

## YESOS LENTICULARES DE ORIGEN DETRITICO EN SUELOS DE LA ESPAÑA CENTRAL

H. LAYA (1) , J. BENAYAS (2) & R. MARFIL (3)

(1) Departamento de Edafología, E.T.S. Ingenieros Agrónomos, UPM. 28040, Madrid

(2) Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), Serrano 115 Dpdo. 28006-Madrid

(3) Depart. Petrología y Geoquímica, Facultad C. Geológicas, UCM. 28040-Madrid

**Resumen.** Se efectuaron estudios de edafogénesis yesífera en las provincias de Soria (Triásico), Cuenca (Terciario Inf.) y Palencia (Terciario Sup.). La bibliografía edafológica hace una distinción clara entre la presencia de yesos lenticulares como edafogénicos, respecto de otros considerados heredados. La mayor parte de los yesos lenticulares o parecidos, que se encuentran en la masa basal de los cortes delgados de estos suelos, se originan en la meteorización directa de rocas yesíferas, por tanto, deben ser interpretados como minerales detríticos.

**Palabras claves:** Suelos yesíferos, Edafogénesis, Micromorfología, Yeso detrítico lenticular

**Abstract.** Pedogenic studies in the three main geological periods with gypsiferous outcrops were carried out in Central Spain: Triassic (Soria), Lower Tertiary (Cuenca) and Upper Tertiary (Palencia). The pedogenic bibliography makes a clear distinction between the presence of lenticular gypsum as neofomed mineral and others considered inherited. Most of the lenticular or lenticular-like gypsum, found isolated in the groundmass, originated from the direct weathering of gypsiferous rocks and therefore must be considered as detrital minerals.

**Key words:** Gypsiferous soils, Pedogenesis, Micromorphology, Detrital lenticular gypsum

### 1. Introducción

La distribución mundial de los suelos que poseen abundante yeso en su composición, afectando a sus características químicas y físicas, está asociada a las regiones áridas y semiáridas. Esta problemática se ve acentuada allí donde las cualidades geológicas presentan materiales yesíferos aflorantes en relieves positivos. Las tres condiciones: clima, litología y relieve, se conjugan ampliamente en España.

Se dispone entonces, de innumerables posibilidades para estudiar estos suelos. Sin embargo, como han señalado Porta (1986), Herrero (1987) y Porta y Herrero (1988a), han merecido relativamente muy poca atención, a pesar de poder alcanzar gran importancia científica y económica.

La investigación se programó para precisar la posible evolución de los yesos desde sus fuentes originales a suelos con materiales parentales, que incluyen al yeso entre sus componentes esenciales. El enfoque desarrollado contempla la variabilidad elemental cronológica-litológica, de enorme importancia por su participación en materiales originales de gran difusión geográfica en España. De forma genérica, los del Triásico, Terciario Inferior y Superior (Laya, 1989).

Está ampliamente difundida la imagen del tradicional mapa de Macau y Riba (1962) sobre la distribución de los afloramientos yesíferos en España, estimados por sus autores en más de 35.000 Km<sup>2</sup>. En la figura 1 se recoge la distribución de los yesos en España y la localización de las tres áreas seleccionadas. El transecto I corresponde a Fuencaliente de Medina (Soria), sobre Triásico; el II y III a Jabalera y Buendía (Cuenca), sobre Terciario Inferior, y el IV a Cevico de la Torre (Palencia), Terciario Superior.

Los materiales del Keuper tienen en Fuencaliente un carácter tectónico muy complejo; se componen de lutitas y margas subordinadas con yeso abundante y de colores abigarrados. El relieve es suave y tabular, con cotas que superan escasamente los 1000 m, si bien la disección de valles fluviales origina relieves más abruptos.

En el Paleógeno de Jabalera dominan las areniscas arcósicas y litoarenitas que tienen intercalaciones comunes de bancos de yesos usualmente sacaroideos blanquecinos, plegadas concordantemente con el Cretácico. El relieve conforma llanuras onduladas, a unos 800 m de altitud.

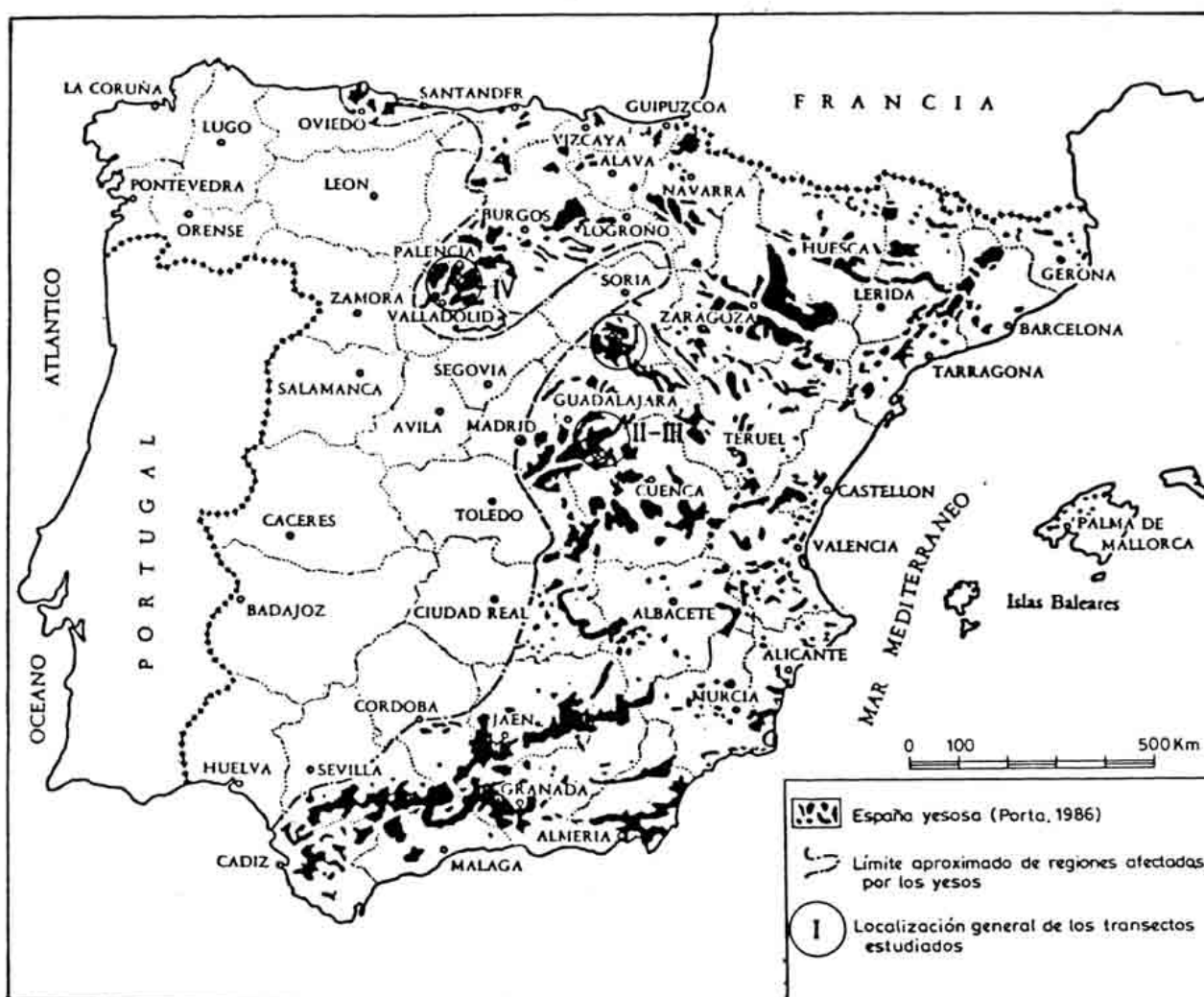


Fig. 1. Distribución esquemática de los terrenos yesíferos en España y localización general de las áreas estudiadas.

En la litología del Mioceno de Cevico destacan las margas subhorizontales con intercalaciones de bancos de yeso seleníticos, concordantes y continuos, coronadas por calizas pontienses. El relieve general es de tipo páramo, acentuado por taludes en sus bordes, debido al encajamiento de la red fluvial en estas

series miocenas. Los páramos están a una altitud de 850 m y el fondo de los valles unos 100 m por debajo.

Siguiendo la Soil Taxonomy (1990), los regímenes de humedad y de temperatura se corresponden en todos los casos con el xérico y méxico, respectivamente.

## 2. Materiales y métodos

La descripción macromorfológica de los suelos en el trabajo de campo, se adaptó a la Soil Taxonomy (1990). Fueron seleccionados 9 perfiles con unas 60 muestras, disponiendo en todos los horizontes de ejemplares no alterados y orientados utilizando cajas Kubiena; asimismo, se estudiaron otras 20 de yeso-roca. Para su tratamiento se siguió el método descrito por Benayas (1982). En el estudio micromorfológico de las láminas delgadas se ha tomado como referencia básica el trabajo de Bullock *et al.* (1985).

Algunos datos que se acompañan surgen de los resultados analíticos generales de laboratorio utilizando las técnicas usuales descritas, entre otros, por Porta *et al.* (1986). En un perfil elegido de cada uno de los transectos se efectuaron estudios de la mineralogía de arenas, limos y arcillas, complementados por microscopía electrónica de transmisión y de barrido.

## 3. Descripción

En los suelos destacan, macromorfológica y analíticamente horizontes de diagnóstico gypsico y cálcico, signos de rejuvenecimiento por aportes coluviales y aluviales y horizontes A enterrados. Los horizontes que contienen yeso dan frecuentes valores por encima de 30 - 40%, pocos superan el 60% y en el caso del suelo yesífero desarrollado "in situ" de Jabalera hasta el orden de 90%. Los pH son ligera a moderadamente básicos y el complejo de cambio está saturado con amplio dominio del ion calcio.

Granulométricamente en los suelos con yeso, a partir de los materiales del Keuper dominan las arcillas; los derivados del Paleógeno de Jabalera tienen textura franco limosas y en los Neógenos de Cévico son usuales texturas francas y franco arcillosas.

En la fracción arcilla de los suelos son importantes las micas degradadas. Asimismo, se destaca en el Keuper clorita magnesiana hinchable, mientras los minerales fibrosos abundan en el Terciario Inferior y Superior, en particular palygorskita y sepiolita, respectivamente.

La mineralogía de arenas y limos muestra, en general, bastante uniformidad. Entre la fracción ligera destacan sulfatos, carbonatos y cuarzo. Digno de remarcar en la fracción limo es la celestina, neoformada en el perfil aluvial-yesífero de Cévico. La asociación de minerales pesados está presidida por turmalina y circón acompañados de rutilo y granate, con algunos minerales metamórficos como accesorios.

En el corte delgado de horizontes calizos se identificaron en el material grueso calcita y fragmentos de caliza, a veces acompañados de yeso-anhidrita. La micromasa es arcillosa micrítica y la textura-b cristalítica, en ocasiones asociada a estriada.

En los cortes delgados de horizontes gypsicos el yeso ha sido descrito en el material grueso, en la micromasa y como rasgos edáficos del tipo relleno y revestimiento. No se han encontrado casos donde la presencia de yeso en los suelos sea debida sólo o fundamentalmente a la neoformación; por el contrario y con bastante relevancia siempre coexiste con los interpretados como yesos de origen detrítico o heredados. Lo que se discutirá a continuación es que entre las formas variadas de aportes de yeso detrítico, sea en sedimentos coluviales como aluviales, pueden ser importantes las lenticulares o formas similares.

## 4. Discusión

Independiente del hábito cristalino, se ratifica la importancia del yeso neoformado en los suelos que se tratan. Sin embargo, evaluando trabajos anteriores y de nuestra experiencia, surgen elementos suficientes para considerar que la presencia de yesos detríticos ha sido subestimada en la edafogénesis yesífera hasta el presente.

Además, en la bibliografía sobre la mineralogía de suelos yesíferos, los yesos lenticulares o semejantes han sido interpretados siempre como de origen edafogénico. En general, las referencias no dejan lugar a dudas y, por el contrario, es frecuente que se enfatice este hecho. Sin embargo, lo dicho de

los yesos heredados, se considera suficientemente fundado para hacerlo extensivo en buena medida también a los hábitos lenticulares.

La interpretación de algunas formas lenticulares o de aspecto similar entre los cristales de yeso, en un examen inicial de láminas delgadas de suelos sobre materiales aluviales de Fuencaliente, sugería un origen detrítico. Una de las láminas delgadas de yeso-roca de los afloramientos de lomas circundantes en la cabecera de este transecto dio la clave inicial, al distinguir indicios claros de una disgregación lenticular en sectores localizados con mayor meteorización. Argumentos y ejemplos sucesivos animaron a exponer un anticipo de esta aparente novedad (Laya *et al.*, 1988).

Se evaluó el avance sobre el origen del yeso en la literatura geológica y la desconexión que existe entre la evolución de dichos conocimientos y su aplicación a la edafogénesis de suelos yesíferos. Las formas lenticulares del orden de 1 mm hasta decímetros han sido descritas, macroscópicamente, en los ambientes salinos actuales por numerosos autores desde la década de los cincuenta. En este sentido, resulta de sumo interés una línea de sedimentología evaporítica siguiendo los trabajos realizados, entre otros, por Ordóñez *et al.* (1973), Marfil *et al.* (1975), Soriano *et al.* (1977), Carenas (1977), Carenas y Marfil (1979), Carenas *et al.* (1982) y el de Ortí (1984), que comprende varios estudios a lo largo de una década de experiencia junto a colaboradores.

Es de destacar la frecuencia y abundancia con que varios autores citan rocas yesíferas, particularmente primarias, compuestas por cristales lenticulares y microlenticulares en vastos ámbitos de España, así como usuales episodios clásticos a partir de los propios sedimentos yesíferos. De entre los diversos trabajos consultados son de resaltar para este análisis, los de Ortí y Pueyo Mur (1976) y la recapitulación de Ortí (1988), referida a la sedimentación evaporítica continental durante el Terciario. Además de las facies lenticulares de crecimiento intersticial, frecuentes en la mayoría de las cuencas, dichos autores indican que las formaciones de yeso primario descritas como "facies de gypsilutitas y gypsarenitas microlenticulares", son las más características y ampliamente extendidas en los Terciarios continentales hispanos. Los datos genéricos citados por Ortí están corroborados, además, por diversos investigadores en localidades diferentes. Conviene también añadir que en el estudio referido de Carenas (1977) se describe un corte de 60 m del Mioceno en Brea del Tajo, con interestratificación de capas de yesos lenticulares que suman más de 20 m de espesor.

Cabe indicar que los cristales se comportan anisotrópicamente para el crecimiento y esta propiedad la conservan durante su alteración (M. Prieto, comunicación personal). Por tanto, determinadas direcciones son más fáciles de disolver, tendiendo a dar superficies curvas o caras no singulares, con formas subredondeadas y lenticulares. Esto significa que una forma de crecimiento puede producir el mismo resultado en una forma de alteración y conviene recordar que en España, abundan las rocas de yeso primario micro y macrolenticulares.

Por otra parte, se ha podido comprobar macroscópicamente que en otras formas cristalinas, como la pseudo-hexagonal y diversas variedades del tipo maclas interpenetradas, rosetas, etc., se exfolian fácilmente dando también formas lenticulares. Lo mismo ocurre al separarse los cristales de yeso en punta de lanza y en el caso de grandes cristales seleníticos, donde en la alteración a favor de sus líneas de exfoliación con figuras romboidales, bastan ligeras corrosiones en sus vértices para ser otra fuente potencial de yesos lenticulares (Fig. 2).

Microscópicamente, la denominada forma lenticular (discoidal, en losange, "lens" o "diamond shape", "razor blade", etc.), engloba una variedad de aspectos muy amplia. Es lo que traslucen muchas ilustraciones fotográficas de trabajos anteriores.

Los rasgos edáficos menos controvertido, revestimientos y rellenos de yeso, se caracterizan por:

- tamaños menores de 100  $\mu\text{m}$
- usualmente límpidos
- lenticulares o formas que aunque no bien definidas son semejantes.

A partir del estudio de nuestros modelos creemos que el yeso detrítico puede tener cualquier tamaño. Tanto cuando deriva de sus fuentes originales como de cambios posteriores parciales por meteorización química (Abtahi *et al.*, 1980) y física o mecánica, como sugieren Benayas *et al.* (1988). En base al tratamiento estadístico de las láminas de suelos estudiados y al análisis de antecedentes, se sugiere como propuesta general que el límite usual entre los yesos lenticulares neoformados en relación con los detríticos es del orden de 100  $\mu\text{m}$ .



Fig. 2. Abundante yeso detrítico; se destaca un cristal con macla en punta de lanza e impregnación por micrita.  
Cevico de la Torre (Palencia), perfil 6, horizonte Ayb.



Fig. 3. Cristal de yeso "factoría" con incisiones, escotaduras y desprendimientos de lenticúlas. Jabalera  
(Cuenca), perfil 1, horizonte Cly.

En los suelos derivados de las tres formaciones yesíferas: Keuper, Terciario Inferior y Terciario Superior, se distinguen con frecuencia los yesos que según Porta (1986), Herrero (1987), Arricibita (1987) y otros, se interpretan como neoformados y han sido denominados "lenticular de aspecto compuesto" o "con grados de crecimiento". Son de tamaño y forma variada, usualmente milimétricos y tiene en común incisiones y/o escotaduras que otorgan a sus bordes aspecto claramente lenticular (Fig. 3). Estos cristales denominados aquí yeso "factoría", también se interpretan como fragmentos detríticos en grado más o menos avanzado en la meteorización y en el camino de producir varias lentículas.

Porta y Herrero (1988b) proponen dos procesos para explicar la presencia de yesos en los suelos. En el primer caso, donde los yesos detríticos pueden ser frecuentes, los suelos se desarrollan directamente sobre las rocas yesíferas o están asociados con afloramientos de yeso que proveen el material originario principal. En el segundo caso, suelos yesíferos alejados de las fuentes de yeso-roca, los mismos autores interpretan que el calcio y el sulfato pueden provenir de su arribo ocasional en aguas de inundaciones en el escurrimiento subsuperficial o hipodérmico. Si bien en nuestro concepto amplio se consideran válidos los dos orígenes citados para explicar la presencia de minerales yesíferos en los suelos, caben las siguientes reflexiones.

En el primer caso y según nuestro criterio, se debería agregar entre los yesos detríticos a la formas lenticulares.

En el segundo caso cabe algún recaudo. Bajo cualquiera de las condiciones de sedimentación fluvial antiguas y actuales, no debería subestimarse la posibilidad de los aportes de yeso detrítico. Por ejemplo, es frecuente que una corriente sea meandriforme independiente de la pendiente y de la carga sólida que transporta, llegando a veces a ser torrenciales (Marzo y Puigdefabregas, 1984). También, en los sistemas anastomosados ("braided stream") donde en cualquier caso las arenas son transportadas en suspensión o en movimiento por carga de fondo, en un sistema de drenaje con descargas muy variables (Ramos, 1984). Resumiendo y desde el punto de vista sedimentológico, importantes aportes de yeso detrítico son razonablemente posibles y en muchas circunstancias más que probables de encontrar en los materiales originarios de los suelos, aún alejados de las fuentes de afloramientos de yeso-roca.

Por último, un hecho es bastante frecuente en gran parte de la geografía española. Se refiere a los aluviones desastrosos, con precipitaciones que superan varios centenares de milímetros de lluvia en solo 24 horas. Resulta sencillo comprender que entre los materiales erosionados y transportados súbitamente por los aluviones, se pueden encontrar los yesíferos. Estos habrán sido depositados, prácticamente sin sufrir alteraciones químicas, hasta su nuevo destino.

## 5. Conclusiones

Respaldo en particular en la interpretación de las descripciones micromorfológicas, se postula de una manera genérica que en los estudios precedentes, que tratan sobre la mineralogía de suelos enriquecidos en yeso, ha sido subestimado su origen detrítico.

En las áreas con suelos derivados de materiales yesíferos estudiadas: del Triásico (Keuper) en Fuencaliente de Medina (Soria), del Terciario Inferior en Jabalera y Buendía (Cuenca) y a partir del Terciario Superior en Cevico de la Torre (Palencia), prácticamente no se han encontrado casos donde la presencia de yeso en los suelos sea debida sólo a la neoformación. Por el contrario y con bastante relevancia, siempre coexiste con los interpretados como yesos de origen detrítico o heredados.

Entre las formas variadas de aportes de yeso detrítico, sea en sedimentos coluviales como aluviales, se considera suficientemente fundada la importancia de las lenticulares o parecidas, hasta el momento interpretadas exclusivamente por vías de neoformación.

Además de los materiales derivados de rocas compuestas por yesos micro y macrolenticulares, otras variedades de yeso-roca favorecen la posibilidad de meteorizarse dando lugar a formas detríticas lenticulares, incluso en punta de lanza, rosa del desierto y grandes cristales seleníticos, coexistiendo con yesos lenticulares descritos e interpretados tradicionalmente como de neoformación. Este hecho no genera problemas desde un punto de vista funcional, pero sí de interpretación, al ocupar los yesos detríticos lenticulares cualquier posición, inclusive semejando rellenos. Se propone el límite de 100\_m como adecuado para diferenciar usualmente unos de otros, quedando claro que los detríticos, incluido los "desprendidos" del aquí denominado yeso "factoría", pueden ser menores que el límite sugerido y viceversa los de neoformación.

Finalmente, los suelos con horizonte gypico en materiales fluviales se presentan muy localizados. De lo expuesto, se interpreta que el yeso singénico favorece acciones edafogénicas de gypsificación.

#### Agradecimientos

Agradecemos al Dr. C. Roquero las ideas iniciales y sus observaciones durante el trabajo. Asimismo a A. Gil y E. Ortega, por su colaboración en la confección de láminas delgadas.

#### Referencias bibliográficas

- Abtahi, A., Eswaran, H., Stoops, G. & Sys, C. (1980): Mineralogy of a soil sequence formed under the influence of saline and alkaline condition in the Sarvestan Basin (Iran). *Pedologie* XXX, 2: 283-304, Ghent.
- Arricibita, F.J. (1987): *Tipología de suelos salinos de Navarra*. Tesis Doctoral; Univ. de Navarra, Pamplona, 683 pp.
- Arricibita, F., Iñiguez, J. & Vallegaz, R.M. (1988): Estudio de los gypsiorthids de Navarra. *An. Edaf. Agrobiol.* 47: 199-220.
- Benayas, J. (1982): *Atlas de micromorfología de suelos e introducción a la micromorfología..* Monografía 84, ETSI Agrónomos (UPM), Madrid, 87 pp.
- Benayas, J., Guerra, A., Battle, J. & Gumuzzio, J. (1988): Caracterización micromorfológica de algunos suelos con acumulaciones de yeso en la región central española (Ciudad Real, Toledo). *An Edaf. Agrobiol.*, 47: 221-241.
- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G. & Tursina, T. (1985): *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publ., England, 152 pp.
- Carenas Fernández, B. (1977): *Petrografía y geoquímica de yesos actuales continentales: su comparación con depósitos antiguos*. Memoria Lic. Cs. Geol., UCM; inédito, 103 pp.
- Carenas, B. y Marfil, R. (1979): Petrografía y geoquímica de yesos actuales continentales de la región manchega. *Estud. Geológ.*, 35: 77-91.
- Carenas, B., Marfil, R. & de la Peña, J.A. (1982): Modes of formation and diagnostic features of recent gypsum in a continental environment. La Mancha (Spain). *Est. Geol.* 38: 345-359.
- Herrero, J. (1987): *Suelos sobre los yesos paleógenos. Barbastro-Balaguer-Torá*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, F. Ciencias; inédito, 446 pp.
- Laya, H., Benayas, J. & Marfil, R. (1988): Gypsiferous pedogenesis: micromorphological evidence of weathering rocks as a general source of primary lenticular or lenticular-like gypsum in soil from Central Spain. *Intern. Work. Meet. Soil Micromorphology*, Abstracts, p. 18.
- Laya, H. (1989): *Génesis, propiedades tecnológicas y posibilidades de utilización de los suelos salinos de la cuenca del Duero y del Tajo, con énfasis en los suelos yesíferos*. Tesis Doctoral, ETSI Agrónomos Madrid; inédito, 356 pp.
- Macau, F. & Riba, O. (1962): Situación, características y extensión de los terrenos yesíferos en España. *I Col. Intern. Obras Públ. en Terrenos Yesíferos*. Serv. Geol. O. Públ., Madrid, 28 pp.
- Marfil, R., Bermejo, P. & de la Peña, J.A. (1975): Sedimentación salina actual en las lagunas de la zona Corral Rubio-La Higuera- *Est. Geol.*, 31: 543-553.
- Marzo, M. & Puigdefabregas, C. (1984): Sistemas aluviales meandriformes. En: *Curso Sedim. Postgr.* (Ed.Arche et al). Inst. Geol. Económ. (CSIC), II, V. 1- V.19.
- Ordóñez, S., García, M. & Marfil, R. (1973): Sedimentación actual: la laguna de Petrola (Albacete). *Est. Geol.*, 29: 367-377.
- Orti Cabo, F. & Pueyo Mur, J.J. (1976): Yeso primario y secundario del depósito de Viloví (Barcelona, España). *Inst. Inv. Geológ. U. Barcelona*, 31: 5-34.
- Orti Cabo, F. (1984). Algunos progresos en sedimentología evaporítica. Dos casos concretos de formaciones y ambientes salinos de la Península Ibérica. En: *Curso de Sedim. Postgrad.* (Ed. Arche, et al). Inst. Geol. Económ. (CSIC), Madrid. 16 (1:23).
- Orti Cabo, F. (1988): Sedimentación evaporítica continental durante el Terciario en la Península Ibérica: Aspectos Generales. *II Congr. Geol. España*; Vol. Simposios, Granada.
- Porta, J. (1986): *Edafogénesis en suelos yesíferos en medio semiárido*. Doc. difusión restringida. ETSIA, Lérida, 136 pp.

56 Laya, Benayas & Marfil

- Porta, J., López Acevedo, M. & Rodríguez, R. (1986): *Técnicas y Experimentos en Edafología*. Col. Of. Ing. Agrón. Cataluña, Barcelona 282 pp.
- Porta, J. & Herrero, J. (1988a): Micromorfología de suelos con yeso. *An. Edaf. Agrobiol.*, 47: 179-197.
- Porta, J. & Herrero, J. (1988b): Micromorphology of soils enriched with gypsum. *Intern. Work. Meet. on Soil Micromorphology*. Abstract, 11 pp. (texto completo provisto por autores).
- Ramos, A. (1984): Sistemas aluviales de baja sinuosidad. En: *Curso de Sedimentología Postgraduados*. Ed. Arche. *et al.* Inst. Geol. Económica. CSIC, II, IV. 1 - IV 13, Madrid, 23 pp.
- Soil Survey Staff (1990): Keys to Soil Taxonomy, fourth edition. *SMSS Technical Monograph N°6*. Blacksburg, Virginia.
- Soriano, J., Marfil, R. & de la Peña, J.A. (1977): Sedimentación salina actual en las lagunas del Norte del Alcázar de San Juan (Ciudad Real). *Est. Geol.*, 33: 123-129 .