytisus balansae*. Su óptimo se halla aquí a 1.920 m. por razones de muestreo, ya que los inventarios realizados en las estaciones con matorral recogen la cobertura de las herbáceas que se desarrollan en los espacios libres dejados por aquél. En dicho intervalo de altitudes, la regeneración del piorno se halla en estado avanzado.

La altitud determina la distribución de la vegetación en pisos o cinturones. Dichos pisos se repiten a lo lar-

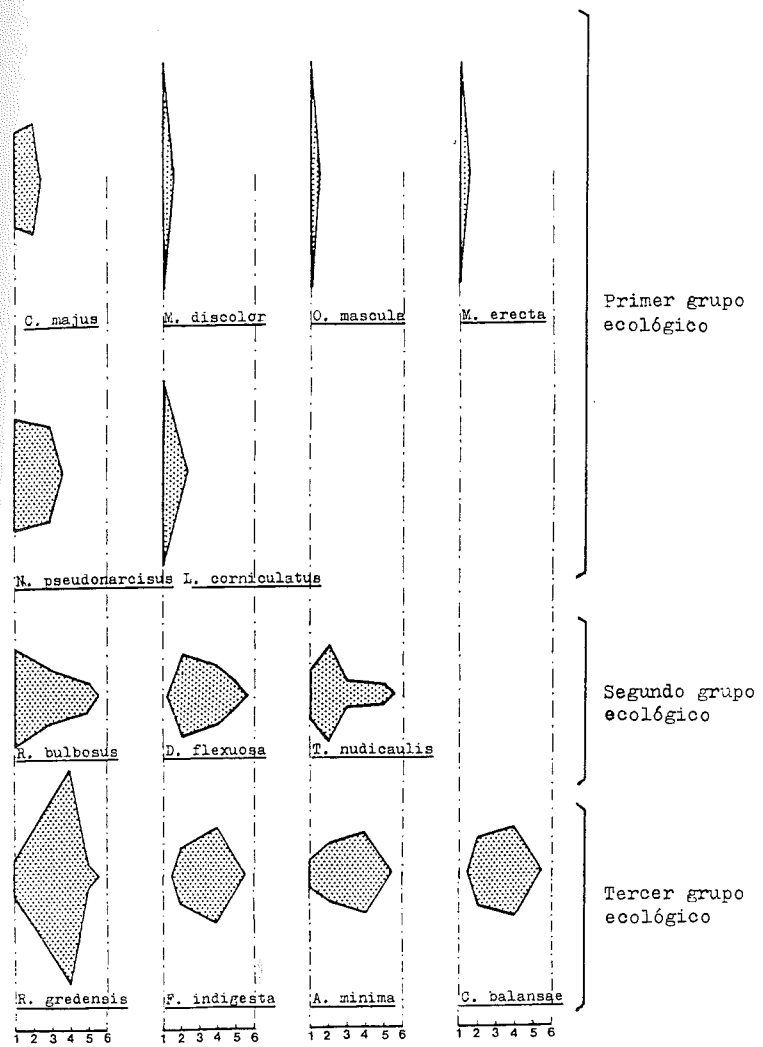

FIG. 1.—*Grupos ecológicos y perfiles de frecuencias corregidas para el factor altitud.*

go de todos los sistemas montañosos; sin embargo, su ubicación en relación a la altitud varía dependiendo de la exposición (en la Sierra de Béjar, se ha detectado un desfase de 300 m. entre las exposiciones norteñas y sureñas, GARCIA RODRIGUEZ *et al.*, 1985), ésta condiciona variaciones de temperatura y precipitaciones. Así, para cada clase de altitud, son muchos los elementos de interacción que pueden enmascarar parcialmente la información esperada.

Como indicadoras del piso supramediterráneo medio se pueden citar *O. mascula, M. erecta,* etc., son especies características de las praderas húmedas del mismo piso. Con óptimo en el piso supramediterráneo superior y bien representada en el medio se halla *C. majus.* En el piso oromediterráneo medio, encuentran su óptimo *Festuca indigesta, Reseda gredensis, Arnoseris minima.*

2. *Humedad*

El gradiente de humedad detectado en la zona de estudio ha sido representado por seis clases. La repartición de las muestras dentro de éstas da lugar a una calidad de muestreo de 0,96. Ello indica que el factor ha sido bien muestreado. La Tabla 2 recoge los valores de información mutua de las especies indicadoras.

TABLA 2

INFORMACION MUTUA (EN ORDEN DECRECIENTE) DE LAS ESPECIES INDICADORAS CON RESPECTO A LA HUMEDAD

L. pallida	0,74	*F. indigesta*	0,48
N. stricta	0,60	*R. bulbosus*	0,43
D. flexuosa	0,58	*C. nigra*	0,34
L. campestris	0,51	*A. delicatula*	0,32
R. angiocarpus	0,50	*N. salzmanii*	0,32
A. minima	0,50	*T. nudicaulis*	0,30
C. balansae	0,48		

El estudio de las relaciones entre especies y factores ecológicos ha revelado 4 tipos de comportamiento (Fig. 2).

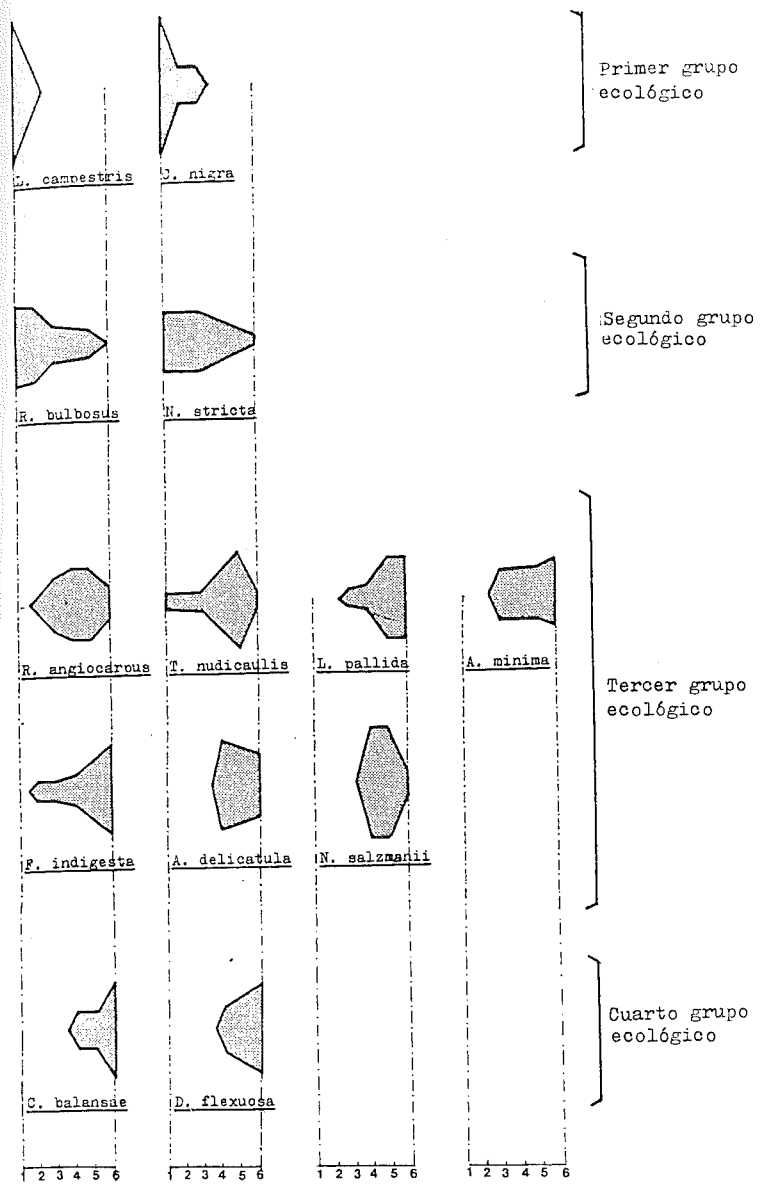

FIG. 2.—*Grupos ecológicos y perfiles de frecuencias corregidas para el factor humedad.*

Un primer tipo corresponde a especies con presencia exclusiva en las clases húmedas y con óptimo en la clase extremadamente húmeda. Las especies del segundo grupo responden también a esta tendencia presentando, sin embargo, mayor valencia ecológica; su frecuencia disminuye conforme lo hace la humedad. Se trata de *Ranunculus bulbosus* y *Nardus stricta,* ambas con información mutua elevada. Se reconocen, pues, como fuertes indicadoras de la variable humedad.

El tercer comportamiento corresponde a las especies herbáceas que muestran una preferencia evidente por las clases «muy seco» y «extremadamente seco»; algunas, pese a la afinidad por los enclaves secos, están representadas de forma menos intensa en las clases húmedas.

Un cuarto grupo está constituido por los taxones *C. balansae* y *Deschampsia flexuosa,* ambas con información mutua significativa (ver Tabla 2); se constituyen como buenas indicadoras de la clase extremadamente seca. *C. balansae* es expulsado de las zonas llanas por inundación del suelo.

Son muy pocas las especies capaces de soportar condiciones extremas, bien sea de xericidad o de humedad. En el último caso se hallan las especies típicas de los cervunales. Las necesidades específicas de estos taxones por el factor humedad explicaría la escasa diversidad botánica de estos pastos de verano. Por el contrario, las especies de los pastos psicroxerófilos que se desarrollan en los espacios libres entre matorrales son indicadoras de suelos secos. Los pastos psicroxerófilos están constituidos por especies resistentes a las bajas temperaturas y a la sequedad, desarrollándose sobre suelos más o menos esqueléticos (LLAMAS, HERRERO, 1984). Así el factor humedad se constituye como determinante en la formación de la ecotonía entre ambas comunidades.

3. *Utilización*

La zona de estudio está sometida a un elevado grado de utilización, siendo los principales tipos de explotación la siega y el pastoreo por ganado bovino.

La acción antropozoógena provoca cambios sobre la distribución de la vegetación. Para el análisis de la influencia de la utilización sobre las especies vegetales, se reconocieron varios grados de uso, lo cual permitió establecer siete clases. La calidad de muestreo alcanza en este caso un valor muy elevado: 0,98. Las especies indicadoras para este factor junto con su información mutua vienen reflejadas en la Tabla 3.

TABLA 3

INFORMACION MUTUA (EN ORDEN DECRECIENTE) DE LAS ESPECIES INDICADORAS CON RESPECTO A LA UTILIZACION

L. pallida	0,84	*N. salzmanii*	0,45
N. stricta	0,62	*R. angiocarpus*	0,43
R. bulbosus	0,61	*C. balansae*	0,43
T. nudicaulis	0,61	*M. laevis*	0,41
F. indigesta	0,59	*R. gredensis*	0,40
D. flexuosa	0,55	*A. odoratum*	0,38
C. nigra	0,55	*P. bulbosa*	0,34
C. majus	0,51	*S. morisonii*	0,33
C. ramosissimum	0,49	*O. mascula*	0,33
N. pseudonarcisus	0,49	*M. discolor*	0,31
A. minima	0,48	*A. aristatum*	0,30
L. campestris	0,48	*L. corniculatus*	0,30

Se definieron los grupos ecológicos que a continuación se exponen (Fig. 3).

Primer grupo: La afinidad entre las especies que lo componen se traduce en una preferencia evidente por las clases que conllevan un grado de uso intenso o relativamente elevado. Se trata de especies pratenses y otras sin valor forrajero, pero que se benefician de las prácticas de siega y pastoreo.

Segundo grupo: A pesar de grandes variaciones en las formas gráficas de los perfiles correspondientes a los taxones, todos presentan un denominador común: la máxima amplitud se halla en las primeras clases, posteriormente se aprecia una disminución suave en algunos

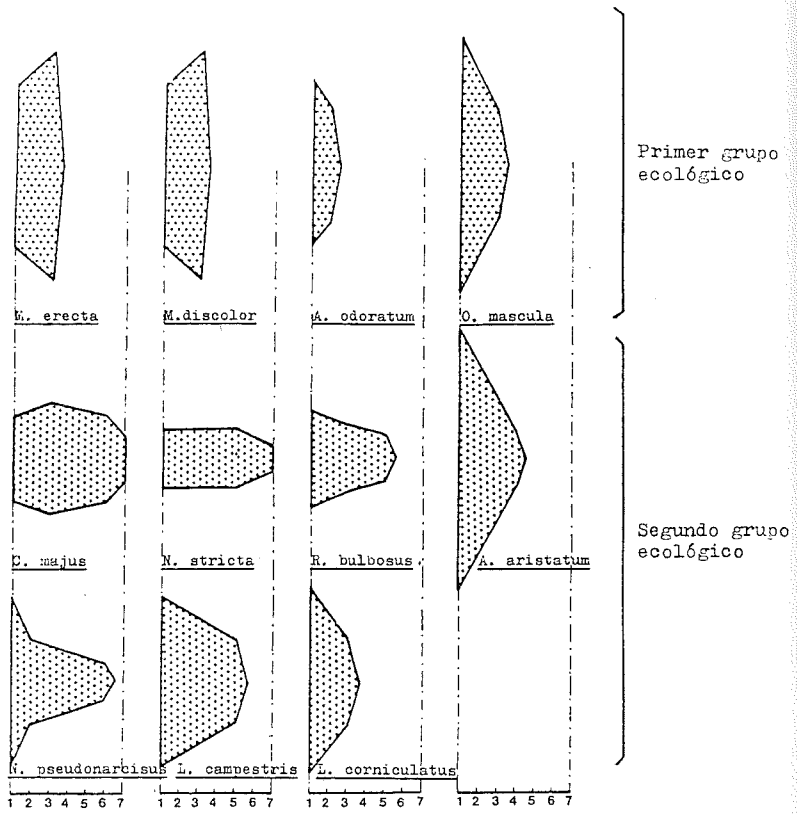

FIG. 3.—*Grupos ecológicos y perfiles de frecuencias corregidas para el factor utilización.*

taxones *(C. majus, N. stricta)*, muy acusada en otros *(Narcisus pseudonarcisus, Anthoxantum aristatum)* a medida que decrece la intensidad de uso.

Tercer grupo: Son aquellas especies con una preferencia obvia por los terrenos poco o nada pastoreados. Dentro de este conjunto se pueden apreciar dos tendencias diferentes; una primera agrupa especies con frecuencia máxima en las clases intermedias. Se trata de *Teesdalia nudicaulis, Nardurus salzsmanii, Rumex angiocarpus* y *Poa bulbosa.* Esta situación puede parecer anóma-

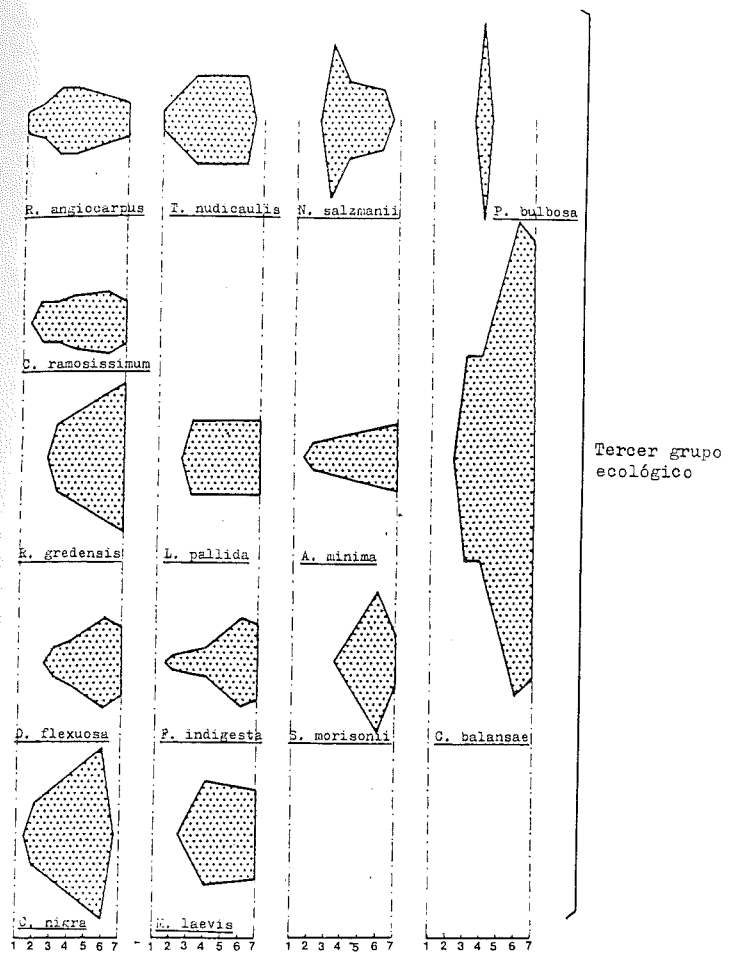

FIG. 3 (cont.).—*Grupos ecológicos y perfiles de frecuencias corregidas para el factor utilización.*

la para las dos últimas especies citadas, ya que ambas son especies indicadoras por excelencia de los denominados «majadales», que se forman precisamente por fuerte pastoreo por el ganado ovino. En el territorio estudiado el pastoreo por ovino ha sufrido un drástico des-

censo, quedando así estas plantas relegadas a los enclaves más secos, donde fue propagada por las ovejas y que sufren menor presión por parte del vacuno. La segunda tendencia se traduce por un óptimo de frecuencia en las clases 6 ó 7, por tanto, son especies preferentes de localidades donde el pastoreo es prácticamente nulo. Todas presentan un valor elevado de información mutua; están, pues, ligadas negativamente al factor pastoreo.

El elevado número de especies indicadoras halladas para este factor, así como la media de los valores de información mutua (mayor que en el caso de los demás factores) deja entrever la enorme influencia de la utilización sobre la vegetación. Correspondiendo con las clases de máxima utilización han quedado agrupadas especies representativas de los prados de siega y diente (responde del especial cuidado que reciben estas comunidades y a la intensidad de uso a la que están sometidas). Las especies indicadoras de una intervención escasa o prácticamente nula pertenecen en su gran mayoría al cortejo florístico de *C. balansae;* representan fitocenosis poco apetecibles para el ganado, dado por una parte su difícil acceso y presumiblemente su escasa palatabilidad. La utilización de las comunidades de *C. balansae* es, por lo general, muy débil (DEBUSSCHE, 1978).

4. *Profundidad del suelo*

La potencia edáfica afecta intensamente a la vegetación que soporta. En un suelo sometido al mismo régimen climático serían la topografía y la humedad edáfica las que actuarían como factores determinantes. La potencia del suelo, generalmente relacionada con la topografía, sería la responsable de la capacidad de retención y almacenamiento de agua.

Para este factor se definieron seis clases diferenciales. La calidad de muestreo que resultó es de 0,96. El estudio de las relaciones especie-factor mediante el análisis de la información mutua (Tabla 4) y de los perfiles ecológicos de frecuencias corregidas (Fig. 4) llevó a discernir tres grupos ecológicos que reflejan tres tipos de comportamiento de las especies frente a la potencia edáfica.

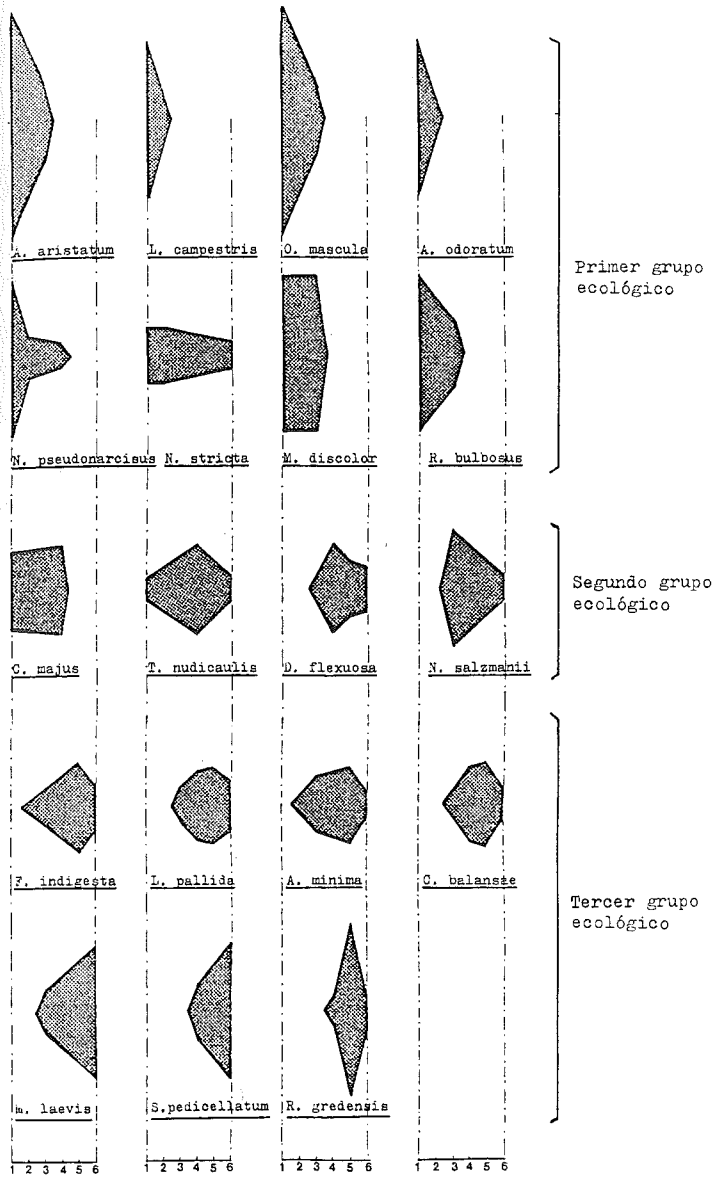

FIG. 4.—*Grupos ecológicos y perfiles de frecuencias corregidas para el factor profundidad de suelo.*

TABLA 4

INFORMACION MUTUA (EN ORDEN DECRECIENTE) DE LAS ESPECIES INDICADORAS CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD DEL SUELO

L. pallida	0,62	*A. minima*	0,39
R. bulbosus	0,58	*N. pseudonarcisus*	0,39
D. flexuosa	0,57	*N. salzmanii*	0,37
N. stricta	0,55	*M. discolor*	0,34
T. nudicaulis	0,50	*S. pedicellatum*	0,33
L. campestris	0,47	*A. aristatum*	0,32
C. majus	0,47	*O. mascula*	0,32
F. indigesta	0,44	*R. gredensis*	0,32
M. laevis	0,43	*C. nigra*	0,31
C. balansae	0,41	*A. odoratum*	0,30

Primer grupo: Son especies indicadoras de suelos profundos. Tienen su óptimo en las primeras clases, siendo algunos taxones exclusivos de éstas. Los últimos taxones de este grupo presentan una valencia ecológica mayor.

Segundo grupo: Reúne especies con preferencia por las clases 3 y 4 que integran un nivel intermedio de profundidad.

Tercer grupo: Dos tendencias son detectables dentro del último conjunto de especies indicadoras: la primera está constituida por 4 taxones con óptimo en la clase 5 que abarca suelos poco profundos. Merece resaltar la presencia de *C. balansae* en este grupo. La segunda tendencia se traduce por taxones con afinidad por los suelos desnudos. El óptimo se halla en la última clase del gradiente establecido.

Relación de especies citadas en el texto

Ranunculus bulbosus L.
Conopodium majus (Gouan) Loret.
Nardus stricta L.
Rumex angiocarpus Murb.
Myosotis discolor Pers.
Anthoxantum aristatum Boiss.

Narcisus pseudonarcisus L.
Luzula campestris (L.) DC.
Orchis mascula L.
Moenchia erecta (L.) P. Gaertener.
Reseda gredensis (Cutanda y Willk) Müller Arg.
Teesdalia nudicaulis (L.) R. Br.
Nardurus salzmanii (Boiss.) Rouy.
Lotus corniculatus L.
Cerastium ramosissimum Boiss.
Leucanthemopsis pallida (Miller) Heywood.
Arnoseris minima (L.) Schweigger y Koerte.
Anthoxantum odoratum L.
Cytisus balansae (Boiss.) Ball.
Deschampsia flexuosa (L.) Trin.
Festuca indigesta Boiss.
Agrostis delicatula Pourret.
Sedum pedicellatum Boiss y Reuter.
Carex nigra L.
Molineriella laevis (Brot.) Rouy.
Poa bulbosa L.

Bibliografía

DAGET, Ph., y GODRON (1982). *Analyse de l'écologie des espéces dans les communautés.* Masson. París.

DEBUSSCHE, M. (1978). «Etude de la dynamique de la végétation sur le versant Nord-Ouest de Mont Aigoual». Thèse Doctorale, CEPE, Montpellier.

GARCIA RODRIGUEZ, J.; PUERTO MARTIN, A.; GOMEZ GUTIERREZ, J., y SALDAÑA MORAL, A. (1985). «Unidades ecológicas de la Sierra de Béjar. Bases para una ordenación territorial». Salamanca, *Revista provincial de estudios,* núm. 15.

GODRON, M. (1968). «Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale (Recouvrement, information mutuelle entre espéces et facteurs écologiques, échantillonage)». *Oecologia plantarum,* 3: 185-212.

GOUNOT, M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation.* Masson. París.

GUILLERM, J. (1969). «Relations entre la végétation spontanée et le milieu dans les terres cultivées du Bas-Languedoc». Thèse 3.° cycle, Montpellier.

LLAMAS, P., y HERRERO, L. (1984). «Los pastizales psicroxerófilos silícolas en la provincia de León». *Resumen Actas IV Jornadas de Fitosociología,* 135-137, León.