

IV Reunión de Geomorfología  
Grandal d'Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.  
1996, Sociedad Española de Geomorfología  
O Castro (A Coruña)

## CONCRECIONES CARBONATADAS EN MARGAS DEL EOCENO. CONSECUENCIAS GEOMORFOLÓGICAS

Martí Bono, C.<sup>1</sup> y Plana, F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)

<sup>2</sup> Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera" (CSIC)

### RESUMEN

Las margas del Eoceno de la cuenca de Jaca (Pirineo Central) presentan, en numerosos lugares, una topografía de detalle muy característica, en la que destacan un conjunto de núcleos más resistentes de aspecto frecuentemente esférico y de orden métrico, que permiten hablar de un paisaje de "margas con bolas". Se trata en realidad de concreciones dolomíticas interestratificadas, menos susceptibles a los procesos erosivos que las propias margas. En este trabajo hemos intentado establecer si las diferencias mineralógicas entre concreciones carbonatadas y margas encajantes permiten explicar esta meteorización diferencial; para ello se ha estudiado la mineralogía de las concreciones, las margas y las margas alteradas. Se concluye que los procesos químicos de alteración resultan insuficientes para explicar las diferentes tasas erosivas, debiendo por tanto atribuirse a causas físicas (susceptibilidad ante la helada, procesos de humectación-deseccación) la mayor erosionabilidad de las margas frente a las concreciones carbonatadas y areniscas interestratificadas.

**Palabras clave:** Pirineos. Erosión. Margas. Concreciones. Dolomita

### ABSTRACT

The Eocene marls from the Jaca basin (Central Pyrenees) show a conspicuous morphologic feature consisting of disperse hard cores, often with an spherical shape and metric size, surrounded by the marly matrix. These hard cores are dolomitic concretions isolated from the marls because of less intense weathering. In this paper we study the mineralogical composition of dolomitic concretions and marls, in order to better define the differences in weathering processes. We conclude that chemical weathering processes do not fully explain the differences of erosion rates. We propose physical processes (frost susceptibility, dry-moist alternations) as the main erosion factors in the Eocene marls and, consequently, they are responsible for the greater erodibility of the marls compared to the dolomite concretions and interlayered sandstones.

**Keywords:** Pyrenees. Erosion. Marls. Concretions. Dolomite

## INTRODUCCIÓN

Los Pirineos presentan, en el Alto Aragón Occidental, una disposición fisiográfica muy esquemática, en unidades orientadas en dirección E-W (Zona Axial, Sierras Interiores, Depresión Media y Sierras Exteriores), determinadas a la vez por factores tectónicos y litológicos. La Depresión Media Prepirenaica en particular es muy heterogénea, formada por otras tres subunidades (Zona de colinas del Flysch, Zona de la Canal de Berdún y Zona de la Molasa); la segunda de ellas, ocupada por las margas grises y azuladas de Jaca-Pamplona, es la que presenta relieves más suaves, al permitir el fácil desarrollo de sistemas de terrazas escalonadas y glacis de erosión, debido a la escasa resistencia de las margas frente a los procesos erosivos. Esta es, sin embargo, también la causa de que el relieve de detalle en las superficies de pendiente más acentuada sea complejo, con importantes procesos de acarreamiento que dan lugar a extensas áreas con características de "bad lands".

En ocasiones la presencia de núcleos de mayor resistencia localizados dentro de las margas, de orden métrico, da origen a un tipo de paisaje que ha sido denominado, gráficamente, como "laderas de margas con bolas".

En este trabajo hemos intentado, en primer lugar, identificar las características mineralógicas de las margas, fácilmente erosionables, y de las "bolas", en realidad concreciones dolomíticas, más resistentes. En segundo término se ha tratado de establecer si las diferencias encontradas podían ser causa suficiente para explicar la mayor tasa de erosión de las margas respecto a las concreciones, por procesos de meteorización química, o bien debía recurrirse a otros factores, de tipo físico, como causa de esta erosión diferencial.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se ha llevado a cabo mediante trabajo de campo para establecer las relaciones geométricas entre las concreciones y las margas encajantes, así como análisis mineralógicos por difracción de Rayos X en concreciones, margas y margas alteradas. Para ello se han tomado muestras de tres concreciones (Fotografías 1, 2 y 3) en dos localidades, Jaca y Espuéndolas (Fig 1). Además se realizaron calcimetrías (mediante calcímetro de Bernard) en margas y margas alteradas, para averiguar si los procesos de meteorización implicaban pérdida de carbonatos por disolución.

## DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### GEOLOGÍA

Este trabajo está centrado en la Canal de Berdún, depresión longitudinal surpirenaica determinada por el afloramiento de margas del Eoceno, denominadas en su conjunto margas azules de Jaca-Pamplona. Desde el punto de vista geológico no se trata de una formación homogénea ya que se pueden diferenciar por lo menos tres unidades, de acuerdo con sus características y condiciones de sedimentación. SOLER y PUIGDEFÁBREGAS (1970), y más tarde PUIGDEFÁBREGAS (1975) consideran que en la secuencia de Jaca deben separarse unas margas inferiores, relacionadas con la serie turbidítica tipo flysch del Grupo de Hecho, de unas margas superiores, las margas de Pamplona, con estructuras

deltaicas; entre ambas aparecen los niveles de arenisca de Sabiñánigo, con facies de plataforma.

Posteriormente REMACHA *et al* (1987, 1991) y REMACHA & PICART (1991) estudiaron en detalle los procesos sedimentarios de la Unidad de Jaca, denominando *Margas de Larrés* a las margas situadas por debajo de las areniscas de Sabiñánigo. Consideran que son facies de talud, predominantemente lutíticas con presencia de algunos niveles turbidíticos y numerosos "slumps" que alteran la disposición sedimentaria normal. Describen además la presencia de las concreciones carbonatadas, interestratificadas en las margas, como "nodos de dolomicroesparita ferrosa formados en etapas diagenéticas muy precoces, que comunmente se han visto implicados en procesos de resedimentación inmediatamente posteriores a su génesis". Consideran que siempre aparecen dentro de la Formación Margas de Larrés, terminando al sedimentar las facies de plataforma de la Arenisca de Sabiñánigo. Aunque esto sea esencialmente cierto plantea contradicciones con los límites de su cartografía de esta última formación en Jaca, recogidos en la hoja 1:50.000 del ITGE (1994), ya que algunos de los ejemplos de concreciones aquí estudiados se localizarían dentro de la Arenisca de Sabiñánigo; hay que tener en cuenta de todos modos que los límites entre esta y las margas de Larrés son aquí poco netos, ya que existe un paso gradual de areniscas a limolitas.

#### GEOMORFOLOGÍA

Las áreas ocupadas por las margas de Jaca-Pamplona presentan una serie de características que podemos esquematizar en los puntos siguientes:

a) Presencia de superficies con relieves suaves; glacis o rampas de erosión, conos-glacis (SOLÉ SABARÍS, 1941; BARRÈRE, 1966, 1975) que enlazan las vertientes con los niveles de base, constituidos por un sistema escalonado de terrazas pleistocenas.

b) Superficies regularizadas de fuerte pendiente, entre niveles diferentes de terrazas o de glacis.

c) Incisión de dichas superficies de enlace y de las laderas, con formación de cárcavas, cuya profundidad es de orden métrico a decamétrico.

d) Acumulación de materiales finos, limos con ocasionales canales de gravas, en espesores de 5-10 m, dando lugar, por colmatación, a fondos de valle llanos, análogos a los ampliamente descritos en la depresión del Ebro (RODRIGUEZ VIDAL, 1986; PEÑA *et al*, 1991; GUTIERREZ & PEÑA, 1991; CHUECA *et al*, 1992), donde las últimas alternancias regularización-incisión han sido atribuidas a variaciones climáticas dentro del Holoceno.

e) Incisión final del relleno de material fino de los fondos de valle, y continuación del proceso de acaravamiento en las margas. Es un proceso que nos inclinamos a atribuir a la actividad antrópica del último milenio, tal como indican los registros sedimentarios lacustres (MONTSERRAT, 1992).

Los procesos de formación de cárcavas y erosión de laderas en las margas implican una alteración previa de éstas. El arrastre por procesos de arroyada se realiza sobre materiales sueltos, mientras que en el fondo de las cárcavas aparece la roca sin meteorizar. Cuando existen materiales más resistentes interestratificados (areniscas o concreciones) éstos quedan en relieve, dando lugar a un paisaje muy característico, especialmente, como ya se ha indicado, en el caso de las concreciones

que aparecen en las margas de Larrés.

### LAS CONCRECIONES DOLOMÍTICAS

En la topografía del paisaje de cárcavas de las margas de Larrés destaca la presencia, en relieve, de un conjunto de fragmentos más resistentes, que toman formas variables y que destacan en el paisaje por erosión diferencial. La mayoría de estos núcleos son concreciones más o menos esféricas cuyo diámetro oscila entre 20 y 80 cm, aunque son frecuentes las elipsoidales, alargadas y planares, ocupando estas planos de estratificación entre margas, pudiendo alcanzar más de 20 m de longitud máxima y 20 a 50 cm de potencia. No se aprecian estructuras internas, aunque sí mineralizaciones en fracturas posteriores a su consolidación.

### MINERALOGÍA

Se han realizado análisis mineralógicos semicuantitativos mediante difracción de Rayos X en tres de las concreciones, dos de forma esférica, la tercera planar interestratificada, de 20 m de longitud por 40 cm de espesor, así como en las margas encajantes.

En las margas dominan calcita y cuarzo, aunque la dolomita está siempre presente, con una relación 1/5 a 1/7 respecto de la calcita. Los minerales arcillosos son siempre illita y clorita, dominando la segunda en una relación 2/1.

En las concreciones por el contrario la dolomita es más abundante que la calcita, aunque se pueden presentar excepciones en la parte periférica. En los dos ejemplos estudiados de concreciones esféricas es en el núcleo donde la relación dolomita/calcita es más elevada. Esta última falta en uno de los casos y en el otro la relación es de 12/1 (Foto 2, Zona A). La proporción de calcita aumenta a medida que nos acercamos a la periferia, donde incluso puede llegar a ser dominante, en cifras comparables a las de las margas (relación dolomita/calcita 3/1 en la zona B de la Foto 2 y 1/5 en la parte exterior, zona C). Lo mismo ocurre en la concreción de la Foto 1, donde la relación dolomita /calcita es de 5/1 en la parte intermedia y de 1/8 en la parte exterior, donde además abunda el cuarzo y la arcilla está presente (14%).

En la concreción planar estudiada no es en el núcleo sino en la base donde falta la calcita. En la parte central domina la dolomita en proporción 5/1. También en las margas cercanas a la base de esta concreción la relación dolomita/calcita es anómala (1/1) respecto a lo que ocurre en niveles margosos más alejados; probablemente fueron afectadas por los mismos procesos diagenéticos que dieron origen a la concreción.

Las arcillas dentro de las concreciones están ausentes o en muy bajas cantidades, lo cual no ocurre con el cuarzo, siempre presente de modo significativo, aunque en menor proporción que en las margas, donde está representado en una alta proporción de las partículas de tamaño limo.

Las fracturas de las concreciones pueden presentar mineralización, bien baritina (concreción esférica de Jaca), bien celestina y calcita (concreción planar de Espuëndolas). Las fracturas son irregulares en el primer caso y siguen planos de fractura, perpendiculares al eje de plegamiento, en el segundo.

### GÉNESIS

Coincidiendo con las apreciaciones de REMACHA *et al* (1991) parece claro que las concreciones se formaron durante fases iniciales de diagénesis, por circulación de líquidos con fuerte concentración de magnesio, por planos de estratificación o en superficie, dando lugar a una dolomita desequilibrada, deficitaria en magnesio, que pasa progresivamente a una proporción 50/50. Observaciones de campo de la relación con la marga encajante permiten apreciar la presencia de numerosos "slumps" debidos a la inestabilidad del talud de sedimentación, lo cual debe originar la morfología esférica de las concreciones. Lo confirma el hecho de que en los mismos niveles aparecen con frecuencia bolas de arenisca. Resulta esto más probable que pensar en una diagénesis a partir de un punto (para las concreciones esféricas), con eliminación del material encajante). No son factibles más precisiones sobre los mecanismos diagenéticos sin estudios isotópicos más amplios y detallados.

La mineralización por sulfatos debió producirse en fases posteriores, sobre material ya consolidado.

### PROCESOS DE METEORIZACIÓN

Nos interesaba en este trabajo establecer los mecanismos que permiten la alteración diferencial que, unidos al arrastre mecánico, daban lugar al paisaje de "margas con bolas" tan característico de la cuenca de Jaca.

Los análisis efectuados no permiten detectar, en principio, procesos de meteorización química que, actuando con mayor intensidad sobre las margas, faciliten el arrastre de estas por fenómenos de escorrentía. La proporción de carbonatos es la misma en la marga alterada que en la roca fresca. Por tanto no es la mayor solubilidad de la calcita respecto a la dolomita un factor determinante en la erosión diferencial.

La proporción de limos y arcillas es mucho mayor en las margas que en las concreciones dolomíticas. Sin embargo no es la naturaleza mineralógica de estas últimas un factor decisivo a considerar, puesto que no aparecen arcillas expandibles.

Hay que pensar pues que son factores físicos los que determinan los procesos de erosión diferencial en las margas eocenas con concreciones dolomíticas: distinta susceptibilidad ante los procesos de helada y ciclos repetidos de humectación- desecación permiten una más fácil pérdida de cohesión de la roca margosa, facilitando su arrastre en procesos de arroyada. Los días de helada segura son del orden de 150 anuales en la depresión de Jaca-Sabiñánigo, y las lluvias intensas, aunque esporádicas, tienen periodos de recurrencia cortos. Cada dos años se puede esperar una precipitación superior a 49 mm en un día, y cada cinco años de 66 mm (CREUS, 1983).

### CONCLUSIONES

1) La margas de la formación Larrés, dentro de la unidad de margas azules eocenas de Jaca-Pamplona, presentan concreciones dolomíticas originadas durante fases tempranas de la diagénesis, mientras que el carbonato de las margas es fundamentalmente calcita.

2) Los procesos de erosión diferencial dan lugar a un paisaje característico

donde las concreciones destacan en el relieve.

3) Las causas de esta erosión diferencial no se deben a procesos de meteorización química (diferencias en tasas de disolución) ni a la naturaleza mineralógica de las arcillas. Hay que recurrir a causas físicas (susceptibilidad ante la helada, humectación-deseccación) para explicar la rápida disgregación de las rocas margosas.

### AGRADECIMIENTOS

Debemos citar en este apartado a Isabel Zamarreño y Blas Valero por sus precisiones sobre aspectos de concreciones calcáreas, y a José M<sup>a</sup> García Ruiz por sus opiniones en problemas erosivos.

### BIBLIOGRAFÍA

- BARRÈRE, P. (1966): La morphologie quaternaire dans la région de Biescas et de Sabiñanigo (Haut-Aragon). Bull. Assoc. Fr. Étude du Quaternaire, 2, 83-93.
- BARRÈRE, P. (1975): Terrasses et glacis d'érosion en roches tendres dans les montagnes du Haut-Aragon. Etudes Géographiques, Melanges Georges Viers, Université de Toulouse, 29-43.
- CHUECA, J., JULIÁN, A., REY, J. (1992): Reconstrucción y datación arqueológica de las secuencias evolutivas holocenas en la Hoya de Huesca; el yacimiento del Cabezo del Lobo. Cuaternario y Geomorfología 6, 111-122.
- CREUS, J. (1983): El clima del Alto Aragón Occidental. Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos, 109, 233 p. Jaca.
- GUTIERREZ, M. & PEÑA, J.L. (1990): Evolución climática y geomorfológica del Holoceno superior (Cordillera Ibérica, Depresión del Ebro y Prepirineo). (in The environment and the Human Society in the Western Pyrenees and the Basque Mountains during the Upper Pleistocene and the Holocene, Cearreta & Ugarte, Eds), 57-66, Vitoria
- ITGE (1994): Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000. Hoja nº 176 (Jaca), 36 p.
- MONTSERRAT, J. (1992): Evolución glaciaria y postglaciaria del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología, 6, 147 p., Jaca.
- PEÑA, J.L., JULIÁN, A. & CHUECA, J. (1991): Sequences évolutives des accumulations holocènes à la Hoya de Huesca dans le contexte général du Bassin de l'Ebre (Espagne). Physio-Geo, 55-60.
- PUIGDEFÁBREGAS, C. (1975): La sedimentación molásica en la cuenca de Jaca. Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos, 104, 188 p. Jaca.
- REMACHA, E., ARBUÉS, P. & CARRERAS, M. (1987): Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la Arenisca de Sabiñanigo. Boletín Geológico y Minero, 98, 40-48.
- REMACHA, E. & PICART, J. (1991): El complejo turbidítico de Jaca y el delta de la arenisca de Sabiñanigo. Estratigrafía. Facies y su relación con la tectónica. I Congreso del Grupo Español del Terciario, Libro-Guía Excursión nº 8. F.Colombo, Ed., 116 p.
- REMACHA, E., PICART, J. & OMS, O. (1991): La Arenisca de Sabiñanigo Inferior y su relación con el Canal del Rapitán. La secuencia de Jaca. Com. I Congreso del Grupo Español del Terciario, Vic 1991, 283-285.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. (1986): Geomorfología de las sierras exteriores oscenses y su piedemonte. 172 p, Col. Estudios Altoaragoneses. Huesca.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1941): La Canal de Berdún. Estudios Geográficos, 7, 271-318.
- SOLER, M. & PUIGDEFÁBREGAS, C. (1970): Líneas generales de la geología del Alto Aragón Occidental. Pirineos, 96, 5-19.

### Pies de Figura y Fotografías

Fig. 1.- Mapa de situación de las concreciones dolomíticas analizadas

Foto 1.- Jaca: concreción esférica en margas eocenas. El núcleo sólo contiene dolomita (85%) y cuarzo (15%). La zona intermedia, dolomita (72%), calcita (6%) y cuarzo (22%). La parte externa, más detrítica, dolomita (5%), calcita (40%), cuarzo (41%), Illita (6%) y clorita (8%)

Foto 2.- Jaca: concreción esférica con mineralización de baritina. El núcleo, zona 1A, contiene dolomita (68%), calcita (6%) y cuarzo (27%). La parte intermedia, zona 1B, dolomita (64%), calcita (22%) y cuarzo (13%). La parte exterior, zona 1C, dolomita (11%), calcita (59%) y cuarzo (32%)

Foto 3.- Espuëndolas. Concreción planar en margas eocenas. La calcita falta en la base de la concreción. En el cuerpo (detrás del martillo) las proporciones son: dolomita (60%), calcita (12%) y cuarzo (27%)







