

CARACTERIZACIÓN DE ROCAS CALCÁREAS SOBRE LAS QUE SE DESARROLLAN SUELOS FORESTALES DE LA RESERVA DE GRAZALEMA (CÁDIZ)

J.L. González (*), J. Mérida (*), L. Corral (**) y G. Paneque (**)

RESUMEN

Continuando con trabajos anteriores, se estudian las características químicas y mineralógicas de cuatro tipos de rocas liásicas calcáreas (calcarenitas, calizas tableadas, calizas masivas y margas), sobre las que se desarrollan suelos forestales de la Reserva de Grazalema (Cádiz, España). En todas ellas se presentan calcita, cuarzo y mica, aunque en distintas proporciones. Además, existe dolomita en las calizas masivas y calcarenitas, caolinita en las calizas tableadas y masivas y, por último, esmectitas en las margas.

Palabras clave: Rocas calcáreas, suelos forestales, Reserva de Grazalema.

ABSTRACT

Continuing with previous works, we study the chemical and mineralogical characteristics of four types of calcareous liassic rocks (calcarenites, laminated limestones, lump limestones and calcareous marls), on which are developed the forest soils of the Grazalema Reserva (Cadiz, Spain). In all of these are present calcite, quartz and mica, although in different proportions. Moreover, dolomite, is found in the calcarenites and the lump limestones, kaolinite in the laminated and lump limestones and, finally, smectites in the marls.

Key words: Calcareous rocks, forest soils, Grazalema Reserve.

Introducción

La Reserva de Grazalema, parte integrante de una red Internacional de Reservas de la Biosfera (UNESCO), está situada en la Serranía de Grazalema (Cádiz, España). Los suelos de dicha Reserva se desarrollan sobre materiales calcáreos jurásicos. En este trabajo se han seleccionado las calizas liásicas sobre las que se ubican los suelos forestales de dicha zona de estudio, contribuyendo así a un mayor conocimiento de los componentes minerales de dichos suelos.

El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación subvencionado por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Ciencia de España, cuyos objetivos son estudiar estos suelos, sus características generales (Corral *et al.* 1984; Mérida *et al.* 1984a; González *et al.* 1984a), su sistema de materia orgánica (Mérida *et al.* 1983; Mérida *et al.* 1984b; Mérida *et al.* 1986a, la caracterización y dinámica de su materia mineral (González *et al.* 1983; González *et al.* 1984b; González *et al.* 1985; González *et al.* en prensa), y la fertilidad química de los mismos (Mérida *et al.* 1986b).

Material y métodos

Se estudian 69 muestras de rocas, en distintos estadios de meteorización, consideradas *materiales originales*, de los suelos forestales de la Reserva de Grazalema que, de acuerdo con la identificación realizada en campo y la descripción realizada en laboratorio, se distribuyen del modo siguiente:

- 18 son areniscas calizas, sobre las que se desarrollan Mollisoles e Inceptisoles que soportan bosques de encinas y monte bajo preferentemente (Corral *et al.* 1984).
- 10 corresponden a calizas tableadas sobre las que existen Entisoles e Inceptisoles que soportan bosques de encinas y alcornos fundamentalmente (Corral *et al.*, 1984).
- 31 muestras son calizas masivas sobre las que se desarrollan Mollisoles y algún Histosol, siendo su vegetación predominante bosques de pinsapos (Corral *et al.*, 1984).
- Finalmente, otras 10 muestras son margas calcáreas sobre las que existen casi exclusivamente Inceptisoles que soportan bosques de quejigos (Corral *et al.*, 1984).

A cada una de las muestras se le determina su densidad por

(*) Departamento de Química Agrícola y Edafología. Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba.

(**) Departamento de Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla.

picnometría, pH y contenido en carbonatos (Gutián y Carballas, 1976), análisis químico por espectrofotometría de absorción atómica (Pinta, 1971) y mineralogía por Rayos X. Igualmente, se extrajo la fracción arcilla de estas rocas siguiendo los métodos descritos por Aliás y Martínez (1982), efectuando diagramas de Rayos X de las muestras sometidas a diversos tratamientos.

Con los datos obtenidos del análisis químico se confecciona la composición química media para cada tipo de roca, especificando los rangos de variación para cada parámetro determinado.

Resultados y discusión

Las areniscas calizas poseen un color muy semejante en todas sus muestras, con predominio del pardo en intensidades diferentes. En la Tabla 1 figuran los datos de pH, porcentaje de carbonatos y densidad de estas rocas. El pH tiene un valor medio de 8,2 siendo generalmente mayor cuanto más alto es el contenido en carbonatos. No obstante, se presentan irregularidades de modo que porcentajes relativamente pequeños de carbonatos dan pH más altos de los que en principio parecen corresponderles, y viceversa. Esto puede explicarse, en parte, considerando la granulometría de las muestras, ya que las de grano más fino proporcionan valores más elevados de pH (Callot *et al.*, 1978). La densidad presenta un valor medio de 2,60.

Los resultados del análisis químico (Tabla 2) permiten mostrar que la proporción media de SiO_2 es 6,12%, la de Al_2O_3 0,39% y la de Fe_2O_3 es 2,66%, algo inferiores, en general, a los citados por Hoyos *et al.* (1970, 1976) para areniscas análogas.

El contenido medio de CaO es 24,0%, indicando los resultados que las muestras más meteorizadas presentan una menor riqueza en este óxido, ya que si existe suficiente vegetación—caso de la Reserva de Grazalema— para originar un enriquecimiento de CO_2 procedente de la oxidación de la materia orgánica del suelo, se produce la disolución preferente del CaCO_3 frente al MgCO_3 (Rankama y Sahama, 1962).

El porcentaje medio de MgO es 20,44%, algo más bajo que el de CaO. En las rocas más alteradas, existe un enriquecimiento en MgO, que puede deberse a la redolomitización de estas rocas calcáreas (García, 1977), y a la pérdida de iones calcio antes apuntada. Los contenidos en Na_2O y K_2O son muy bajos, y la presencia de TiO_2 no ha sido detectada. Por otra parte, los bajos porcentajes de K_2O y Al_2O_3 concuerdan con la pequeña cantidad de materiales filíticos encontrados en estas muestras.

Tabla 1.—pH, porcentaje de carbonatos y densidad de las muestras de rocas estudiadas.

	1		2		3		4	
	\bar{x}	rango	\bar{x}	rango	\bar{x}	rango	\bar{x}	rango
pH	8,2	8,0 — 8,5	6,7	4,5 — 8,4	8,1	7,7 — 8,3	7,4	7,1 — 8,3
% CO_3	61,6	45,0 — 69,0	29,8	0,0 — 55,1	63,2	53,7 — 70,1	45,3	40,4 — 54,9
Densidad	2,60	2,31 — 2,85	2,61	2,45 — 2,97	2,64	2,58 — 2,75	2,58	2,50 — 2,74

1: Calcarenitas; 2: Calizas tableadas; 3: Calizas masivas; 4: Margas calcárea.

Tabla 2.—Análisis químico de las muestras de rocas estudiadas.

	1		2		3		4	
	\bar{x}	rango	\bar{x}	rango	\bar{x}	rango	\bar{x}	rango
% SiO_2	6,12	1,69 — 9,85	47,29	3,16 — 93,01	2,90	0,33 — 5,31	12,63	6,64 — 26,03
% Al_2O_3	0,39	0,07 — 1,00	2,67	0,16 — 4,33	0,10	0,00 — 0,81	4,29	1,32 — 8,72
% Fe_2O_3	2,66	0,15 — 4,47	0,99	0,18 — 1,12	2,34	0,12 — 5,11	1,93	0,80 — 3,80
% MgO	20,49	8,99 — 32,30	0,78	0,15 — 2,26	26,85	16,11 — 34,80	14,96	4,71 — 20,80
% CaO	24,00	14,53 — 34,53	27,68	0,34 — 50,30	21,71	11,66 — 29,62	27,94	25,93 — 30,11
% Na_2O	0,06	0,00 — 0,23	0,05	0,00 — 0,11	0,03	0,00 — 0,13	0,14	0,04 — 0,34
% K_2O	0,04	0,00 — 0,16	0,66	0,03 — 1,20	0,02	0,00 — 0,10	1,06	0,75 — 2,01
% TiO_2	0,00	0,00 — 0,00	0,09	0,00 — 0,32	0,00	0,00 — 0,00	0,03	0,01 — 0,07
Mn (ppm)	21,6	6,6 — 39,8	23,5	39,0 — 1,0	18,8	5,4 — 34,3	124,0	92,0 — 149,3
Cu (ppm)	3,3	0,0 — 6,6	5,9	0,0 — 26,0	3,3	0,0 — 11,0	14,2	5,8 — 31,4
Zn (ppm)	8,8	1,4 — 16,7	23,0	2,0 — 42,0	7,8	1,2 — 20,6	15,0	5,6 — 25,3

1: Calcarenitas; 2: Calizas tableadas; 3: Calizas masivas; 4: Margas calcárea.

Respecto a los otros oligoelementos determinados, el Mn es el mayoritario, seguido de Zn y Cu en este orden. Se observa, además, que los contenidos en Zn presentan una correlación positiva y significativa al 99,9% con el porcentaje de carbonatos, debido probablemente a la presencia de este catión en los carbonatos alcalinotérreos de las muestras.

La Figura 1 contiene los diagramas de polvo de dos de estas muestras, seleccionados entre los 18 realizados. El mineral mayoritario es la dolomita presente en todas las muestras. Sus efectos principales corresponden a espaciados de 2,88; 2,67; 2,40; 2,19; 2,01 Å, etc., correspondientes a los planos (104), (006), (110), (113), (202), etc. Le sigue en abundancia la calcita, presente también en todas las muestras y caracterizada por las difracciones a 3,86; 3,03; 2,49; 2,28; 2,09 Å, etc., correspondientes a los planos (102), (104), (110), (113), (202), etc. El cuarzo ha sido detectado en todas las muestras excepto en dos, y queda caracte-

terizado por las reflexiones a 4,26; 3,43; 2,82; 2,45; 1,81 Å, etc., correspondientes a los planos (100), (101), (110), (102), (112), etc.

En resumen, la composición mineralógica de estas rocas calcáreas está constituida, básicamente, por dolomita y calcita que forman el esqueleto y gran parte del cemento de las mismas. Algunas muestras presentan sílice en la matriz, indicando los datos que a mayor contenido en cuarzo, mayor estado o estadio de alteración.

Estos materiales no contienen una proporción importante de fracción arcilla. Los Diagramas de Rayos X efectuados (Figura 2) revelan que su composición mayoritaria está constituida por cuarzo, acompañado de menores cantidades de minerales micáceos, como revela el efecto a 10 Å que no se desplaza a espaciados mayores al tratar la muestra con etilenglicol.

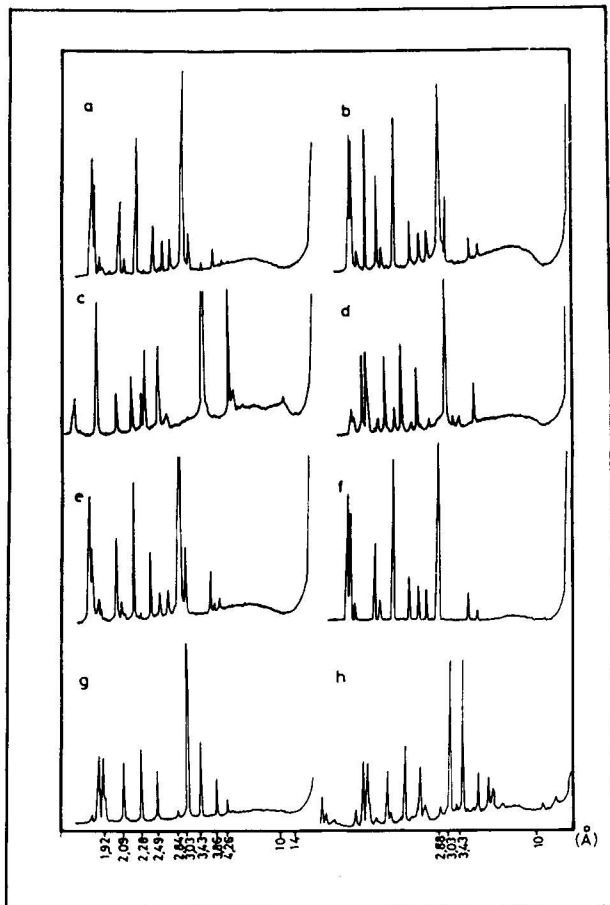


Fig. 1.—Diagrama de rayos X de algunas muestras de rocas estudiadas. a y b: calcarenitas. c y d: calizas tableadas. e y f: calizas masivas. g y h: margas calcáreas.

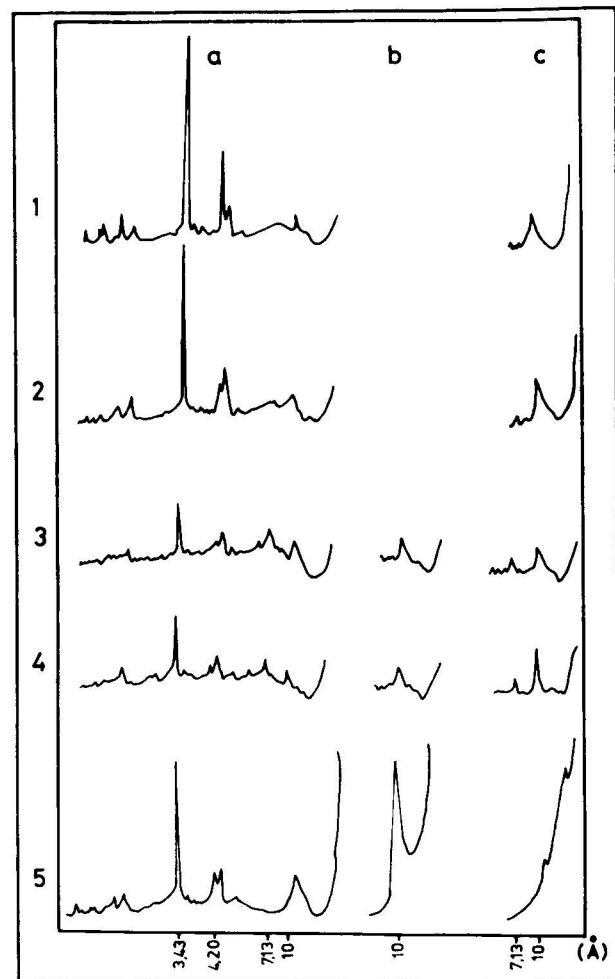


Fig. 2.—Diagrama de difracción de Rayos X de la fracción arcilla de distintas rocas (1 y 2 calcarenitas, 3 calizas tableadas. 4 calizas masivas, 5 margas. a) Agregados orientados. b) Agregados orientados + etilenglicol + 550° C. c) Agregados orientados + etilenglicol.

Por tanto, el conjunto de datos expuestos permite clasificar los materiales estudiados como *Calcarenitias*.

Respecto de las calizas tableadas, cabe destacar, que se tratan de calizas micríticas con intercalaciones y/o nódulos de naturaleza predominantemente silíceas, si bien, se ha reconocido en dichos nódulos la presencia de carbonatos en proporción minoritaria frente al sílex. La roca en su conjunto presenta una estratificación tabular, con un espesor medio de las capas de unos 40 cm. Poseen colores que van del gris al crema, tomando en superficie tonalidades del gris parduzco a pardo marrón.

En la Tabla 1 figuran los valores de pH, porcentaje de carbonatos y densidad de estas muestras. El valor medio de pH es 6,7 encontrándose grandes oscilaciones debido a la presencia de rocas con diverso grado de intemperación, así las muestras más alteradas presentan un pH ácido próximo a 4,5, mientras que las menos meteorizadas poseen un pH básico. El contenido medio en carbonatos es 29,8%, pudiéndose hacer análogas consideraciones a las efectuadas para el pH, así las rocas más frescas presentan altos contenidos en carbonatos, mientras que las más alteradas poseen unos valores nulos o casi nulos de los mismos. La densidad alcanza un valor medio de 2,61.

Su composición química figura en la Tabla 2, observándose un elevado porcentaje medio en SiO_2 (47,29%), debido a las muestras más alteradas, en las que la descarbonatación es muy intensa, con porcentajes incluso superiores al 90% en este óxido. El valor medio de Al_2O_3 alcanza el 2,67%, presentando mayores contenidos las rocas más meteorizadas. Los porcentajes de Fe_2O_3 no son elevados, alcanzando un valor medio de 0,99%.

Respecto a CaO y MgO , el contenido medio del primer óxido es mucho más elevado que el del segundo —27,68 y 0,78% respectivamente—, observándose, además, unos mayores valores de ambos elementos en las rocas frescas. Estas mayores provisiones de Ca respecto de Mg sugieren el predominio de carbonatos cálcicos.

Los porcentajes de Na_2O son muy bajos no sobrepasando en ningún caso valores de 0,11%. Los de K_2O son superiores, sobre todo en muestras alteradas, debido a la mayor presencia de materiales filíticos, alcanzando en varias muestras contenidos superiores al 1%. Las provisiones de TiO_2 son también muy bajas, siendo mayores en rocas alteradas. Cabe destacar, igualmente, que el contenido medio en Zn (23 ppm) es el mayor de los cuatro tipos de rocas estudiadas, siendo su-

perior al de Cu (5,9 ppm) y del mismo orden que el de Mn (23,5 ppm).

En la Figura 1 se presentan dos diagramas de polvo de rayos X de estas calizas tableadas, uno corresponde a una roca fresca y otro a una meteorizada. La calcita es el componente mayoritario de estas calizas en las muestras menos alteradas, como reflejan los efectos mencionados anteriormente. El segundo mineral en importancia es el cuarzo, que se convierte en mayoritario en las muestras más alteradas (Fig. 1c), como muestran los efectos antes mencionados. Además en tres muestras (Fig. 1d) se observan efectos a 3,39; 3,27; 2,70; 2,40 Å etc., correspondientes a los planos (111), (021), (012), (031), etc., del aragonito. Por último, en las rocas más alteradas existen minerales micáceos, que se identifican por una difracción a 10 Å y sus armónicos, que no sufren desplazamiento hacia espaciados mayores al tratar las muestras con etilenglicol.

Los diagramas efectuados a la fracción arcilla de estas rocas (Fig. 2) muestran un espaciado a 10 Å que no se desplaza al tratar la muestra con E.G., y otro a 7 Å que desaparece al calentar la muestra, lo que sugiere la presencia de mica y caolinita respectivamente.

El color de las calizas masivas es muy similar predominando el blanco de base, con matices pardos y grisáceos, de mayor a menor intensidad, semejante al determinado por Hoyos *et al.* (1970, 1976) para rocas análogas.

En la Tabla 1 se presentan los valores de pH, porcentajes de carbonatos y densidad de estas rocas. El valor medio de pH es 8,1, el contenido en carbonatos oscila entre 70,1 para rocas frescas y 53,7% para rocas alteradas, con un valor medio de 63,2%. La densidad media toma un valor de 2,64.

En la Tabla 2 se refleja el análisis químico de estas muestras. Primeramente, destacan unos pequeños valores de SiO_2 y Al_2O_3 , debido al menor grado de meteorización de estas muestras respecto de las anteriores. Los contenidos en Fe_2O_3 (0,12-5,11%) corresponden a los reseñados en la bibliografía consultada (Hoyos *et al.* 1970, 1976). Las provisiones medias de MgO y CaO son del mismo orden, 26,85 y 21,71% respectivamente, a diferencia de las calizas tableadas en que predomina el CaO . Los porcentajes de TiO_2 son inapreciables por las técnicas analíticas empleadas, mientras que los Na_2O y K_2O son muy bajos, confirmando el bajo grado de meteorización de estas muestras. Por otra parte, los contenidos de Mn son superiores a los de Zn y Cu.

El mineral mayoritario es la dolomita, como se pone de manifiesto por las reflexiones caracterís-

ticas de este carbonato enumeradas anteriormente (Fig. 1). Este mineral se encuentra presente en todas las muestras. Algunas rocas contienen también calcita, aunque en menor proporción.

En la Figura 2 se refleja un diagrama de rayos X de la fracción arcilla de estas rocas, con los diversos tratamientos efectuados. Se destaca la presencia de minerales micáceos, identificados por las difracciones a 10 Å y armónicos, que no sufren desplazamiento al tratar las muestras con E.G. Asimismo, se detecta caolinita en pequeña proporción, por el efecto a 7 Å y armónicos y, cuarzo como mineral accesorio.

Por tanto, estas rocas pueden considerarse como *Calizas dolomíticas*.

Respecto a las margas, su coloración está dentro de la gama de tonos pardos y el tamaño de grano no es observable a simple vista, de ahí su clasificación como micríticas, no habiendo observado en su interior la existencia de ningún tipo de diferenciación mineralógica penetrativa.

En la Tabla 1 se reflejan los contenidos en carbonatos, pH y densidad de las rocas estudiadas. Los valores de pH oscilan entre 7,1 y 8,3, los carbonatos entre 40,4 y 54,9%, mientras que la densidad media vale 2,58. En general, se observa una disminución de las dos primeras y un aumento de la tercera con la meteorización.

Los datos de análisis químico (Tabla 2) concuerdan con los encontrados por Hoyos *et al.* (1970, 1976) y Agulleiro y Alonso (1972) para rocas carbonatadas del mismo tipo, destacando los relativos altos contenidos en SiO₂ (12,63%) y Al₂O₃ (4,29%) como corresponde a rocas ricas en minerales arcillosos. El contenido medio de CaO es superior al de MgO, siendo además los porcentajes de K₂O superiores a los de N₂O por el hecho apuntado anteriormente de la presencia de filossilicatos en estas muestras. Los contenidos en TiO₂ en ningún caso superan el 0,1%. Por último, cabe destacar que, de los microelementos analizados, los contenidos en Mn y Cu son superiores a los de otros tipos de rocas de la Serranía de Grazalema.

En cuanto a la composición mineralógica de estas muestras, los componentes mayoritarios son calcita y cuarzo (Fig. 1g y 1h), como se demuestra por los espaciados antes comentados, detectándose mayores contenidos en este último en las rocas más alteradas (Fig. 1g). Respecto de la mineralogía de la fracción arcilla de estas rocas, se destaca la presencia de cuarzo, como se observa por los diagramas de rayos X que se muestran en la Figura 2. Asimismo, se observa una banda que ocupa la región de los 10 a los 14 Å, enmascarando casi totalmente la reflexión de 10 Å que, sin

embargo, se manifiesta por las reflexiones de segundo y tercer orden a 5 y 3,33 Å; esto junto con el reforzamiento de la intensidad del pico de 10 Å que se produce tras el calentamiento de la muestra a 550° C sugiere la presencia de ilita. Igualmente al solvatar las muestras con etilenglicol se observa un efecto a 17 Å que corresponde a esmectitas.

Por lo anteriormente expuesto, estas últimas rocas se pueden clasificar como *Margas muy calcáreas micríticas*.

Conclusiones

Atendiendo a las normas de clasificación de Delvigne *et al.* (1975), los tipos de rocas estudiadas sobre las que se desarrollan los suelos forestales de la Reserva de Grazalema, se han de incluir en el grupo 6: Rocas sedimentarias calcáreas, con las particularidades especificadas para cada tipo.

Los datos mineralógicos permiten concluir que las Calcarenitas contienen principalmente Dolomita, Calcita, Cuarzo y Mica. Las calizas tableadas micríticas presentan Calcita, Cuarzo, Caolinita y Mica. Las calizas dolomíticas contienen Dolomita, Calcita, Cuarzo, Caolinita y Mica. Por último, las Margas muy calcáreas micríticas están constituidas por Calcita, Cuarzo, Mica y Esmectita.

Referencias

- Agulleiro, B. y Alonso, J.J. (1972). Geoquímica de las rocas carbonatadas españolas. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 70, 5-28.
- Alias, L.J. y Martínez, J. (1982). Rendolles de la Sierra de María (Almería). *Anal. Edaf. Agrob.* 41 (9-10), 1609-1620.
- Callot, G., Chamayou, H. y Dupuis, M. (1978). Variation du pH de la solution de matériaux calcaires en relation avec la dynamique de l'eau. *Annales agronomiques*, 29, 37-57.
- Corral, L., González, J.L., Mérida, J. y Paneque, G. (1984). Estudio de suelos forestales de la Serranía de Grazalema (Cádiz, España). I. Morfología, características químicas generales y clasificación. *Anal. Edaf. Agrob.* 43 (9-10), 1253-1269.
- Delvigne, J., Bisdom, E.B., Fitzpatrick, E.A., Paneque, G. y Stoops, G. (1975). Report of the first meeting of the subgroup et gent, June 1975. Working group on soil micromorphology of the International Society of Soil Science. Subgroup on weathering phenomena.
- García Palacios, J. (1977). Arcillas del Terciario del Alto Tajo. *Estudios Geológicos*. 33, 473-484.
- González, J.L., Corral, L. y Paneque, G. (1983). Caracterización de sistemas minerales en rocas y fracción arcilla de suelos forestales de Grazalema (Cádiz). Seminario sobre Reservas de la Biosfera. Universidad Hispanoamericana de Santa María de la Rábida (Huelva, España).
- González, J.L., Mérida, J., Corral, L., y Paneque, G. (1984a). Estudio de suelos forestales de la Serranía de Grazalema (Cádiz, España). III. Influencia de factores formadores en las ca-

- racterísticas de horizontes edáficos. *Anal. Edaf. Agrob.* 43 (9-10), 1281-1289.
- González, J.L., Mérida, J., Corral, L., y Paneque, G. (1984b). Génesis y evolución de minerales de la arcilla en suelos forestales de la Reserva de Grazalema. I. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (Madrid). Vol. II, 971-980.
- González, J.L., Mérida, J., Corral, L., y Paneque, G. (1985). Características de la fracción arcilla de un suelo sobre margas de la Serranía de Grazalema (Cádiz, España). *Ciencia del Suelo*. 3 (1-2), 157-161.
- González, J.L., Mérida, J., Corral, L., y Paneque, G. (En prensa). Caracterización de la fracción arcilla de suelos sobre areniscas silíceas de la Serranía de Grazalema (Cádiz, España). Aceptado para su publicación en *Agrochimica*, n.º 431.
- Guitián, F. y Carballas, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Picro-Sacro. Santiago de Compostela (España).
- Hoyos, A., Palomar, M.L. y Galvan, J. (1970). Estudio de algunas calizas de la región guipuzcoana. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)* 68, 219-242.
- Hoyos, A., Palomar, M.L. y Hernando, M.I. (1976). Estudio químico y mineralógico de unas rocas de la región guipuzcoana. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)* 74, 63-80.
- Merida, J., Corral, L. y Paneque, G. (1983). Caracterización de sistemas de materia orgánica de suelos forestales de Grazalema. Seminario sobre Reservas de la Biosfera. Universidad Hispanoamericana de Santa María de la Rábida (Huelva, España).
- Merida, J., González, J.L., Corral, L. y Paneque, G. (1984a). Estudios de suelos forestales de la Serranía de Grazalema (Cádiz, España). II. Análisis factorial de datos analíticos generales y del complejo de cambio. *Anal. Edaf. Agrob.* 43 (9-10), 1271-1279.
- Merida, J., González, J.L., Corral, L. y Paneque, G. (1984b). Análisis factorial de parámetros del sistema de la materia orgánica de suelos forestales de la Reserva de Grazalema (Cádiz). I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (Madrid). Vol. II, 863-870.
- Mérida, J., González, J.L., Corral, L. y Paneque, G. (1986a). Caracterización de la materia orgánica bajo *Quercus suber* y *Quercus fagineae* de la Serranía de Grazalema (Cádiz, España). *Ciencia del Suelo*. 4(1), 20-26.
- Mérida, J., González, J.L., Corral, L. y Paneque, G. (1986b). Contenido en macro y micronutrientes de suelos forestales de la Reserva de Grazalema (Cádiz, España). *Agrochimica*, 30 (4-5), 301-307.
- Pinta, M. (1971). *Spectrométrie d'absorption atomique. II. Application a l'analyse chimique*. Ed. Masson et Cie. París.
- Rankama, K. y Sahama, Th. G. (1962). *Geoquímica*. Ed. Aguilar. Madrid.

Recibido el 13 de julio de 1987
Aceptado el 30 de octubre de 1987