

# ESTUDIO DEL SUELO Y RELACIONES CON LA VEGETACION EN UNA LADERA EROSIONADA

por

ESTANISLAO LUIS CALABUIG y ANGEL PUERTO MARTIN



PUBLICADO EN  
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA  
TOMO XXXVII, Núms. 5-6 — MADRID, 1978

# ESTUDIO DEL SUELO Y RELACIONES CON LA VEGETACION EN UNA LADERA EROSIONADA

por

ESTANISLAO LUIS CALABUIG y ANGEL PUERTO MARTIN

## SUMMARY

### A STUDY OF A SOIL AND THE RELATIONSHIP BETWEEN IT AND THE VEGETATION ON AN ERODED SLOPE

In order to relate the soil with the vegetation on an eroded slope system, a study is carried out on the chemical and granulometric variables of samples, which were taken from a line perpendicular to the curves of the level of the slope.

The original matrix of these data was studied by means of the factorial technique of principal components.

The results of this analysis and their correlation with the vegetation indicate the principal tendencies in the herbaceous distribution and the effects of the state of soil erosion on this distribution.

## INTRODUCCIÓN

Considerando como unidad típica de dehesa a un sistema de pendiente, asistimos a una seriación de comunidades cuyas características edáficas han determinado su sistema de explotación. Así, en aquellos lugares en que la inclinación llega a ser más acusada, se ha venido manteniendo el arbolado para impedir la degradación del suelo, pero no con la suficiente intensidad como para imposibilitar su utilización ganadera; de hecho, se trata de establecer un equilibrio entre conservación y rendimiento, aunque la balanza, en mayor o menor grado, es fácil que se desnivele y en la mayoría de estas laderas aparecen zonas erosionadas bien definidas. La situación puede verse agravada cuando un desnivel fuerte corta un suave declive general; la parte superior, normalmente arada, aumenta el volumen de agua y favorece la formación de redes de escorrentía que se van ampliando de forma progresiva y con un ritmo influenciado por la naturaleza del terreno.

Esta es la tendencia del caso que nos ocupa; los materiales arrastrados tienen como meta una pequeña plataforma final de unos 20 m. de anchura, que queda limitada por el arroyo Valmuza, de caudal intermitente y que deja en su margen izquierda una planicie de tierras pardas y suelos rojos, dominantes en la zona, con gravas de origen aluvial.

La pendiente originada por dicho arroyo presenta un suelo rojo truncado, (3) y (1), que por sus características de estructuración, for-

mando pequeños conglomerados areno-arcillosos, tiene un comportamiento erosivo diferente según el caudal de agua soportado; de esta forma, en las zonas más afectadas se mantienen las proporciones arena-arcilla por ser arrastradas las unidades completas, mientras que se mantiene una gradación en favor de la fracción arena en los lugares donde una acción menos intensa va disgregando los complejos y arrastrando los elementos finos.

La frecuencia de formaciones de este tipo por toda la provincia de Salamanca da interés a nuestro estudio; a eso se añade el que a una causa de diversificación a lo largo de un gradiente establecido, como es la inclinación, se superpone un factor alterante o al menos mitigante centrado en la influencia del estrato arbustivo y arbóreo; el segundo, constituido por encinas, y frecuente sin llegar a ser abundante, retiene en profundidad y aporta continuos materiales; la potenciación del primero (carrasca) y del submatorral de *Dorycnium pentaphyllum* Scop, *Thymus mastichina* L. y *Thymus zygis* L. es un objetivo a tener en cuenta a causa de sus raíces más superficiales y como medio de evitar la degradación; todo lleva a incluir zonas marginales protectoras dentro de las explotaciones humanas, con lo que al mismo tiempo se favorece la perfecta gradación de las pirámides ecológicas.

Su situación geográfica cercana a la capital de la provincia (unos 14 km. al SO.) permite que los caracteres climáticos puedan extrapolarse; los datos concretos se encuentran recogidos en el trabajo, sobre una ladera con rasgos zonales de erosión, con el fin de llegar a establecer con la mayor aproximación posible las relaciones suelo-planta más importantes que tienen lugar en este tipo de complejos, y concretar todas aquellas causas que han originado el estado actual, así como los efectos producidos tanto en el suelo como en la vegetación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El proceso seguido para la obtención de las variables de tipo químico y granulométrico del suelo fue la realización de un muestreo sistemático a lo largo de una trayectoria perpendicular a las curvas de nivel desde la orilla del arroyo hasta la cima de la ladera. Sobre esta línea preestablecida quedaron situadas las 20 unidades de muestreo a intervalos de 5 m. Las cuatro primeras muestras de la transección fueron tomadas en la plataforma inicial, prácticamente llana y caracterizada por el claro dominio del pastizal, mientras que las restantes presentan pendientes más o menos pronunciadas que marcan irregularidades en la tendencia general; se caracterizan, por otra parte, por atravesar zonas de diferentes características en cuanto a su vegetación dominante, pero en su gran mayoría más o menos influenciadas por la presencia del árbol (fig. 1).

Para cada una de las unidades de muestreo se tomaron los 30 centímetros superficiales del suelo, homogeneizando dichas muestras para obtener unos resultados que reflejaran mejor los contenidos medios de cada parcela.

La separación mecánica de fracciones granulométricas y los análisis químicos han sido realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos

del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca, bajo la dirección de la Dra. Prat, siguiendo los métodos internacionales admitidos.

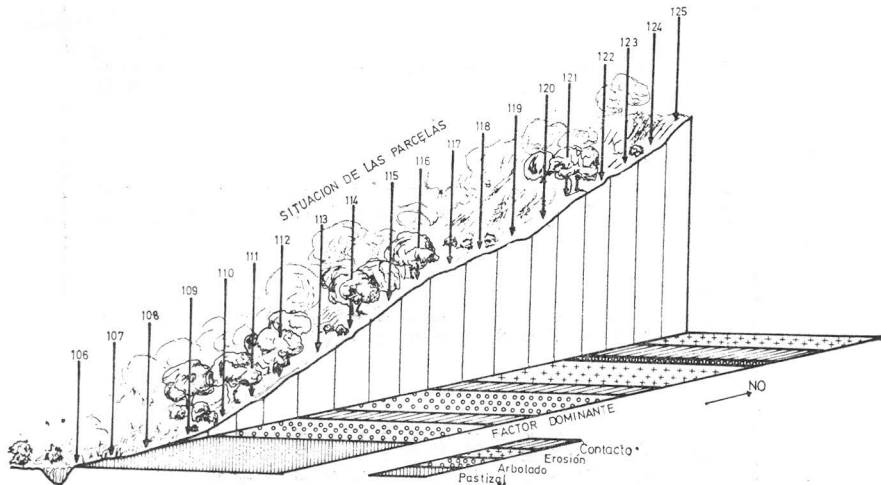


Fig. 1.—Corte esquemático de la ladera estudiada. Situación de las parcelas y clasificación en relación con su tendencia dominante

Las variables obtenidas para las 20 unidades de muestreo fueron: porcentaje de las fracciones granulométricas de arena gruesa, arena fina, limo y arcilla, así como el pH en  $H_2O$  y  $ClK$ , el % de  $CO_2$ , C,  $N_2$  y materia orgánica, la razón C/N y las cantidades de  $CaO$ ,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  en mg/100 g. del suelo.

Queda, por tanto, una matriz original de datos formada por 20 filas (unidades de muestreo) y 11 columnas (variables edáficas) (tabla I), que fueron estudiadas mediante un análisis de componentes principales. Esta técnica basada en el análisis factorial tiene por objeto el resumir la matriz original de datos (generalmente de gran número de dimensiones) a un espacio de 2 ó 3 dimensiones con la menor pérdida posible de información, con lo que se facilita la interpretación de los resultados, y permite la representación gráfica de la ordenación y distribución de las unidades de muestreo (2) (5) (6) y (7).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 11 variables utilizadas para el análisis tan sólo están fuertemente correlacionadas entre sí la materia orgánica con el nitrógeno ( $r = 0,95$ ), y  $CaO$  con la arcilla ( $r = 0,85$ ). El resto de los coeficientes de correlación son inferiores a 0,75, y únicamente seis de ellos superan el 0,60.

El porcentaje de varianza extraído para los tres primeros componentes, en orden de mayor a menor, es el siguiente:

$$I = 0,37 \quad II = 0,23 \quad III = 0,17$$

TABLA I

*Matriz de datos de factores edáficos*

Parcela	pH (H <sub>2</sub> O)	CaO mg/100 g	M. O. %	N %	C/N mg/100 g	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g	K <sub>2</sub> O mg/100 g	Arena gruesa %	Arena fina %	Limo %	Arcilla %
106	6,5	250,00	3,64	0,208	10,1	1,666	15,000	4,3	37,5	24,5	27,0
107	5,7	260,00	3,34	0,180	10,7	1,000	12,000	11,5	38,5	16,3	30,2
108	5,8	206,00	2,33	0,138	9,7	1,000	12,833	12,5	46,5	9,0	28,5
109	5,8	126,66	2,67	0,151	10,2	1,000	19,166	19,0	46,0	8,7	21,3
110	6,1	190,00	4,22	0,198	12,3	2,000	15,000	16,5	49,0	8,5	20,5
111	6,9	226,66	5,50	0,239	13,3	2,000	25,000	16,5	45,5	8,8	22,0
112	6,5	160,00	2,84	0,135	12,2	2,000	26,000	17,0	49,5	7,0	20,0
113	5,7	130,00	2,98	0,147	11,7	1,666	15,500	17,0	51,0	7,0	19,3
114	6,3	200,00	5,53	0,215	14,9	2,000	3,083	20,5	45,5	7,5	19,8
115	5,6	166,66	3,14	0,132	13,7	1,666	15,000	14,0	46,0	7,2	27,2
116	6,2	150,00	2,58	0,116	12,9	1,666	18,333	16,0	51,0	8,0	21,6
117	6,5	141,66	2,48	0,112	12,8	1,333	12,000	15,5	56,0	6,2	19,0
118	6,4	141,66	3,24	0,127	14,8	1,000	15,000	15,5	57,0	7,0	18,0
119	6,4	136,66	1,10	0,064	10,0	1,000	5,333	12,5	62,5	6,7	16,1
120	6,6	263,33	0,52	0,044	6,8	3,167	12,000	10,0	45,0	15,0	30,0
121	6,8	216,66	3,17	0,132	13,9	2,000	35,833	14,0	49,5	9,0	35,0
122	7,2	263,33	3,05	0,128	13,8	2,500	33,333	18,5	43,0		26,7
123	7,0	256,66	2,52	0,109	13,3	3,000	22,500	15,5	47,0	8,0	28,0
124	7,4	326,66	0,52	0,039	7,6	3,000	14,166	11,5	36,5	10,5	41,0
125	6,2	120,00	0,69	0,045	9,3	1,000	8,333	31,0	42,5	6,2	20,2

Los factores de carga más importantes entre las variables utilizadas en el análisis, para estos tres primeros componentes, pueden verse representados gráficamente en la figura 2.

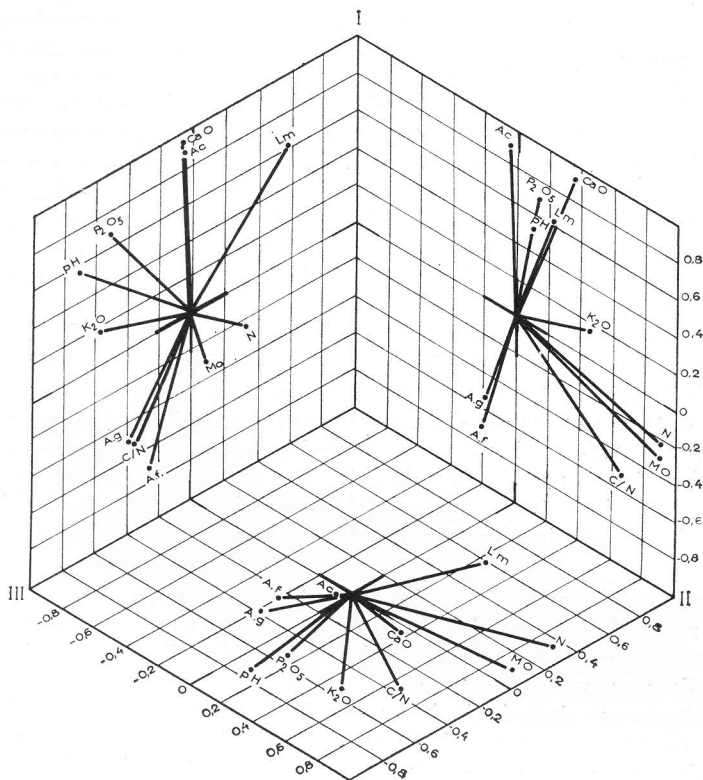


Fig. 2. — Análisis de suelos. Factores de carga de las variables con relación a los tres primeros ejes

Para el primer componente CaO y arcilla tienen factores de carga positivos superiores a 0,90, y la fracción arena fina es, entre los negativos, la de mayor valor con  $-0,70$ . Cinco de las variables están representadas en este componente con factores de carga superiores a 0,60 en valor absoluto.

Para el segundo componente son las variables materia orgánica y nitrógeno las que tienen factores de carga positivos más elevados, superando el valor 0,85. Sin embargo ninguna de las variables sobrepasa con valores negativos altos. En este caso tres variables tienen factor de carga superior a 0,60, y son diferentes de las del primer componente.

Para el tercer componente son superiores a 0,60 el pH y el limo. La primera de estas variables no aparecía en los otros dos componentes con valores considerables.

Quedan, por tanto, representados con valores superiores a 0,60, en

estos tres primeros componentes, casi todas las variables, quedando únicamente la arena gruesa que aparece en el cuarto componente con esa característica, y el  $K_2O$  que lo hace en el quinto.

La ordenación de las parcelas con relación al componente I explica claramente el proceso de destrucción-formación del suelo en el conjunto de la ladera, en la que pueden encontrarse varias zonas en distintos estadios de evolución edáfica.

Los valores positivos más elevados pertenecen a las parejas 120 y 124, caracterizadas por estar situadas en la zona de mayor pendiente de la ladera. Su suelo está formado por material original enriquecido por iluviación en sus fracciones granulométricas más finas (arcilla y limo). Presentan también un contenido elevado de CaO en proporción con el resto de las parcelas. Este compuesto químico tiene un coeficiente de correlación de 0,85\*\*\* con la arcilla, es decir, están muy bien correlacionados entre sí.

Por el contrario, el contenido en fracciones de arena fina y gruesa es menor que en la mayoría de las restantes parcelas, debido al truncamiento de la parte superior del suelo de origen, por erosión y arrastre.

En el extremo contrario del componente I se ordenan las parcelas 113, 117, 118, 119, 125, en las que el contenido en fracciones finas es bajo, y el de fracciones arena muy elevado. En este caso el proceso de empobrecimiento de la capa superficial es originado por eluviación, permaneciendo como dominantes las fracciones granulométricas de tipo arenoso.

Con valores intermedios a los obtenidos por estos dos extremos se sitúa el resto de las parcelas, colocándose en orden de mayor a menor los grupos de parcelas caracterizados por su localización en la vega y rellanos de muy poca o poca pendiente respectivamente.

Por el proceso de coluviación se explica este grupo de parcelas intermedias, ya que los materiales provenientes de las zonas erosionadas (principalmente aquellas fracciones granulométricas finas), son transportadas por arrastre hacia las otras zonas de la misma ladera que son más llanas y, por tanto, la mayor parte de ellas terminan en la zona de vega (prado situado en las estribaciones de la ladera y formado, en sus facies más típicas, por las parcelas 106, 107 y 108), donde el proceso de coluviación se muestra con mayor intensidad.

Considerando solamente la variable CaO por ser la que más afecta en la distribución de las parcelas respecto al componente I se obtienen unos resultados muy similares a los observados con la totalidad de las variables. El coeficiente de correlación de la recta de regresión obtenida con los 20 valores (componente I, CaO) es de 0,91, muy significativamente distinto de cero. Podríamos resumir este componente a la variable que actúa como principal factor de carga, con poca pérdida de información (fig. 3 A).

Con relación al componente II las parcelas quedan ordenadas según su contenido en materia orgánica, ordenación que está estrechamente relacionada con la vegetación herbácea y leñosa, pero principalmente por la hojarasca del árbol dominante en la ladera (*Quercus ilex*). Así las de mayor valor positivo son 111, 114, caracterizadas por la gran cantidad de hojarasca que poseían y su proximidad al árbol. Con valor

algo menor se encuentra la parcela 106, de total cobertura herbácea y con una gran cantidad de especies características de ruderalización por pastoreo, factor éste también muy importante en la ordenación con respecto al segundo componente. Las parcelas situadas en el extremo opuesto son 119, 120, 124 y 125, que están localizadas en las zonas de máxima erosión de la ladera y, por tanto, el aporte en materia orgánica por la vegetación es muy escasa, por la casi total ausencia de ésta.

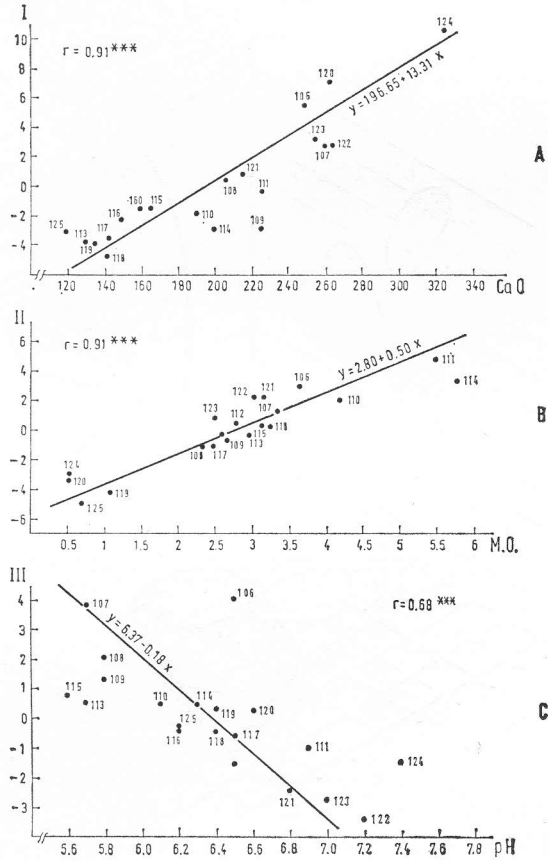


Fig. 3.--Relación de los componentes con los factores de carga mas elevados

Como en el caso anterior se ha calculado la correlación existente entre la componente y el factor de carga de valor absoluto más alto (materia orgánica), resultando una recta cuyo coeficiente de correlación es de 0,91, igualmente muy significativo (fig. 3 B).

El tercer componente ordena las parcelas teniendo principalmente en cuenta el contenido de limo, ocupando los lugares más positivos de este componente las parcelas cuyo contenido en esa fracción granulométrica es elevado y el pH es más ácido que el del resto de las parcelas.



Estas características confluyen en las parcelas situadas en el prado y se corresponden con los números 106, 107, 108, 109. El pH para las otras parcelas es ligeramente mayor, pero no existen entre ellas grandes diferencias.

De la correlación del pH con este componente se obtiene una recta de regresión con valor de su coeficiente de correlación ligeramente inferior a los obtenidos en los casos anteriores, pero igualmente significativo para el mismo número de grados de libertad (fig. 3 C).

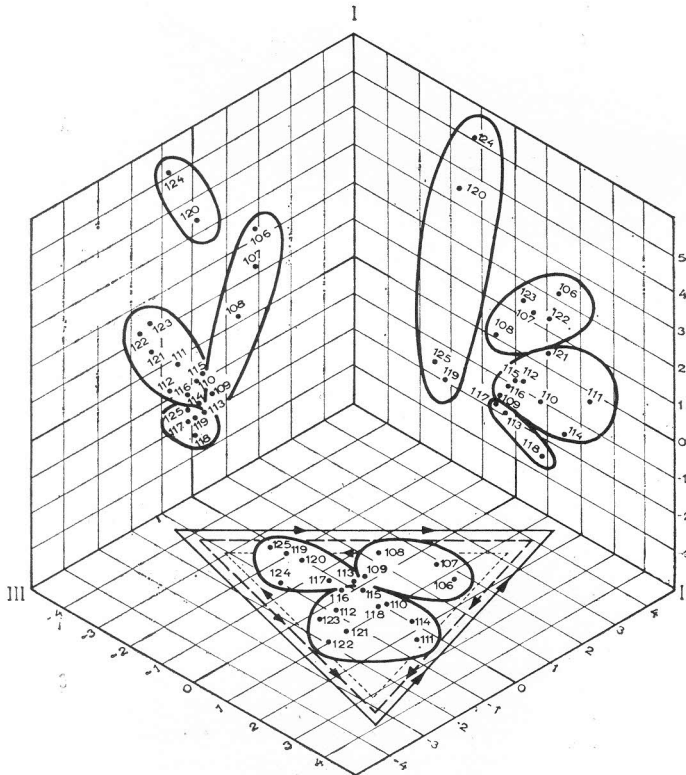


Fig. 4. - Análisis de suelos. Proyección sobre los planos definidos por los ejes I, II y III

En el plano definido por los componentes I y II (fig. 4), se obtienen cuatro grupos de parcelas, diferenciados al complementarse las variables materia orgánica y fracción arcilla principalmente. En el tramo más negativo del componente II se agrupan las parcelas más fuertemente erosionadas (119, 120, 124 y 125), caracterizadas por el bajo contenido en materia orgánica. En torno al valor cero, y en la parte positiva, se localizan los otros tres grupos, que se diferencian teniendo en cuenta las variables con mayor factor de carga para el primer componente. En la zona más negativa se encuentran las parcelas de erosión escasa o incipiente. En la zona media las parcelas muy influenciadas o ligeramente influenciadas por la presencia de encinas. En la zona más positi-

va, aquellas parcelas en las que la influencia de la encina es muy pequeña o que el efecto del pastizal es claramente dominante.

En el plano definido por los componentes I y III (fig. 4), quedan perfectamente explicados los fenómenos de eluviación, iluviación, truncamiento y coluviación de los suelos.

Las parcelas 124 y 125 forman un grupo único, caracterizado por presentar un perfil de material original, enriquecido por iluviación y truncado por erosión debida al aire y al agua. En la zona intermedia aparecen dos grupos: uno de ellos, situado en la parte positiva del componente I, comprende las parcelas típicas de pastizal, en las que los procesos de coluviación son muy patentes, por estar situados en la parte baja de la ladera, en la zona completamente llana o de vega. El otro, ocupando principalmente el tramo negativo del componente III, se caracteriza, como el anterior, por realizarse entre ellos procesos de coluviación, pero en menor grado. Está formado por las parcelas más directamente influenciadas por la presencia de la encina, y localizadas en la ladera, en lugares de mediana pendiente. El grupo final se caracteriza por estar formado por parcelas donde el proceso de eluviación ha empobrecido sus suelos, quedando en ellos unos contenidos con fracciones gruesas bastante superiores a los de fracción fina.

En el plano definido por los componentes II y III (fig. 4), donde los procesos anteriormente explicados se complementan además con el pH del suelo, quedan perfectamente enmarcados tres grupos confluyentes en el origen de las coordenadas y que se diferencian por sus valores triangularmente contrarios entre sí. El grupo de parcelas 106, 107, 108 y 109, tienen mayor contenido en limo y en N, y se caracterizan por estar en la zona de dominio del pastizal. Las parcelas 113, 117, 119, 120, 124 y 125, forman con la 118 el grupo típico de zonas erosionadas y de características anteriormente mencionadas. El resto de las parcelas tienen por lo general un contenido elevado en materia orgánica y está caracterizado por la clara influencia que sobre ellas ejerce el arbolado, representada principalmente por la hojarasca aportada sobre la superficie del suelo, en las zonas más próximas a la encina.

Se ha hecho con anterioridad un estudio paralelo al realizado en el presente trabajo (4), considerando como variables diferentes grados de abundancia y cobertura de las especies vegetales presentes. Los datos en este caso fueron sometidos a un análisis factorial de correspondencias de cuyos resultados extraemos solamente la ordenación de las parcelas para los ejes I' y II', dicha ordenación permite establecer tres claras trayectorias direccionales caracterizadas por la influencia de los factores erosión, arbolado y pastizal (fig. 5 A).

Manteniendo esta ordenación lograda con datos discretos de abundancia de la vegetación se han desglosado los grupos obtenidos con el primer y segundo componentes a partir de las variables edáficas (figura 5 B). La similitud de los resultados indica que la distribución de las especies y, por tanto, en las diferencias de clasificación de sus asociaciones inciden de forma muy significativa aquellas variables del suelo cuyos valores absolutos en los factores de carga son los más elevados para los dos primeros componentes.

Sobre el mismo esquema se han representado tres niveles de mag-

nitud para las variables más características, obteniendo en cada caso unos resultados diferentes, pero que consideradas en conjunto ayudan a un conocimiento mejor de las relaciones suelo-planta.

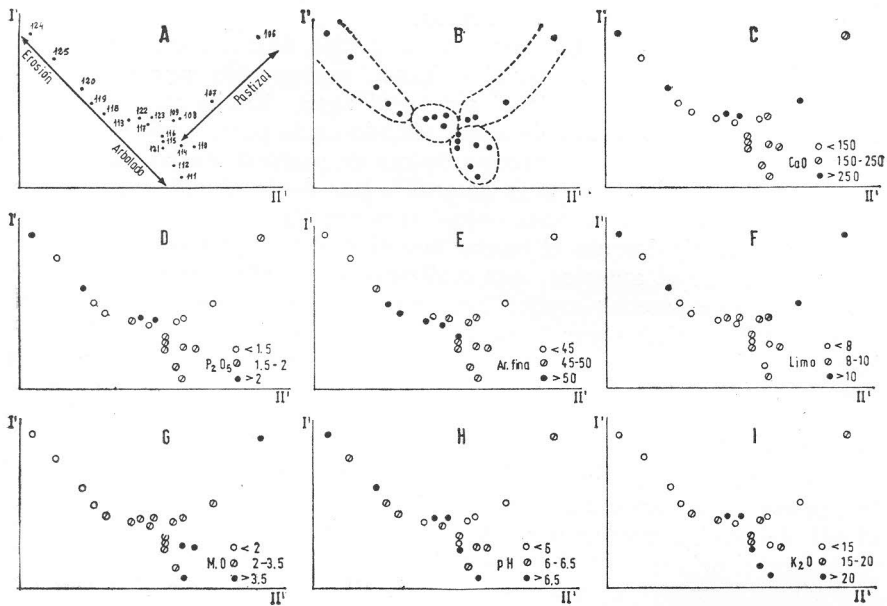


Fig. 5. - Relación entre el análisis de vegetación y los factores edáficos

La variable con la que se logran mejores resultados es la materia orgánica, donde los valores más altos corresponden con las parcelas 110, 111, 114 y 106 caracterizadas, como ya se indicó anteriormente, bien por su alto contenido en hojarasca de encina o por ser muy frecuentada por el ganado (fig. 5 G). Son especies características por su adaptación a vivir bajo la influencia de la encina *Cynosurus echinatus* L., *Trisetum flavescens* (L.) Beauw., *Trifolium repens* L., *Campanula rapunculus* L., etc., y características de zonas ruderalizadas *Chondrilla juncea* L., *Cirsium arvense* Scop., *Trifolium subterraneum* L., *Echium plantagineum* L., etc. Todas ellas necesitan niveles altos de materia orgánica. El grupo con valores intermedios ocupa la zona central donde confluyen las tres tendencias, es decir, parcelas con especies adaptadas a una variabilidad mayor de medios. Las de menor contenido en materia orgánica lo tienen las parcelas con una incidencia mayor de la erosión; estas cuatro últimas parcelas presentan asimismo valores muy bajos de  $K_2O$ , aunque para la mayoría de las demás variables se separan la 120 y 124 con valores altos, y 119 y 125 con valores más bajos debido a los fenómenos de formación y destrucción de los suelos ya comentados.

El grupo de parcelas con influencia de arbolado presenta valores medianos o elevados para la mayoría de las variables (figs. 5-C, 5-D, 5-E, 5-H y 5-I), lo que puede ser índice de mayor uniformidad, que coincide con la poca diversidad de especies obtenida al considerar los grados de abundancia de la vegetación.

Por el contrario, el grupo de pastizal es muy variable posiblemente debido a que no existe un factor determinante suficientemente enérgico (diferencias de utilización por pastoreo) aunque siguiendo una misma tendencia.

Hemos obtenido dos tendencias representadas por los componentes I y II, y que pueden resumirse en sus factores de carga más sobresalientes: fracciones granulométricas finas y materia orgánica, respectivamente.

Según los resultados del análisis, es dominante la distribución de arcilla y limo, debida a los efectos de la erosión del agua y del aire junto con los niveles de pendiente, sobre la materia orgánica debida principalmente a los aportes de hojarasca del arbolado. Queda pues patente la dominancia de la influencia de la erosión sobre la del arbolado. Quizás la consecuencia radique en la distribución poco uniforme de las encinas, siguiendo los intereses del hombre en la utilización y manejo del medio en el que se desenvuelve. La protección de estas zonas de transición o marginales puede encontrar aquí un nuevo puesto de apoyo.

#### RESUMEN

Para relacionar el suelo con la vegetación de un sistema de ladera de erosión, se hace un estudio de las variables de tipo químico y granulométrico de muestras tomadas a lo largo de una trayectoria perpendicular a las curvas de nivel de la ladera.

La matriz original de datos fue estudiada mediante la técnica factorial de componentes principales.

Los resultados de este análisis y su correlación con la vegetación, ponen de manifiesto las tendencias principales en la distribución herbácea y los efectos del grado de erosión sobre la misma.

*Centro de Edafología y Biología Aplicada  
de Salamanca*

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) FORTEZA BONIN, J. (1974). Estudio de suelos en la finca «Muñovela». Publicaciones de carácter interno del I. O. A. T. O. Salamanca.
- (2) GARCÍA NOVO, F. (1968). Aplicación de los 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.
- (3) GARCÍA RODRÍGUEZ, A. (1964). Los suelos de la provincia de Salamanca. Publicaciones del I. O. A. T. O. Salamanca.
- (4) GIL CRIADO, A., LUIS CALABUIG, E. y GÓMEZ GUTIÉRREZ, J. M. (1976). Correspondencia entre diversos factores y la distribución de la vegetación en una ladera erosionada. An. Edaf. Agrobiol. (en prensa).
- (5) ORLOCI, L. (1966). Geometric models in ecology. I. The theory and Application of some ordination methods. J. Ecol., 54: 193-215.
- (6) SEAL, H. (1964). Multivariate statistical analysis for biologist. Methuen. Londres.
- (7) YARRANTON, G. A. (1967). Principal components analysis of data from saxicolous bryophyte vegetation at Steps Bridge. Devon. I. A quantitative assesment of variation in the vegetation. Canad. J. Bot., 45: 93-115.

Recibido para publicación: 8-XI-76