

POSIBLE CATENA POTENCIAL DE SUELOS EN LAS SIERRAS DE ORCE Y MARIA

L. J. Alías y J. Martínez

*Dpto. de Química Agrícola, Geología y Edafología.
Facultad de Ciencias, Universidad de Murcia.*

RESUMEN

Se estudia la sucesión altitudinal de suelos en cinco transectos de las Sierras de Orce y María (Granada-Almería) aproximadamente perpendiculares al eje de las mismas. Tales sucesiones presentan suelos pertenecientes a los Entisoles (Xerorthents), Inceptisoles (Xerochrepts) y Mollisoles (Rendolls, Haploxerolls, Calcixerolls y Palaxerolls), formados a partir de las rocas carbonatadas, generalmente consolidadas, de ambas sierras y de los materiales cuaternarios de piedemonte, bajo una vegetación xerofítica de la alianza Xeroacantho-Erinaceion, matorrales (Lavandulo-Echinospartion) y restos de un carrascal (Berberidi-Quercetum rotundifoliae y Bupleuro-Quercetum rotundifoliae) muy degradado.

En base a las características morfológicas y analíticas de los suelos, las condiciones climáticas, la topografía y la vegetación potencial es posible establecer una catena potencial de suelos que comprende Calcixerolls típicos y Palaxerolls petrocálcicos (altitud < 1300 m), Haploxerolls énticos y líticos (1300-1700 m), Xerorthents líticos (1300-1700 m), Haploxerolls líticos y Xerorthents líticos (1700-1900 m) y Cryorthents líticos y Rendolls crítico líticos (> 1900 m).

Palabras. clave: Catena. Xerorthents, Cryorthents. Xerochrepts. Rendolls. Haploxerolls. Calcixerolls. Palaxerolls.

SUMMARY

POSSIBLE POTENTIAL SOIL CATENA ON THE SIERRAS DE ORCE AND MARIA

Five altitudinal soil sequences along transects roughly perpendicular to the axis of the de Orce and María Sierras (Granada - Almería) are presented. Such sequences are made up by soils belonging to Entisols (Xerorthents), Inceptisols (Xerochrepts) and Mollisols (Rendolls, Haploxerolls, Calcixerolls and Palaxerolls) developed from the carbonated, generally consolidated rocks of both mountain ranges and the quaternary piedmont materials, under xerophytic vegetation of the Xeroacantho - Erinaceion alliance, shrubs (Lavandulo - Echinospartion) and remnants of a very degraded chaparral (Berberidi - Quercetum rotundifoliae and Bupleuro - Quercetum rotundifoliae).

Based on the morphological and analytical characteristics, the prevailing climatic conditions, topography and potential vegetation, it is possible to establish a potential soil catena comprising typical Calcixerolls and petrocalcic Palaxerolls (altitude lower than 1300 m), calcic and lithic Haploxerolls and pachic Calcixerolls with some lithic

Xerorthents (1300 - 1700 m), lithic Haploxerolls and lithic Xerorthents (1700 - 1900 m), and lithic Cryorthents and cryic - lithic Rendolls (altitude higher than 1900 m).

Key words: Catena. Xerorthent. Cryorthent. Xerochrept. Rendoll. Haploxeroll. Calcixeroll. Palixeroll.

INTRODUCCION

Como en numerosas ocasiones se ha señalado, Milne (1935 a) introdujo el término catena para denominar una secuencia de suelos topográficamente relacionados que tienen material original, clima y edad comparables, pero con características diferentes debido a la variación en el relieve y el drenaje. Milne (1935 b, 1936) y Milne *et al.* (1936) utilizan el término catena como unidad de cartografía para describir una repetición regular de los suelos en el paisaje.

Como señala, entre otros, Gerrad (1981), la catena es un concepto que ha estado sometido a una gran discusión y controversia; hoy es familiar en Edafología (McCaig, 1985) y se corresponde con los genones complejos orientados de Boulaire (1980).

El concepto de catena es modificado por Bushnell (1942) y en la leyenda de las revisiones del Mapa Provisional de los Suelos de Africa Oriental (Milne *et al.*, 1936) llevadas a cabo por Carlton (1954) y Scott (1962) la catena es reemplazada por el término idéntico "asociaciones suelo-topografía".

En su estudio de los suelos en relación con los factores de edafogénesis, Jenny (1946, 1961) propone agrupar aquéllos en secuencias de acuerdo con las variaciones de intensidad del factor dominante. Cuando es la topografía o relieve el factor

edafogénético esencialmente responsable de las diferencias entre los términos de una sucesión de suelos, se habla de toposecuencia.

Los términos catena y toposecuencia se usan ahora casi indistintamente. Como señala Hall (1983), toposecuencia tiene una connotación morfológica, mientras que la catena muestra la respuesta a los procesos. Los suelos de una catena no solamente difieren en su morfología, sino que presentan diferencias que son resultados de la erosión, el transporte y la deposición de material de superficie, así como del lavado, la traslocación y la acumulación de constituyentes químicos y particulados en el suelo.

El concepto original de catena, que, en definitiva, implica a los procesos causantes de la diferenciación a lo largo de las pendientes, así como a los procesos responsables de la diferenciación de los horizontes del suelo, ha sido muy ampliamente utilizado para describir las relaciones entre la variabilidad de los suelos y la topografía (Dan y Yaalon, 1964; Dan *et al.*, 1968; Huggett, 1975; Honeycutt *et al.*, 1990 a, 1990 b). El concepto ha sido aplicado a la evaluación de la capacidad de uso de los suelos (Radwanski, 1971), uno de los objetivos iniciales de Milne (1935 a), ha ejercido una gran influencia en las actividades mundiales

de cartografía de suelos (Conacher y Dalrympler, 1977) y ha servido como punto de interés común en el establecimiento de relaciones mutuas entre la edafología y la geomorfología (Daniels *et al.*, 1971).

En el presente trabajo se establece la secuencia teórica de tipos de suelos o catena potencial de las Sierras de Orce y María sobre la base de los datos acumulados en estudios anteriores y teniendo en cuenta la vegetación potencial que caracteriza a cada unidad topográfica, ya que las sierras citadas constituyen una unidad orográfica muy adecuada para este tipo de estudios, porque forman una alineación montañosa de materiales siempre carbonatados que, a lo largo de unos 35 Km de longitud, se extiende de E a W, y facilita el

estudio de transectos N-S de 4-5 Km de anchura, con un desnivel de unos 1000 m entre sus cimas cacuminales, en las que la vegetación es de tipo xeroacántico, y las partes bajas y casi llanas, en gran parte dedicadas al cultivo de cereales y almendros, con una vegetación que representa restos de un Bupleuro - Quercetum rotundifoliae degradado. El clima de la zona estudiada permite asignar a sus suelos un régimen de humedad xérico y un régimen de temperatura que va de mésico a críico (Alfás y Martínez, 1982 a), con valores anuales medios de 424 a 467 mm para la precipitación y de 11.1 a 14.0 °C para la temperatura en las estaciones meteorológicas más próximas.

MATERIAL Y METODOS

Se han establecido cinco transectos siguiendo una dirección Norte-Sur y de tal manera que atraviesan la sierra pasando al menos por uno de sus vértices o cimas principales (Fig. 1) y se ha dispuesto de los datos macromorfológicos y analíticos correspondientes a 33 perfiles de suelos estudiados en trabajos anteriores (Alfás y Martínez, 1982 b, 1983 a, 1983 b, 1984 b y 1988) siguiendo la metodología de campo y laboratorio que se indica en aquéllos, de los que se da aquí su deno-

minación según FAO (1988) y el Soil Survey Staff (1990).

Se ha dispuesto igualmente del mapa geológico de la zona (Martínez-Sánchez, 1981) a escala 1:50000, a partir del cual se ha realizado el corte geológico correspondiente a cada uno de los transectos, al que se ha superpuesto la secuencia altitudinal de suelos (Figs. 2, 3, 4, 5 y 6) basada en los estudios antes citados y en diversas observaciones complementarias.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como resultado de la aplicación de la metodología descrita, se han

obtenido las correspondientes catenas de suelos (Figs. 2, 3, 4, 5 y 6).

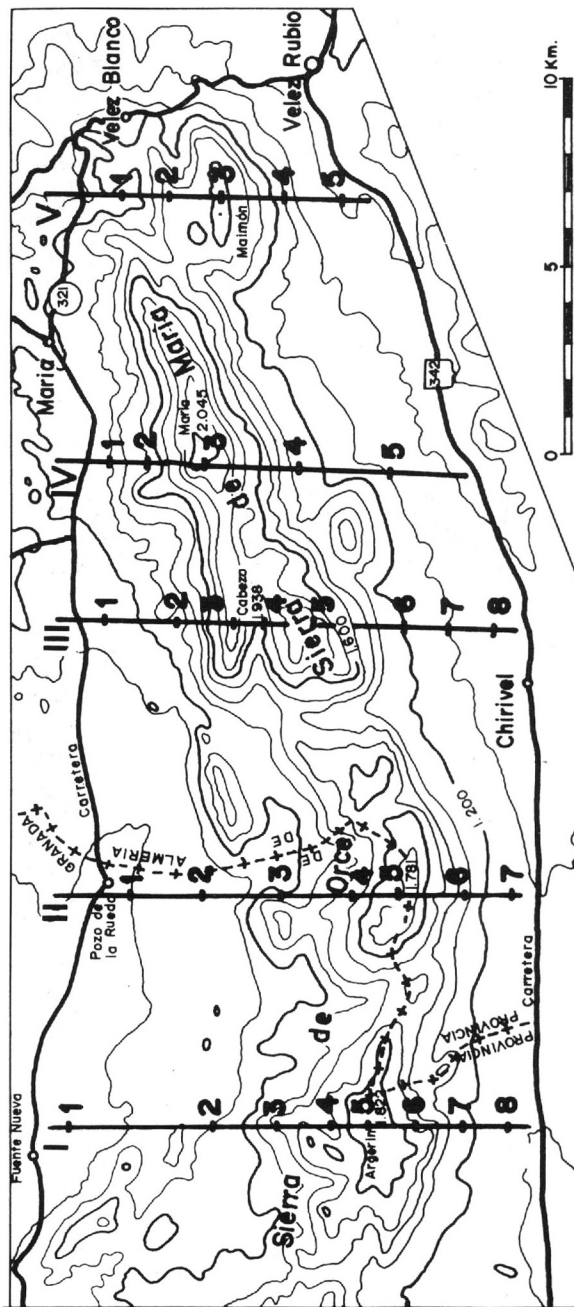


FIG. 1.—Esquema de situación.

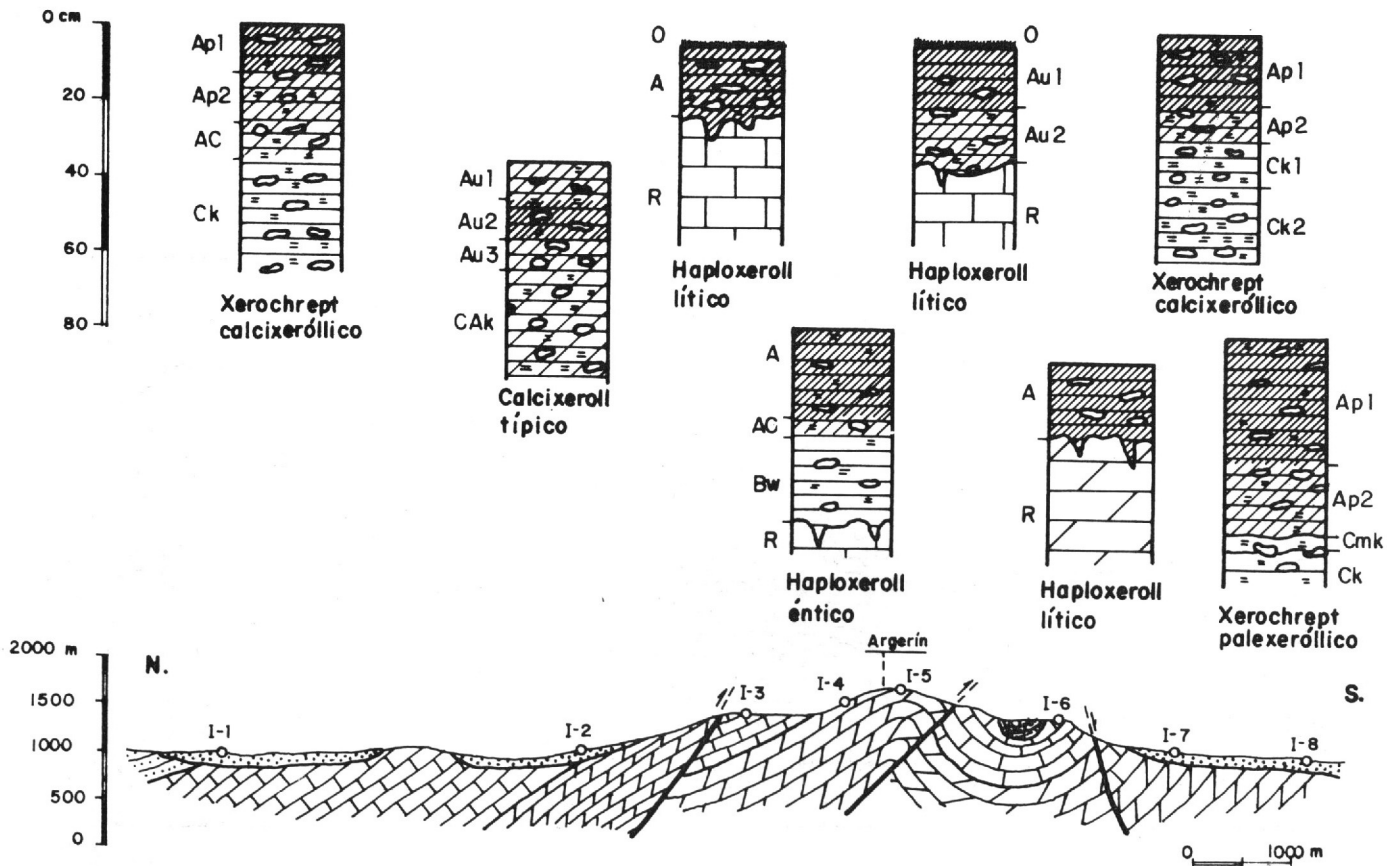


FIG. 2.—Corte geológico y catena de suelos núm. I. Sierra de Orce.

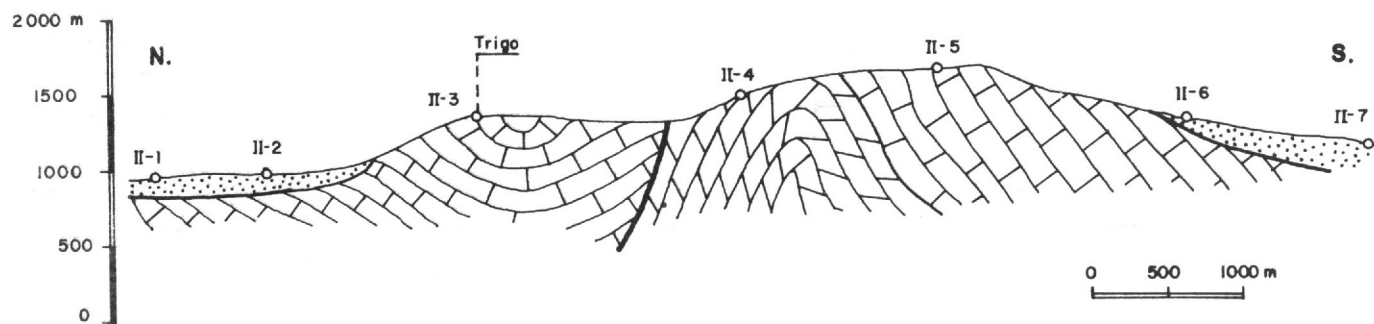
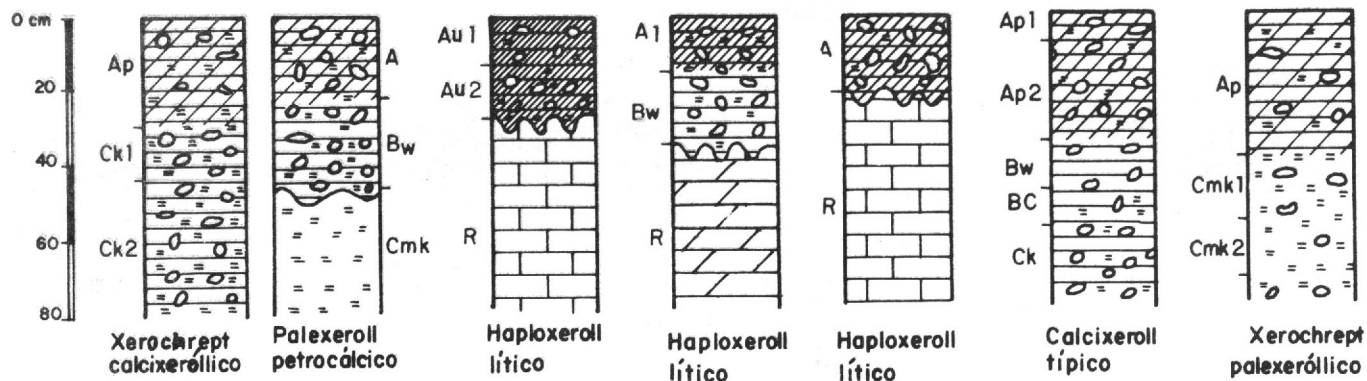


FIG. 3.—Corte geológico y catena de suelos núm. II. Sierra de Orce.

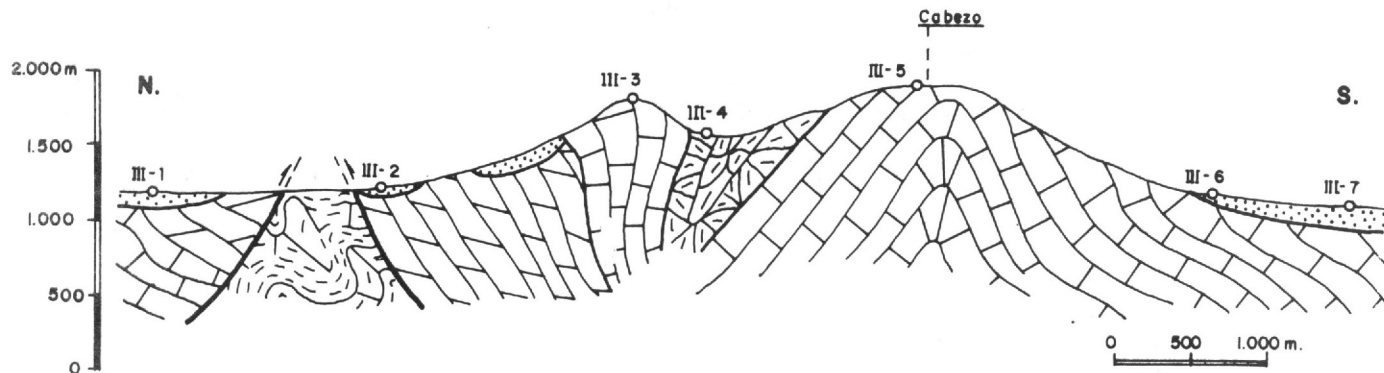
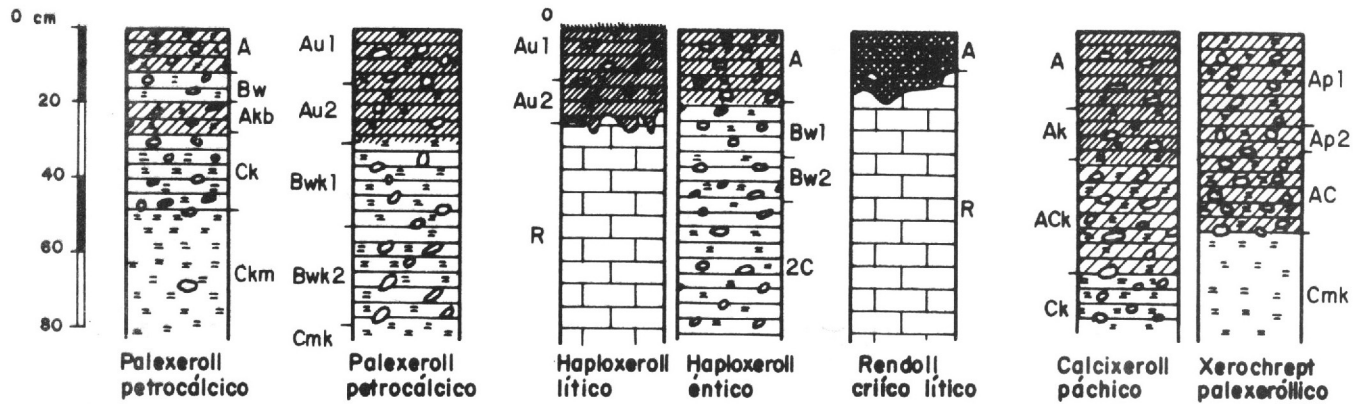


FIG. 4.—Corte geológico y catena de suelos núm. III, Sierra de María.

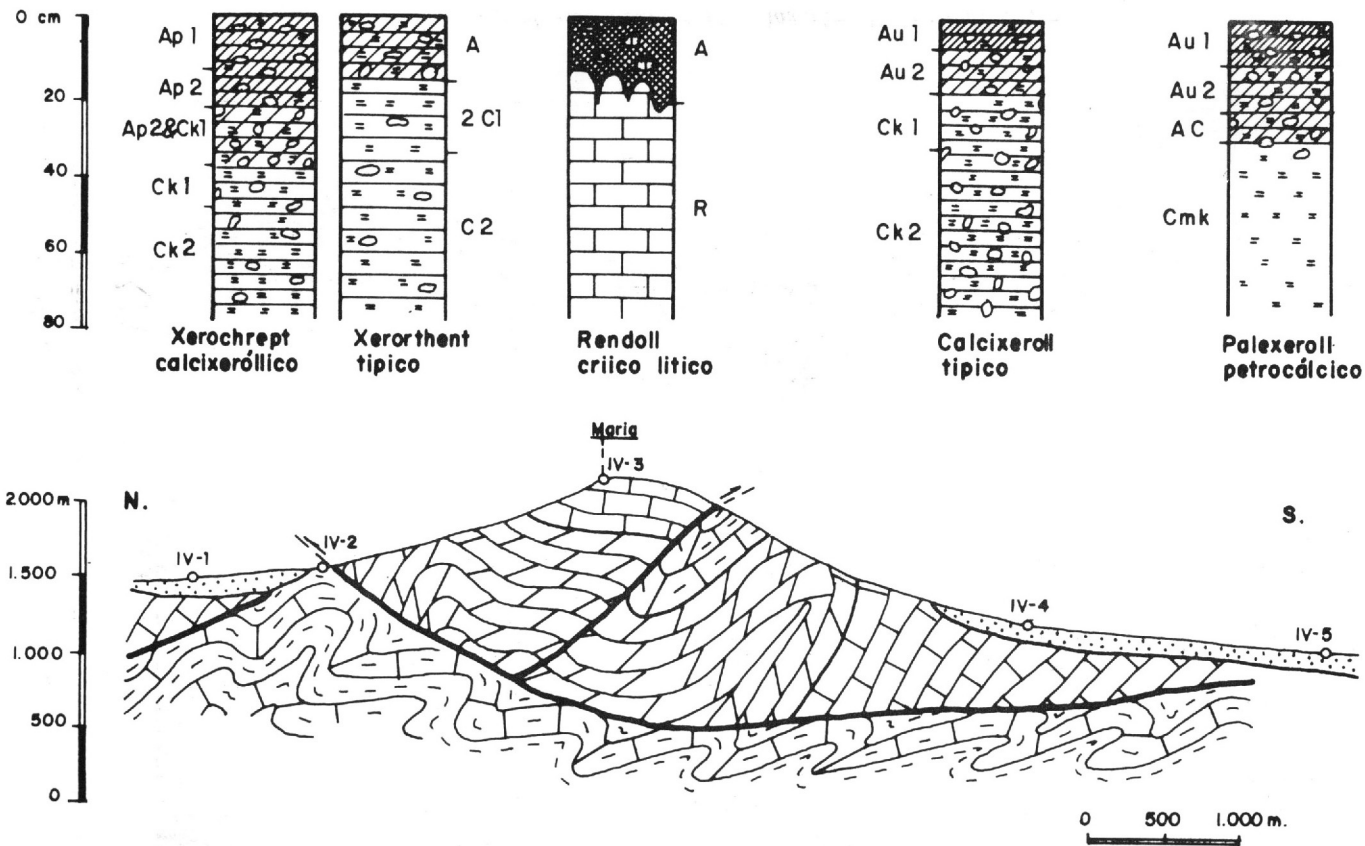


FIG. 5.—Corte geológico y catena de suelos, núm. IV. Sierra de María.

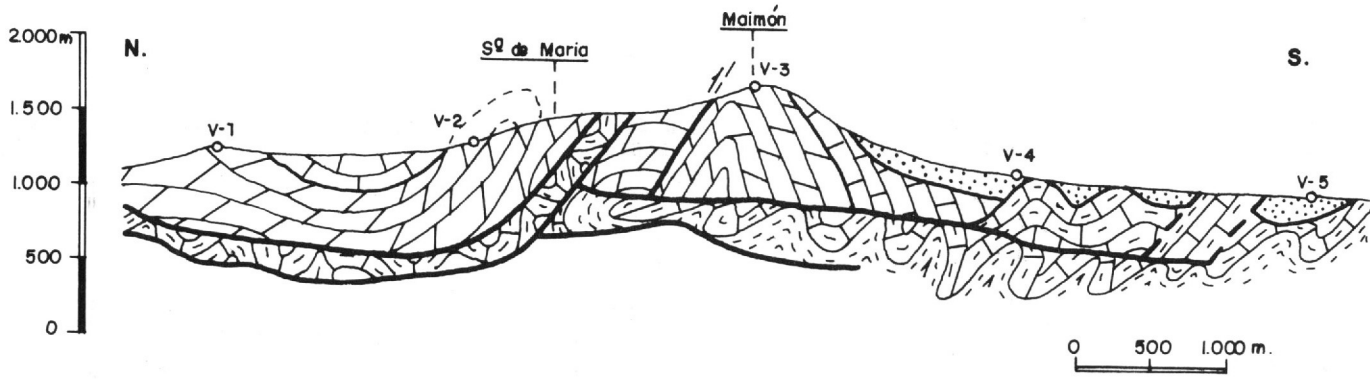
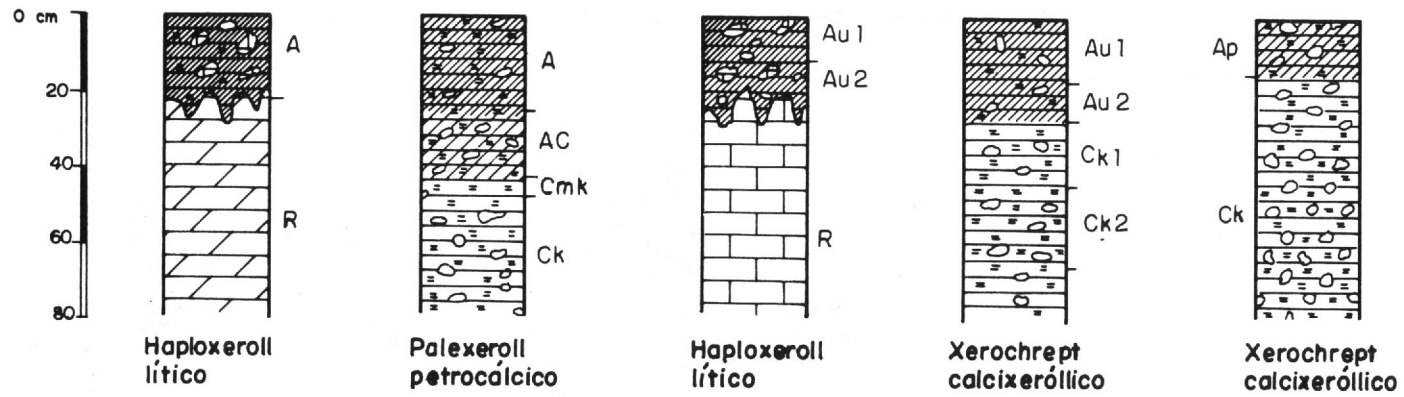


FIG. 6.—Corte geológico y catena de suelos núm. V. Sierra de María.

La gran similitud morfológica y analítica entre suelos situados a aproximadamente la misma altitud, en situación topográfica análoga y sobre materiales originales similares permite establecer tres zonas de suelos:

1. Suelos de cima de montaña

Situados en las zonas cacuminales de cada una de las catenas, son morfológicamente muy sencillos, ya que únicamente constan de un horizonte A cuyo espesor varía desde tan sólo algunos cm hasta aproximadamente los 30 cm y descansa directamente sobre una roca caliza o dolomítica.

Poseen un contenido en materia orgánica alto (11 - 25%), con un humus de tipo mull calizo y en ocasiones mull - móder.

El carbonato cálcico equivalente y activo presenta valores relativamente bajos (8-23% y 3-9%, respectivamente). La capacidad de cambio es elevada (44-67 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ suelo), el grado de saturación es casi del 100% y el complejo de cambio está dominado por los cationes calcio y magnesio. En concordancia con todo ello, los valores de pH en H_2O y KCl son neutros o ligeramente alcalinos y muy próximos entre sí.

Cuando el régimen de temperatura es críco (altitud mayor de 1900 m) los suelos se clasifican como Rendolls críco-líticos (Leptosoles réndnicos) y Cryorthents líticos (Leptosoles líticos), según que el espesor de su horizonte A sea o no suficiente para constituir epipedión móllico, mientras que bajo régimen de temperatura frígido (1700-1900 m) se presentan Haploxerolls líticos (Leptosoles réndnicos) y Xerorthents líticos (Leptosoles líticos), igualmente

en función de su epipedión. En definitiva, las zonas cacuminales de las Sierras de Orce y María se caracterizan por una asociación de Rendolls crícos-Criorthents líticos por encima de 1900 m, cuya vegetación potencial corresponde al *Daphno-Pinetum sylvestris* actualmente degradado a matorrales almohadillados de la alianza *Xeracantho-Erinaceion*, y de Haploxerolls líticos-Xerorthents líticos a menor altitud, cuya vegetación potencial es similar a la anterior o *Berberidi-Quercetum rotundifoliae* dependiendo de la altitud y la orientación, hoy igualmente muy degradada por espinales y matorrales.

La génesis de estos suelos consiste en una disolución de la roca carbonatada, con evacuación del carbonato cálcico fuera del perfil, y la incorporación de materia orgánica al residuo dejado por dicha roca, al propio tiempo que la alteración química alcanza una cierta intensidad y se manifiesta en valores de la relación Fe libre/Fe total de tipo medio (0.30 - 0.44) y en la evolución parcial de la illita heredada del material original hacia montmorillonita (Alías y Martínez, 1984 a). No obstante, queda impedida la formación de un horizonte Bw cámbico, no tanto por la intensidad de la alteración, sino más bien por el muy elevado grado de pureza de las rocas carbonatadas, resultado de lo cual es la liberación de una pequeña cantidad de residuo, sobre el que interviene el proceso de humificación y la consiguiente formación de un horizonte A húmfero de espesor variable.

2. Suelos de ladera

Se encuentran a altitud mayor de 1300 m, con una pendiente gene-

ralmente superior al 25% y sus materiales litológicos generalmente son coluvios que alcanzan espesores muy variables, unas veces sobre rocas consolidadas y otras sobre margas. Presentan un perfil de tipo A-C, A-Ck, A-Cmk o A-Bw- C(R), pero cuando tienen el horizonte Bw cámbico es muy calizo o está escasamente desarrollado.

El contenido en materia orgánica es intermedio (2 - 11%) entre el de los suelos de cima de montaña y el de los de piedemonte, tratándose de un mull calizo.

Los valores de carbonato cálcico equivalente y activo (20 - 60% y 4 - 14%, respectivamente) son tanto más bajos cuanto mayor es la altitud y la pendiente, aumentando cuando los suelos se hallan situados en la proximidad de las zonas de piedemonte, sobre materiales sueltos. Los valores de pH son ligeramente alcalinos y el grado de saturación en bases muy elevado, predominando los cationes calcio y magnesio.

En los suelos desarrollados sobre calizas y dolomias el hierro sigue un comportamiento similar al de los suelos de las zonas cacuminales, mientras que los valores son más bajos en suelos con influencia de margas en su formación.

De acuerdo con sus características morfológicas y sus horizontes diagnósticos, los suelos actuales de ladera son generalmente Haploxerolls énticos y líticos (Leptosoles réndricos y líticos), Calcixerolls páchicos (Kastanosems cálcicos) y Palixerolls petrocálcicos (Kastanosems cálcicos en fase petrocálcica) y sólo muy ocasionalmente, cuando el epipedión no es lo suficientemente espeso para ser móllico, pertenecen a los Xerorthents

típicos (Leptosoles réndricos). Por lo tanto, las zonas de ladera de las Sierras de Orce y María se caracterizan por una asociación de Xerolls-Xerorthents (Kastanosems cálcicos-Leptosoles réndricos y líticos), correspondiendo los primeros a Haploxerolls (Leptosoles réndricos y líticos) aproximadamente por encima de los 1400 m y a Calcixerolls y Palixerolls (Kastanosems cálcicos) a altitudes comprendidas entre los 1300 - 1400 m. La vegetación potencial corresponde a un carrascal de Berberidi - Quercetum rotundifoliae o Bupleuro - Quercetum rotundifoliae a menor altitud, de los que actualmente sólo quedan restos junto a matorrales de degradación (Lavandulo - Echinopartion), tomillares, etc.

La edafogénesis de los suelos de esta zona topográfica es en lo esencial del mismo tipo que la de cima de montaña, pero presentan una diferencia importante cuando el espesor de coluvios es suficiente para que, además de ocurrir la evacuación del carbonato cálcico, venga favorecida la formación de un horizonte Bw cámbico, ya que entonces los materiales sueltos no están afectados en su totalidad por el proceso de humificación y resulta patente el empardecimiento en profundidad, aunque la descarbonatación nunca sea total. El estudio mineralógico indica que el suelo no procede en su totalidad de la roca carbonatada subyacente y la illita evoluciona a montmorillonita.

3. Suelos de piedemonte

A altitud menor de 1300 m, los

suelos de piedemonte cubren superficies de suave pendiente, sobre derrubios y sedimentos cuaternarios. Presentan un perfil de tipo Ap-Ck (Cmk) o A (Ap)-Bw-Ck (Cmk).

Poseen un bajo contenido en materia orgánica, si bien existen diferencias netas entre los suelos de cultivo (1.5 - 4%) y los que se encuentran bajo vegetación natural (3-11%). Se trata de una materia orgánica bien humificada con relación C/N próxima a 10.

Son suelos con muy elevado contenido en carbonato cálcico equivalente y activo (20 - 60% y 11 - 15%) que aumenta con la profundidad llegando hasta casi el 90%, por lo que los valores de pH son siempre ligeramente alcalinos y el grado de saturación muy elevado, con predominio manifiesto de los cationes de cambio calcio y magnesio.

Los suelos de piedemonte son Xerochrepts calcixeróllicos (Calcisoles háplicos) y palexeróllicos (Calcisoles pétricos), así como Calcixerolls típicos (Kastanosems cálcicos) y Palexerolls petrocálcicos (Kastanosems cálcicos en fase petrocálcica). Los Xerochrepts caracterizan a las superficies más alejadas de las sierras, tradicionalmente cultivadas, mientras que los Mollisoles se encuentran en las proximidades de aquéllas cubriendo zonas con vegetación natural (*Quercetum rotundifoliae* degradado) o de cultivo sin duda alguna más reciente. El piedemonte de las Sierras de Orce y María está, pues, caracterizado por una asociación Calcixerolls- Palexerolls (Kastanosems cálcicos-Kastanosems cálcicos en fase petrocálcica) con algunas inclusiones de Xerochrepts (Calcisoles) cuando la vegetación es natural, mientras que

las superficies topográficamente análogas, pero modificadas por el cultivo, quedan representadas por Xerochrepts calcixeróllicos y palexeróllicos, es decir que se alejan bastante del suelo climax, como consecuencia de tratarse en gran parte de suelos de cultivo o por haberse formado a partir de sedimentos de materiales edafizados bajo condiciones climáticas distintas de las actuales.

En cuanto a su génesis se refiere, el proceso de humificación conduce a la formación de horizontes A con todas las características del epipedión móllico, si bien su contenido en materia orgánica disminuye considerablemente por efecto de las labores de cultivo y el color del horizonte se hace menos oscuro, pasando a ser un epipedión ócrico. Al lavado vertical del carbonato cálcico suma sus efectos el lavado lateral de este constituyente a partir de zonas topográficamente más elevadas, lo cual da lugar a la formación de horizontes cálcicos y petrocálcicos tanto en los Inceptisoles como en los Mollisoles. Con frecuencia, los Calcixerolls y Palexerolls poseen un horizonte Bw cámbico, que indica la intervención de un proceso de empardecimiento e incluso de rubefacción, incompatible este último con las condiciones climáticas actuales, por lo que es necesario pensar que dichos suelos se hayan formado en gran parte a partir de materiales edafizados bajo condiciones climáticas distintas de las actuales y posiblemente en situaciones topográficas más elevadas, en concordancia con los valores de la relación Fe libre/Fe total, similar a la de los suelos de cima de montaña y mayor en los suelos más próximos a la sierra que

en los alejados de la misma; estos materiales más o menos rubificados y, en todo caso, más intensamente descarbonatados que lo que corresponde a las condiciones climáticas

actuales, fueron posteriormente erosionados y depositados al pie de las sierras, sirviendo de material de partida para la formación de los suelos actuales.

CONCLUSIONES

El contenido en materia orgánica de los horizontes superiores de los suelos estudiados es siempre mayor que el mínimo exigido para el epipedión móllico, de tal manera que se puede afirmar que en condiciones naturales, el epipedión de los suelos de la zona estudiada sería móllico siempre que alcanzara suficiente desarrollo.

Como consecuencia de la dinámica del carbonato cálcico, es característica general de los suelos de las zonas altas de ambas sierras, así como de los suelos de ladera formados a partir de rocas consolidadas o de coluvios poco profundos, la ausencia de un horizonte cálcico, tipo de horizonte diagnóstico que muy ocasionalmente se presenta en perfiles de suelos de ladera cuando los derrubios que cubren a las rocas consolidadas tienen mayor espesor, debido a que en tales circunstancias, además del lavado lateral, adquiere cierta importancia el lavado vertical.

En las partes bajas de las sierras, en las que predominan los materiales sueltos, existe con carácter general un horizonte de acumulación de carbonato cálcico que reúne los requisitos del horizonte cálcico e incluso constituye en muchos casos un horizonte petrocálcico, debido todo ello a que contribuyen a la acumulación de CaCO_3 en profundidad

tanto el lavado vertical como el lavado lateral de las zonas topográficamente más altas.

Como indican los valores de la relación Fe libre/Fe total y los resultados del estudio mineralógico de los suelos en relación con las rocas carbonatadas subyacentes, la alteración química alcanza actualmente una intensidad baja. En efecto, las condiciones de edafogénesis, bajo un clima caracterizado por un marcado déficit hídrico durante gran parte del año y en presencia de abundante CaCO_3 , son poco favorables para la formación de horizontes de alteración en profundidad, de tal manera que sólo muy ocasionalmente resulta ostensible el proceso de empardecimiento y la diferenciación en el perfil de un horizonte Bw con valor diagnóstico de horizonte cámbico, todo lo cual ocurre preferentemente en algunas zonas de ladera con materiales coluviales sobre rocas calizas en las que el solum alcanza bastante espesor y, además está favorecida la evacuación de carbonatos.

La actual distribución geográfica de los suelos junto con la acción de los factores de edafogénesis permiten concluir que, bajo condiciones naturales de vegetación, todos los suelos de las Sierras de Orce y María, así como los de las zonas bajas adyacentes, pertenecerían al orden de los

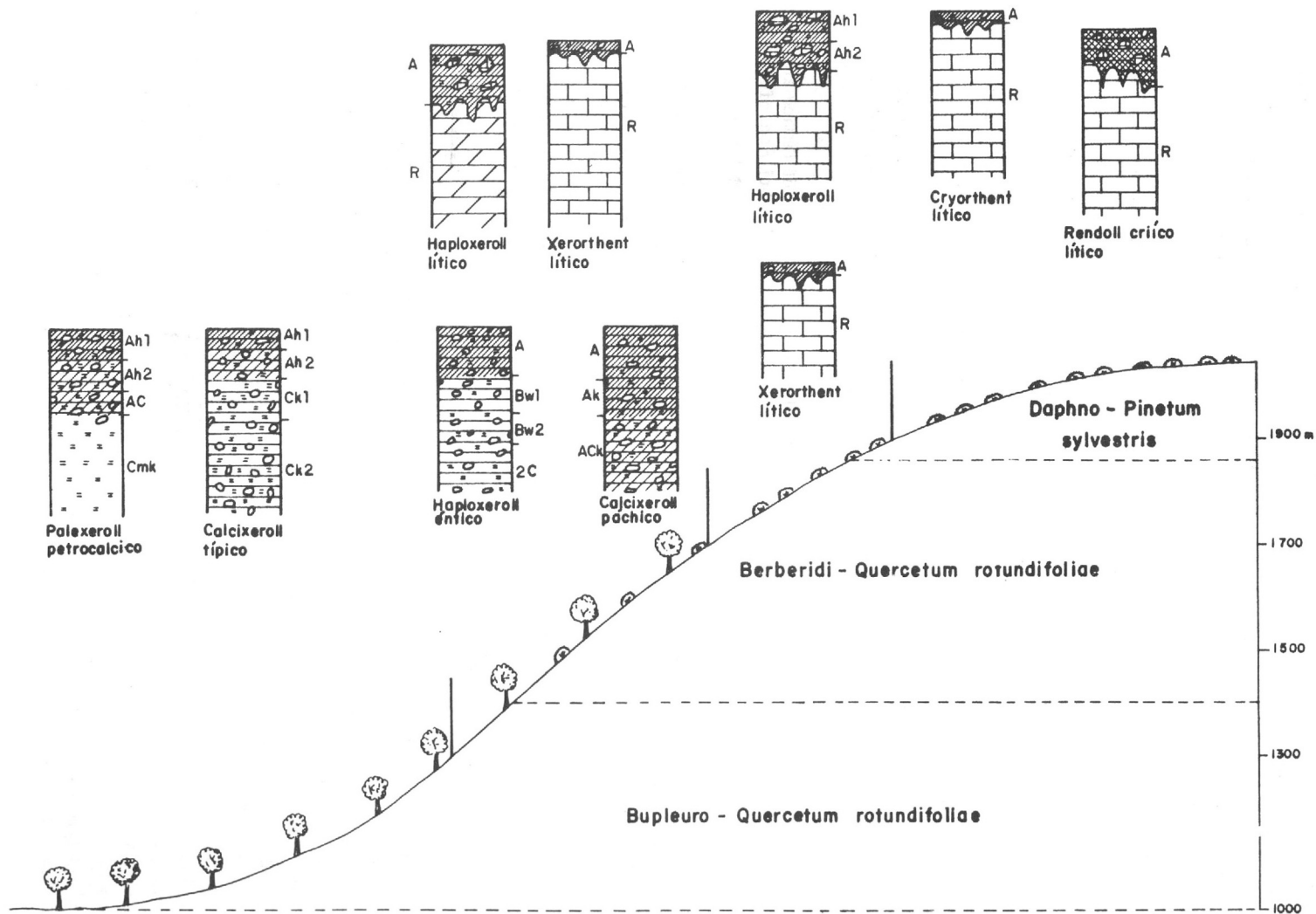


FIG. 7.— Catena potencial de suelos de las Sierras de Orce y María.

Mollisoles, salvo en el caso de aquellos suelos más incipientes, consistentes en un epipedión con las características del móllico, pero con menos de 10 cm de espesor, descansando directamente sobre la roca original, que corresponderían a Entisoles.

Con ello es posible establecer la catena potencial que teóricamente cabe esperar (Fig. 7) caracterizaría a las Sierras de Orce y María si la intervención del hombre no hubiera modificado tan intensamente la vegetación, y que sería la siguiente:

a) Rendolls crícos líticos (Leptosoles réndricos) y Cryorthents líticos (Leptosoles líticos) a altitudes mayores de 1900 m.

b) Haploxerolls líticos (Leptosoles réndricos) y Xerorthents líticos (Leptosoles líticos) en altitudes comprendidas entre 1700 y 1900 m.

c) Haploxerolls líticos (Leptosoles réndricos) y Xerorthents líticos (Leptosoles líticos) sobre materiales consolidados, y Haploxerolls énticos (Leptosoles réndricos) y Calcixerolls páchicos (Kastanosems cálcicos), sobre materiales sueltos, a altitudes comprendidas entre 1300 y 1700 m.

d) Calcixerolls típicos y Palexerolls petrocálcicos (Kastanosems cálcicos) en altitudes menores de aproximadamente los 1300 m.

BIBLIOGRAFIA

- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J., 1982 a. Características bioclimáticas de interés edafológico de las Sierras de Orce y María. An. Edafol. Agrobiol., 41: 11-20.
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J., 1982 b. Rendolles de la Sierra de María (Almería). An. Edafol. Agrobiol., 41: 1609-1620.
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J., 1983 a. Haploxerolls de la Sierra de Orce (Granada). An. Edafol. Agrobiol., 41: 1541-1553.
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J., 1983 b. Haploxerolls de la Sierra de María (Almería). An. Edafol. Agrobiol., 42: 1905-1912.
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J., 1984 a. Palexerolls petrocálcicos de las Sierras de Orce y María. An. Edafol. Agrobiol., 43: 143-152.
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J., 1984 b. Mineralogía de arcillas de los Haploxerolls de las Sierras de Orce y María, I Congreso Nac. Ciencia Suelo, Madrid, 2, 995-1004.
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J., 1988. Xerochrepts de las Sierras de Orce y María. An. Edafol. Agrobiol., 47: 135-149.
- BOULAINÉ, J., 1980. Pédologie Appliquée. Masson, Paris.
- BUSHNELL, T. M., 1942. Some aspects of the soil catena concept. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 7: 466-476.
- CARLTON, W. E., 1954. An experimental pedological map of Tanganyika. Dep. Lands Survey.
- CONACHER, A. J. and DALRYMPLE, J. B., 1977. The nine unit landsurface model: An approach to pedogeomorphic research, Geoderma, 18: 1-154.
- DAN, J. and YAALON, D. H., 1964. The application of the catena concept in studies of pedogenesis in Mediterranean and desert fringe regions. Trans. 8th. Int. Congr. Soil Sci., Bucarest, 751-758.

- DAN, J., YAALON, D. H. and KOYUMDSJISKY, H., 1968. Catenary soil relationships in Israel. 1. The Netanga catena on coastal dunes of the Sharon. *Geoderma*, 2: 95-120.
- DANIELS, R. B., GAMBLE, E. E. and CADY, J. G., 1971. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. *Adv. Agron.*, 23: 51-88.
- FAO., 1988. FAO-UNESCO Soil Map of the World, Revised Legend. World Soil Resources Report 60, FAO. Rome.
- GERRARD, A. J., 1981. Soils and Landforms. An integration of Geomorphology and Pedology. 219 p. George Allen and Unwin. London.
- HALL, G. F., 1983. Pedology and Geomorphology, 117-140. In: Wilding, L. P., Smeck, N. E., and Hall, G. F. *Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and Interactions.* 303 p. Developments in Soil Science 11A. Elsevier. Amsterdam.
- HONEYCUTT, C. W., HEIL, R. D. and COLE, C. V., 1990 a. Climatic and topographic relations of three Great Plains soils. I. Soil morphology. *Soil Sci. Am. J.*, 54: 469-475.
- HONEYCUTT, C. W., HEIL, R. D. and COLE, C. V., 1990 b. Climatic and topographic relations of three Great Plain soils. II. Carbon, nitrogen, and phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 476-483.
- HUGGETT, R. J., 1975. Soil landscape systems: A model of soil genesis. *Geoderma*, 13: 1-22.
- JENNY, H., 1946. Arrangement of soil series and types according to functions of soil-forming. *Soil Sci.*, 61: 375-391.
- JENNY, H., 1961. Derivation of state factor equations of soil and ecosystems. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 25: 385-388.
- MARTINEZ SANCHEZ, J., 1981. Estudio edafológico de las sierras de Orce y Marfa. Tesis Doctoral. Univ. Murcia.
- McCAIG, M., 1985. Soil properties and subsurface hydrology, 121-140. In: K. S. Richards, R. R. Arnett, and S. Ellis. *Geomorphology and Soils.* 441. George Allen and Unwin. London.
- MILNE, G., 1935 a. Some suggested units for classification and mapping, particularly for East African soils. *Soil Res.*, 4: 183-198.
- MILNE, G., 1935 b. Composite units for the mapping of complex soil associations. *Trans. 3rd Int. Cong. Soil Sci.*, 345-347.
- MILNE, G., 1936. Normal erosion as a factor in soil profile development. *Nature*, 138: 548.
- MILNE, G., BECKLEY, V. A., GETHIN JONES, G. H., MARTIN, W. S., GRIFFITH, G. and RAYMOND, L. W., 1936. A provisional Soil Map of East Africa (Kenya, Uganda, Tanganyica and Zanzibar) with Explanatory Memoir. Crown Agents for the Colonies. London.
- RADWANSKI, S. A., 1971. East African catenas in relation to land use and farm planning. *World Crops*, 22: 265-273.
- SCOTT, R. M., 1962. The soils of East Africa. In: E. W. Russell (Ed.). *The natural resources of East Africa.* East Afr. Lit. Bur., Nairobi: 67-76.
- SOIL SURVEY STAFF, 1990. Key to Soil Taxonomy, fourth edition. SMSS technical monograph no. 6. Blacksburg. Virginia.

*Recibido de la Comisión: 21-5-91.
Aceptado para publicación: 9-10-91.*