

# Caracterización y ambiente de formación de los paleosuelos rojos en la cuenca terciaria del río Amarguillo (Toledo)

*Characteristics and genetical environment of red paleosoils in the Amarguillo river tertiary basin (Toledo)*

A. Potenciano (\*), R. Espejo (\*\*) y G. Garzón (\*)

(\*)Dpto. Geodinámica. UCM. 28040 Madrid

(\*\*)Dpto. Edafología. ETSI Agrónomos. 28040 Madrid

## ABSTRACT

Several red paleosoils related to Tertiary deposits and showing a good development of calcic and argillic horizons are studied. According to their morphology and clay minerals a genetical change towards the top of the sequences has been identified. An initially semiarid mediterranean climate giving raise to alfisols, would change into a more humid one, with a rainy warm season. Chemical paleoweathering index, as well as Fe and Ti contents, also confirm this trend towards an increase in weathering. The characteristic of the youngest soil allows us to correlate it with the oldest Pliocene Raña formations.

**Key words:** Tertiary paleosoils, clay minerals, paleoweathering index.

Geogaceta, 22 (1997), 157-160

ISSN: 0213683X

## Introducción y metodología

La zona de estudio se localiza en el límite entre la cuenca del Tajo y la Llanura Manchega (Fig 1), en la parte alta de la cuenca del río Amarguillo. El objetivo de este trabajo se centra en la descripción y reconocimiento de los paleosuelos rojos sobre los sedimentos terciarios, así como en establecer las influencias climáticas y ambientales en su génesis. No existen trabajos previos que aborden esta problemática, algunos estudios sobre los materiales Terciarios (Mioceno-Plioceno) describen suelos con similares características en otros puntos de la región (E. Molina, 1975; Pérez-González, 1979) aunque sin entrar en detalles genéticos. En nuestra zona se han distinguido cinco unidades sedimentarias (Potenciano, 1995) de carácter continental, detríticas en su mayoría. Representan depósitos fluviales, que aunque comienzan con secuencias de canales, rápidamente pasan a materiales finos de llanura de inundación e importante desarrollo de suelos. A techo culminan localmente con facies evaporíticas de tipo playa-lake y de colmatación carbonática. La metodología seguida para los análisis de textura, Rayos X, pH, conductividad eléctrica y microanálisis por EDAX, es la habitual en este tipo de trabajos.

## Interpretación de los horizontes edáficos

La Fig.2 muestra el perfil estratigráfico del corte de Consuegra, aunque en él las condiciones originales del depósito están muy enmascaradas por la presencia de intensos procesos de edafogénesis. Por ello, la columna se ha levantado de acuerdo con los horizontes edáficos interpretados "de visu" en campo, y sobre los que se han realizado los análisis de muestras. Se han diferenciado tres unidades edáficas, cada una de ellas constituida por dos horizontes, que implican al menos tres episodios largos de interrupción en la sedimentación. Por encima se presenta un nivel de encostramiento bien diferenciado, sobre el que se apoyan depósitos coluvionares.

**Unidad edáfica 1:** 5BcKt - 5Ck. Horizonte cálcico, de acumulación de  $\text{CaCO}_3$  en forma de nódulos de 1-2 m. de potencia con variación lateral de espesor, constituido por sedimentos arcillo-limosos ocres (2,5YR 3/6) muy compactados y presencia de paleocanales verticales radiculares. Se presentan niveles de acumulación de arcillas color (10R 3/6), con abundantes manchas de moteado de óxidos de Fe-Mn. Estas zonas de acumulación de arcillas presentan estructuras típicas de arcilla iluviada en los poros, y aparecen además tapizando el interior de paleocanales verticales, en donde también se concentran las manchas de Fe-Mn.

**5Bt-** Horizonte argílico (de iluviación de

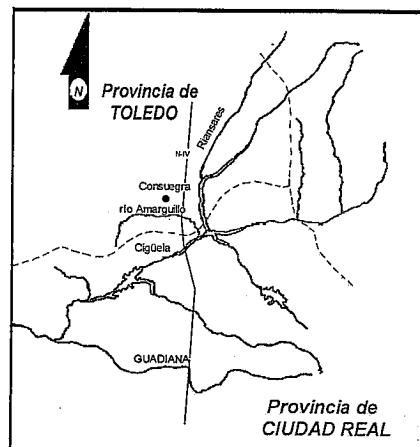


Fig. 1.- Situación de la zona de estudio y localización del afloramiento de Consuegra.

Fig.1.- Study area and Consuegra paleosoils location.

arcilla), de 1.5 m. de potencia, formado por arcillas de color rojo (10R 4/6), con abundantes motas negruzcas de oxihidróxidos de Fe-Mn. Presenta «cutanes de arcilla» en poros y pátinas arcillosas. Muestra una estructura prismática vertical con frecuentes rizocreciones. Lateralmente, este horizonte presenta superficies de deslizamiento subverticales cubiertas de una fina pátina de aspecto céreo.

**Unidad edáfica 2:** 4BcK - 4Ck. Horizonte cálcico, de 1 m. de potencia, constituido por sedimentos arcillo-limosos (2,5YR-10R 4/6), con concrecciones carbonáticas, de ca-

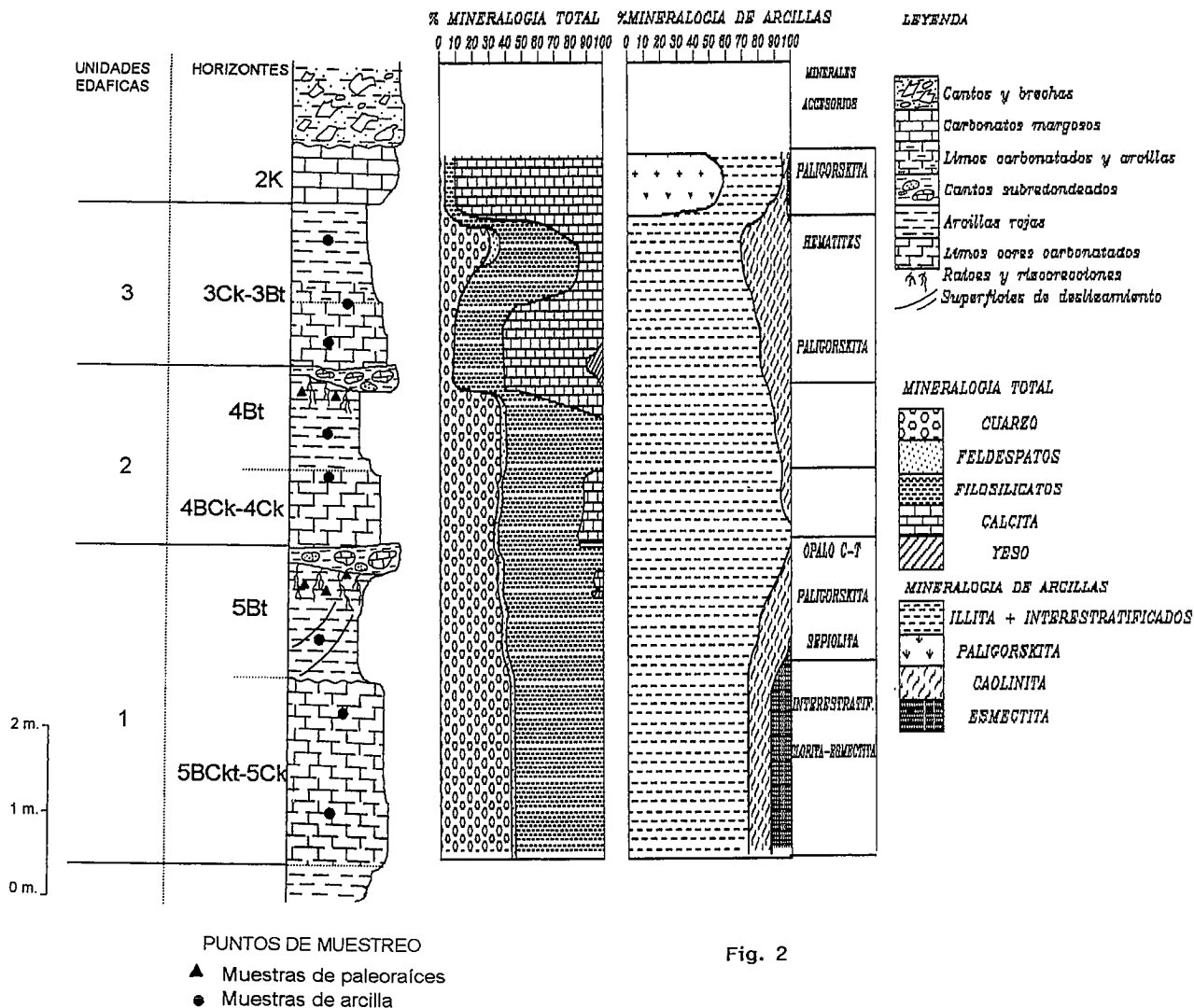


Fig. 2

Fig. 2.- Perfil estratigráfico de los paleosuelos y diagrama de composición y evolución mineralógica de los horizontes muestreados.

Fig. 2.- Paleosols stratigraphical position and diagram showing their mineralogical composition and evolution.

racterísticas estructurales similares a las del 5Bck-5Ck, aunque presenta menor cantidad de carbonatos y los paleocanales radiculares están menos desarrollados. La textura es más limosa que la del suelo inferior.

**4Bt.**- Horizonte argílico, de menos de 1 m. de espesor, con características similares al horizonte 5Bt pero menos desarrollado y sin superficies de deslizamiento que afecten a los elementos estructurales. El estudio micromorfológico en láminas delgadas del horizonte 4Bt pone de manifiesto una textura plásmica arcillosépica con restos aislados de ferriargilanes de matriz 10R

**Unidad edáfica 3: 3Ck-3Bt.**- Horizontes cálcico y argílico, que suman 2 m. de potencia, y donde encontramos sedimentos limosos ocre (5YR 4/6) con nódulos carbonatados y zonas arcillosas rojas (10R 4/6) ligeramente más abundantes hacia techo.

El límite entre ambos horizontes queda difuminado por el lavado posterior de la costra superior, que recarbonató al antiguo horizonte 3Bt.

**Costra carbonática: 2K.**- Los materiales superiores están constituidos por un nivel de costra carbonática («suelo» 2K) de unos 70 cm. de potencia formada por carbonatos margosos, masivos y más o menos tableados a techo. La columna estudiada culmina con la instalación de un coluvión subactual que erosiona parte de la costra carbonática.

La ausencia de horizontes A de los tres paleosuelos se interpreta por dos vías: O bien, previamente al depósito de los sedimentos sobre los que se desarrollaron los suelos, se erosionó la parte superior del suelo formado en el ciclo edafológico previo, o bien el desarrollo del horizonte cálcico (Ck) de un suelo

llegó a afectar al horizonte A del suelo formado previamente. La morfología de los horizontes Bt, es la típica de los horizontes argílicos (Soil Survey, 1994), con cutanes de arcilla recubriendo a los poros visibles a lupa y acumulaciones de arcilla en las diaclasas de las cuarcitas.

Las características texturales, C.E. y pH de los horizontes se resumen en la tabla 1. La totalidad de las muestras poseen un pH > 7, como corresponde a la presencia general de carbonatos. La conductividad eléctrica (C.E.) se incrementa de abajo hasta arriba, como corresponde a las características del presente ciclo climático que favorece el ascenso capilar y no el lavado. En cada perfil el horizonte Bt posee un contenido en arcilla sensiblemente superior a la del correspondiente Ck, derivado de la acumulación iluvial de la arcilla procedente del horizonte A.

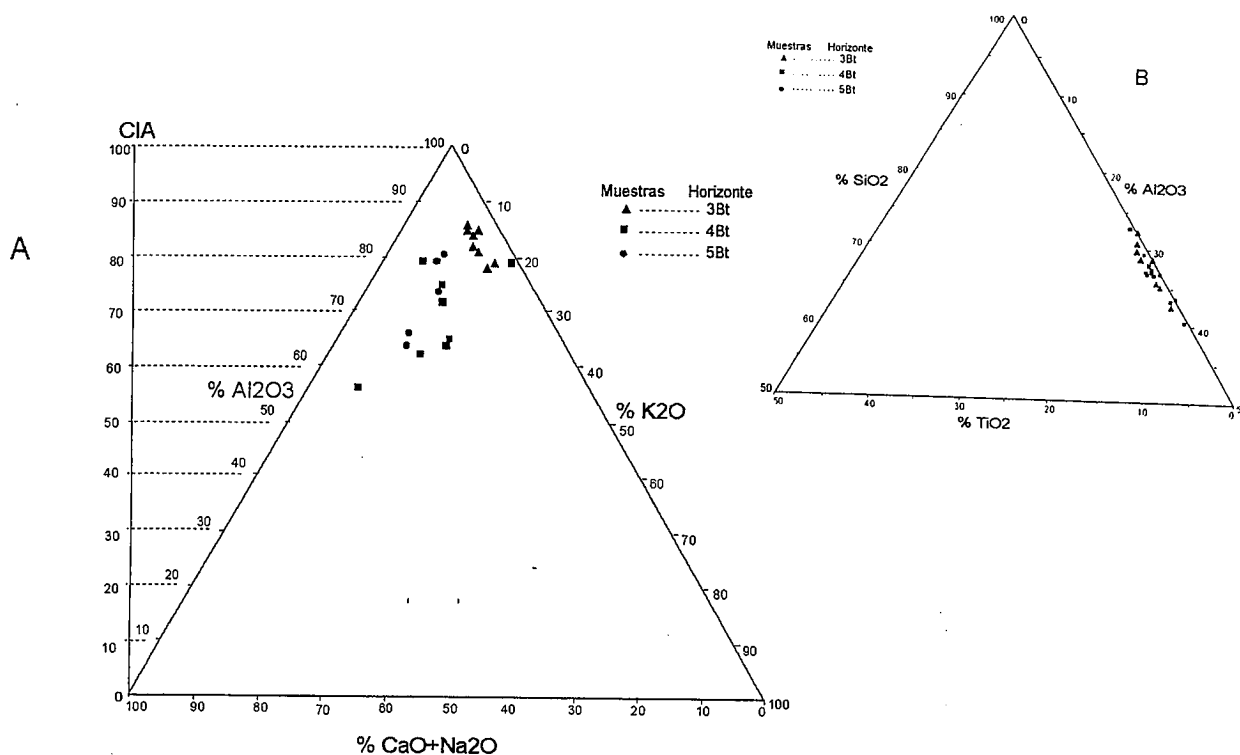


Fig. 3.- Diagrama triangular de composición química Al-Si-K de las muestras de arcilla de los horizontes 5Bt, 4Bt y 3Bt.

Fig. 3.- Triangular diagram with Al-Si-K contents corresponding to soil horizons 5Bt, 4Bt and 3Bt.

### Mineralogía y evolución composicional

Se han analizado muestras de arcilla de cada uno de los niveles del suelo, para conocer tanto la mineralogía total como la mineralogía de arcillas, y se han semicuantificado los resultados como se expresa en la Fig.2. La mineralogía total está compuesta predominantemente por minerales de la arcilla, filosilicatos (ilita y moscovita), cuarzo, feldespatos, calcita y localmente aparece también yeso. El cuarzo se presenta (40%) en toda la columna, justificado por un origen detrítico, aunque disminuye sensiblemente en 3Ck. La calcita aparece claramente asociada a los horizontes cálcicos, aunque aparentemente no aparece en el horizonte inferior 5BCKt debido a que las muestras estudiadas se han tomado sobre arcillas. En la unidad edáfica superior la calcita aumenta considerablemente (60%), llegando incluso a desarrollarse sobre el horizonte argílico 3Bt, por lo cual hay que justificar este origen por contaminación de la costra calcárea (2K). Los feldespatos son muy escasos en las dos unidades edáficas inferiores, para desaparecer totalmente en la tercera. Las evaporitas aparecen solo asociadas a las raíces y en poca cantidad, salvo de nuevo en la unidad edáfica 3, en donde llegan hasta un 15%, lo que concuerda con los datos de la conductividad eléctrica. El

enriquecimiento en carbonatos y evaporitas es atribuible a un lavado del nivel inmediatamente superior, aunque el yeso puede ser primario. Como minerales accesorios encontramos baritina, asociada a los niveles con raíces, así como ópalo C-T en el horizonte 5Bt y 3Bt, y hematitas en el techo de 3Bt. En las pátinas céricas del horizonte 5Bt se ha detectado la presencia de celestina, pirolusita y cuarzo.

En cuanto a los minerales de la arcilla, la ilita es considerablemente el más abundante (75%), llegando incluso al 100% en la base de la unidad edáfica 2, y solo disminuye drásticamente (20%) en la costra superior. Su origen es detrítico en su mayor parte, como se ha puesto de manifiesto en el microscopio electrónico de barrido (Potenciano *et al.* 1997). La caolinita aparece representada con bastante homogeneidad en (20-25%) en todo el perfil, salvo un aumento a techo de la unidad edáfica 3, y desapareciendo casi totalmente en la costra superior. La esmectita solo se presenta de forma significativa (20%), en la base de la primera unidad edáfica, asociada al horizonte cálcico 5CK. En la costra carbonática muestra indicios. La paligorskita se manifiesta en gran cantidad asociada a la costra superior, como mineral característico de ambientes restringidos y áridos.

### Índices químicos de alteración y lavado

Para valorar hasta que punto diferente grado de alteración ha condicionado diferencias en la evolución de las unidades edáficas, se han realizado una serie de microanálisis químicos EDAX al microscopio electrónico de barrido sobre los agregados de arcillas de los horizontes 5Bt, 4Bt y 3Bt. La metodología para la estimación de los índices de paleoprecipitación a partir de paleosuelos e índices de alteración (paleoweathering), ha sido desarrollada en trabajos como los de Caudill *et al.* (1996), Retallack (1993), Fedo *et al.* (1995) y Wright (1992). Para el presente estudio hemos calculado tres índices de alteración (Fig.3A) utilizando la formulación propuesta por Fedo *et al.* (1995). Los valores medios obtenidos para estos índices, son en general altos, aunque ligeramente mayores en el horizonte superior 3Bt, lo que revela una mayor alteración de este último nivel. Así, los valores de C.I.W., más altos respecto a los de CIA, sobre todo en 3Bt, indican una mayor influencia de los agentes meteorológicos y climáticos, en la composición química del horizonte. También el alto índice de alteración de la plagioclasa indica un lavado intenso por circulación de aguas, especialmente en este horizonte más joven. El proceso de lavado parece ser, por tanto,

Horizonte	Textura (%)				C.E. mmhos/cm 1/2,5	pH suelo/agua 1/2,5
	Ar.g*	Ar.f*	Limo*	Arc.*		
3Bt(ue3)	5,0	33,5	11,0	50,5	1,60	7,7
3Ck(ue3)	7,5	35,5	15,5	41,5	2,35	7,8
4Bt(ue2)	3,5	32,0	20,5	44,5	0,80	7,8
4Ck(ue2)	6,0	28,5	31,0	34,5	0,21	8,3
5Bt(ue1)	3,0	29,5	20,5	47,5	0,15	8,4
5Bk(ue1)	4,5	32,5	21,0	42,0	0,16	7,8

Tabla 1.- Textura, C.E y pH de los horizontes de suelo estudiados

Table 1.- Texture, E.C. and pH of the studied soil horizons

el agente de alteración predominante.

Por otra parte, este hecho se confirma también por la gran corrosión que muestran los granos de cuarzo (Q), apareciendo con frecuencia reemplazados por álcalis y MgO, como una muestra de una gran alteración química por agua cargada de estos elementos. En cuanto a los óxidos de titanio y hierro (Fig. 3B), en los análisis de arcillas se relacionan con episodios de relativa humedad, en los que es frecuente la alteración química en profundidad por la presencia de vegetación y unas condiciones ligeramente ácidas. En nuestro caso, la proporción de estos óxidos en los horizontes inferiores (5Bt y 4Bt) es muy baja, manteniéndose en el caso del titanio por debajo del 1% frente a la sílice, y por debajo del 0.5% respecto al total. Este hecho correspondería al dominio de unas condiciones ambientales semiáridas (Wright, 1992), mientras que en el horizonte 3Bt, se manifiesta la ocurrencia de episodios húmedos durante la época cálida, que contribuirían en mayor medida a alterar químicamente el suelo, coincidiendo con lo que se obtiene de los índices de alteración.

#### Clasificación, interpretación de la génesis, ambiente y características paleoclimáticas de formación

Los tres perfiles del suelo responderían al secuencia de horizontes A/Bt/Ck o K, análogo al de los suelos climáticos de muchos ambientes mediterráneos y subtropicales, aunque en este caso el horizonte Ck o K de una unidad se confunde con el A de la inferior. Los perfiles A/Bt/Ck-K requieren unas condiciones de lavado que permitan primero la descarbonatación de la parte superior del material y simultáneamente al desarrollo de los horizontes cálcicos y petrocálcicos, a una profundidad que dependerá de la precipitación media y, segundo, la iluviación de la arcilla desde el horizonte A y su acumulación en Bt, por lo que previamente se requiere que la arcilla esté dispersada (condición que se alcanza solo

cuando se han lavado los carbonatos y otras sales más solubles y el material se ha acidificado ligeramente). Asimismo, requieren unas específicas condiciones climatológicas, definidas por la existencia de un contraste estacional en las precipitaciones que de lugar a una alternancia estación húmeda-estación seca, como ocurre en los entornos mediterráneos y subtropicales (Brinkman y Breenen, 1984)

Los dos paleosuelos inferiores presentan una morfología más acorde con los ambientes tipo mediterráneos, con un predominio de ilitas en la unidad 2, e ilitas-esmectitas en la unidad 1, lo que indicaría para esta última unas condiciones menos favorables para el lavado del suelo, la presencia de feldspatos es un indicio más a considerar al respecto. Por el contrario, la unidad más joven, la 3, presenta unos signos evidenciadores de una mayor alteración: ausencia de feldspatos de la parte inferior-media y un contenido proporcionalmente mayor de caolinita (el máximo se alcanza justo bajo el contacto de las acumulaciones calizas que lo recubren). Es muy posible que previamente al último o últimos episodios de sedimentación se erosionase una parte de este suelo, habiéndose perdido el material más caolinizado. El estudio de los índices químicos de alteración y de lavado, así como los óxidos de titanio y de hierro señalan también un cambio en las condiciones del tercer paleosuelo, tendente a un aumento de las condiciones húmedas y cálidas.

A la vista de los anteriores razonamientos cabría pensar que tanto la unidad 1 como la 2, debieron ser alfisoles, que son los suelos climáticos de los entornos mediterráneos no áridos o semiáridos y que la unidad 3 tal vez llegó a ser un ultisol, suelo característico de los actuales entornos subtropicales, lo que indicaría para el último ciclo edafogénético considerar además del contraste estacional, el desplazamiento de las precipitaciones hacia la época más cálida del año, lo que coincidiría con el clima del Plioceno medio-superior según Suc

(1984). Esto último nos llevaría a pensar que la unidad 3 sería sincrona con los ultisoles de las formaciones de Raña más viejas (Espejo, 1987; Vicente *et al*, 1991).

#### Agradecimientos

El presente trabajo se ha realizado con ayuda del Proyecto PB94-0276-C02-01 de la DGICYT. Queremos agradecer además muy especialmente a los Dres. M. Rodas y J. Alonso Azcarate, por su ayuda en la interpretación de arcillas, y a la Dra. R. Marfil por las sugerencias y la colaboración prestada para el análisis de los índices de alteración.

#### Referencias

- Brinkman, R., Breenen, V. (1984): *Processes in soils*. Agric.Univer. Dept. of Soilsand Geology, Wageningen.
- Caudill, M. R., Driese, S. G., Mora, C. I. (1996): *Journal of Sedimentary Research*, 66: 143-158.
- Espejo, R. (1987): *Catena*, 14: 399-418.
- Fedo, C. M., Wayne-Nesbitt, H., Young, G. M. (1995): *Geology*, 23, nº10: 921-924.
- Molina, E. (1975): *Trabajos Neógeno Cuaternario*, 3: 7-160. C.S.I.C
- Pérez-González, A. (1979): *Trabajos Neógeno Cuaternario*, 9: 19-32. I.L.M. C.S.I.C.
- Potenciano, A. (1995): *Tesis de Lic. Univ. Complutense Madrid* (inédita)
- Potenciano, A., Marfil, R., Garzón, G. (1977): *Geogaceta* (en este volumen).
- Retallack, G.J. (1993): *Geological Society of American Bulletin*, 105: 1635-1637.
- Soil Survey. (1994): *Keys to soil taxonomy*. 6th. Edition. USDA. Virginia, 306p.
- Suc, J.P. (1984): *Nature*, 302: 429-432.
- Vicente, M.A., Molina, E. y Espejo, R. (1991): *Clay Minerals*, 26: 81-90.
- Wright, V.P. (1992): *Developments in Sedimentology*, 47. Diagénesis III, chap.12: 591-652.