

# Efectos de la meteorización laterítica pretriásica en dolomías del Silúrico-Devónico de la Cordillera Costero Catalana (NE España)

*Pre-triassic lateritic weathering effects on Silurian-Devonian dolomites of the Catalan Coastal Ranges (NE Spain)*

D. Gómez-Gras y C. Ferrer

Dpt. de Geología, Edifici C(s), Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, E-mail: d.gomez@geologia.uab.es

## ABSTRACT

*As result of tectonic uplift during the last stages (Permian) of the Hercynian orogeny, the outcropping rocks of Catalan Coastal Ranges (metamorphic, igneous and sedimentary rocks) were submitted to extensive chemical weathering under warm, humid climatic conditions that produced a weathering profile. We study the weathering profiles developed in the siluro-devonian dolomites exposed between the Montseny and Garraf Massifs. A progressive reddening of the bedrock can be observed in outcrop, beginning in the finer-grained bedrocks or along fracture, bedding and foliation surfaces, and becoming homogeneous towards the top of the profiles. The intensity of chemical weathering increased from base to top, as evidenced by an enrichment of iron and aluminum silicates. We think that the mineralogical and textural evolution patterns presented here are compatible with the lateritic-type weathering profiles reported in granitic rock of the same period.*

**Key Words:** dolomites, palaeoweathering profiles, Catalan Coastal Ranges.

Geogaceta, 25 (1999), 95-98  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Como consecuencia del levantamiento tectónico en los últimos estadios de la orogenia hercínica, las rocas paleozoicas de la Cordillera Costero Catalana fueron sometidas a una alteración climática que desarrolló un manto de meteorización sobre las diferentes litologías del relieve hercínico (pizarras, metagrauvascas, esquistos moteados, granitos, microgranitos, areniscas y dolomías). Bajo las condiciones de clima tropical que reinaban en este periodo se desarrollaron perfiles de meteorización que en el caso de las rocas graníticas han sido caracterizados como perfiles lateríticos (Ferrer, 1997; Ferrer *et al.* 1998; Gómez-Gras y Ferrer, 1999). El conjunto de procesos climáticos activos durante el Pérmico causaron una degradación general del relieve hercínico y el desarrollo de una superficie de peneplanización, encima de la cual se dispone discordantemente la cobertura mesozoica y cenozoica.

En el presente trabajo se aborda la meteorización de rocas carbonáticas (dolomías del Silúrico-Devónico, con intercalaciones de estratos margosos y/o arcillosos) en la zona de la Cordillera Costero

Catalana comprendida entre los macizos del Montseny y del Garraf. En general, la meteorización del substrato carbonático se manifiesta como concentraciones locales de óxidos de hierro que aumentan de base a techo del perfil confiriendo un enrojecimiento irregular y discontinuo a la roca (rubefacción).

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de los procesos de interacción roca carbonática-agua meteórica ya que en depósitos antiguos son muy difíciles de reconstruir los procesos de meteorización debidos a la pérdida de aguas y de sus iones (Smalley *et al.* 1994).

## Estratigrafía y petrología

El substrato carbonático se ha estudiado en dos secciones (Figaró y Brugers) las cuales consisten en una alternancia de pequeñas capas de composición margosa y de estratos dolomíticos, constituidos por dolomicroesparitas y dolomicritas, que localmente presentan pseudomorfos de antiguas piritas, fragmentos de crinoideos y vetas de cuarzo (Fig.1). Todo el conjunto de estratos se encuentra afectado por fracturas y cavi-

dades de tipo *vug* que están, o bien rellenas por sucesivas generaciones de cementos de dolomita, ankerita, calcita o cuarzo, todos ellos depositados con anterioridad a la meteorización, o bien por óxidos de hierro, caolinita, puntualmente baritina y fosfatos que estarían ligados a la paleoalteración (minerales secundarios).

Se ha observado que la intensidad de la alteración es mayor cuando la disposición de los estratos es subvertical, favoreciendo la circulación de los fluidos a través de las discontinuidades estratigráficas. En cambio, en posiciones subhorizontales la propagación de los fluidos es principalmente a través del sistema de diaclasas y fracturas, observándose los efectos de la alteración en las zonas adyacentes a éstas.

Básicamente, la rubefacción de este tipo de substrato se produce mediante concentraciones de óxidos de hierro de distintos orígenes. Los procesos meteorizantes actuaron concentrando localmente los minerales secundarios antes mencionados. Estas acumulaciones aumentan de base a techo del perfil y se pueden diferenciar dos tipos: las acumulaciones relativas que se originan por la meteorización *in situ* de los minerales de la roca, y las

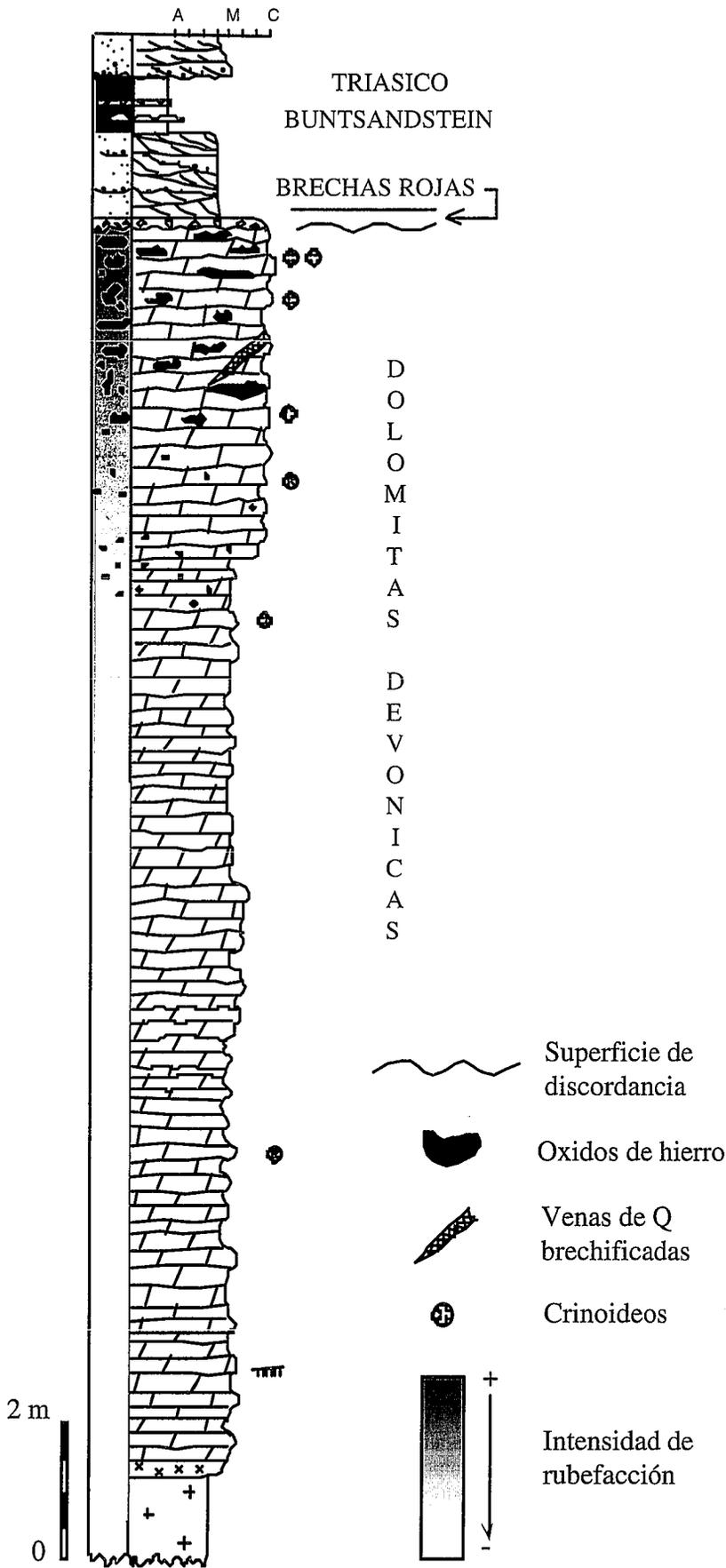


Fig.1.- Columna estratigráfica del límite Paleozoico-Mesozoico en la zona de El Figaró.

Fig.1.- Stratigraphic section of the Paleozoic-Mesozoic boundary in the El Figaró area.

acumulaciones absolutas que se generan por precipitación a partir del fluido meteorizante. Los iones en solución provendrán de la disolución de algunas especies minerales del mismo sustrato o de sustratos de otras litologías.

**acumulaciones relativas.** Se producen a favor de estilolitos (a), de cavidades con cementos ankeríticos (b), de antiguas piritas (c) o en zonas adyacentes a éstas por difusión del proceso.

(a) La circulación de fluidos meteorizantes a través de las superficies estilolíticas provoca una disolución de los cristales de dolomita y una concentración en las mismas de óxidos de hierro, minerales del grupo de la arcilla y cuarzo de aspecto fibroso. Como consecuencia, los óxidos van penetrando hacia la roca a través de los contactos intercristalinos hasta rodear y aislar completamente cada rombo. Los rombos dolomíticos de esta zona adquieren un aspecto ferruginoso primeramente en su centro, reflejo de la zonación original de cada cristal, ya que los análisis de microsonda electrónica efectuados indican una composición diferente en el centro del cristal que en la periferia. Esta diferencia consiste en un contenido más ankerítico en el centro de los rombos  $[Ca_{1,1}(Mg_{0,78}Mn_{0,02}Fe_{0,07})(CO_3)_2]$  respecto a la periferia  $[Ca(Mg_{0,95}Fe_{0,03})(CO_3)_2]$ .

(b) No obstante, las acumulaciones cuantitativamente más importantes son las concentraciones de hematitas generadas por la alteración de la ankerita, la cual se presenta con características de dolomita barroca (*saddle dolomite*) relleno de fracturas y cavidades de tipo *vug* que atravesaban el encajante dolomítico con anterioridad a la meteorización  $(Ca_{1,01}(Mg_{0,74}Mn_{0,04}Fe_{0,2})(CO_3)_2)$ . Estas concentraciones se observan en el campo como nódulos ferruginosos de dimensiones y morfologías variables, de 1 a 15 cm, aunque en algún punto pueden llegar a dimensiones de 0,2 x 1m.. La alteración de este mineral implica la disolución del mismo, la oxidación del  $Fe^{2+}$  y la precipitación de óxidos de hierro y de calcita, aunque este último mineral no está siempre presente. Este proceso se inicia en las exfoliaciones de los cristales ankeríticos, especialmente en aquellos en contacto con la dolomita encajante o en las zonas adyacentes a los estilolitos y deja como residuo una concentración de óxidos de hierro con ligeras proporciones de  $SiO_2$  (3,13-1,37 % en peso) y de  $Al_2O_3$  (1,40-0,65 % en peso) con morfologías más o menos nodulosas.

(c) El tercer tipo son concentraciones puntuales y poco abundantes a favor de pseudomorfo de pirita que se presentan

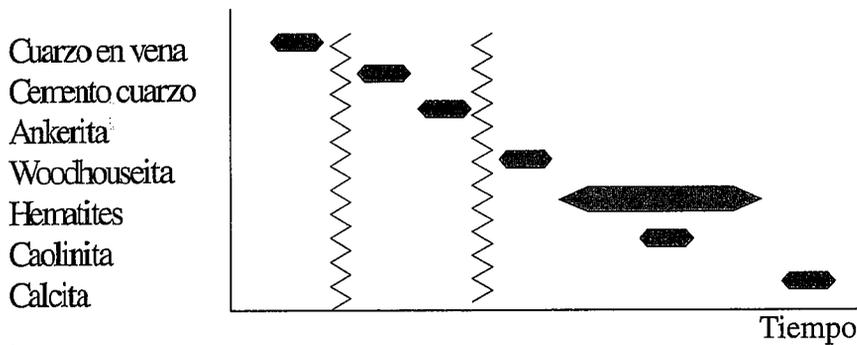


Fig. 2.- Secuencia de relleno complejo en venas brechificadas de cuarzo del perfil de El Figaró. La línea quebrada simboliza las etapas de brechificación de la vena.

Fig. 2.- Cementation sequence in quartz vein breccias from the El Figaró profile. The crooked line represents the episodes of vein brecciation.

como individuos aislados (de 0,2 a 1 cm) o bien como agregados de diferentes cristales (5 cm de diámetro como máximo). En la observación petrográfica de dichos pseudomorfo se detectaron dos especies

en ellas la porosidad, sea primaria o de disolución, se encuentra rellena por caolinita. En algunos casos, este mineral coexiste con óxidos de hierro.

#### a.2) Fracturas con relleno complejo

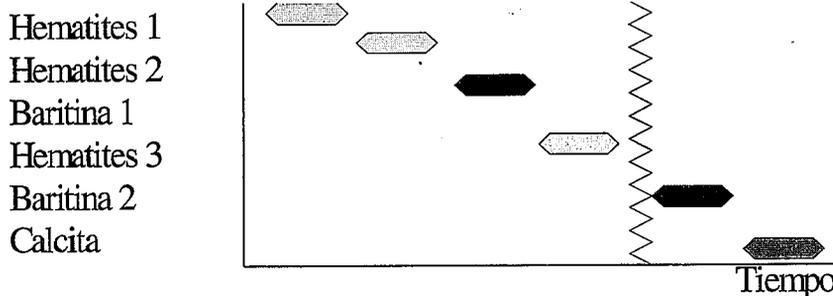


Fig. 3.- Secuencia de precipitación en cavidades cársticas en el perfil de Bruguers.

Fig. 3.- Cementation sequence within karstic cavities from the Bruguers profile.

minerales diferentes: hematites en el centro y goethita en la periferia.

**acumulaciones absolutas.** Son concentraciones que se disponen relleno principalmente la porosidad de fractura (a) y las cavidades de disolución (b). Las secuencias de cementación observadas (Figs. 2 y 3) se producen por la circulación de los fluidos relacionados con la meteorización laterítica tanto por el sustrato carbonático como por otros de distinta naturaleza que liberan  $Al^{3+}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $H_4SiO_4$ . Los minerales que precipitan en la porosidad son caolinita, hematites, baritina y un fosfato aluminocálcico, los cuales forman diferentes secuencias de precipitación que se describen a continuación.

#### a.1) Fracturas con relleno simple.

Este tipo predomina en la base del perfil y

jo. La acumulación mineralógica más importante en fracturas tiene lugar en relación con antiguas venas centimétricas de cuarzo que han sufrido una brechificación importante. La secuencia de cementación que rellena la porosidad es: cuarzo y ankerita, fosfato aluminocálcico, hematites, caolinita y calcita (Fig 2).

El cuarzo forma cristales idiomorfos y un sobrecrecimiento sintaxial en los fragmentos originales cuarcíticos de la brecha. El fosfato aluminocálcico es del grupo de la woodhouseita y crece en formas botrioidales adosadas al cuarzo, pudiéndose afirmar que es un mineral neoformado a partir de los fluidos meteorizantes. Análisis realizados por EDS han mostrado la composición química de la especie mineral constituida por  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  y los aniones  $HPO_4^{2-}$  y  $SO_4^{2-}$ , debiendo corresponder a un término me-

dio entre la woodhouseita ( $CaAl_3(PO_4/SO_4)(OH)_6$ ) y la esvanbergita ( $SrAl_3(PO_4/SO_4)(OH)_6$ ). El calcio y el estroncio se distribuyen en bandas alternantes más enriquecidas en uno o en otro, aunque el núcleo es más rico en Sr que las zonas externas. Localmente, este mineral se transforma en otro no identificado que presenta más birrefringencia y un tamaño de grano más fino.

El siguiente mineral de la secuencia es la hematites que recubre las superficies de los anteriores minerales. Este óxido de hierro también se encuentra reemplazando cemento ankerítico y entre las microfrazas de los fragmentos de cuarzo. Con la precipitación de la caolinita se finaliza el cierre total de la porosidad, aunque, algunas zonas caolínicas, posteriormente son reemplazadas por hematites y localmente calcitizadas. A escala macroscópica se observa cómo, a través de la fractura, el frente de ferruginización se desplaza lateralmente a favor de fracturas subordinadas o planos de estratificación de la dolomía.

**b.1) Cavidades cársticas con relleno complejo.** Son cavidades de orden decimétrico que se encuentran rellenas por una secuencia compleja de diferentes generaciones de carbonatos, de hematites (H) y de baritina (Ba) (Fig. 3). Se han diferenciado tres generaciones de hematites:  $H_1$  que ferruginiza el encajante,  $H_2$  que se presenta en láminas finas y  $H_3$  como cristales fibrosos, con brillo metálico y morfología botrioidal. Entre  $H_1$  y  $H_2$  precipitó un mineral carbonatado no identificado debido a su reemplazamiento posterior por calcita. Entre  $H_2$  y  $H_3$  se produce una cristalización de baritina ( $Ba_1$ ) que fue recubierta por  $H_3$ . Posteriormente, hay una ligera brechificación del conjunto y precipita baritina ( $Ba_2$ ) en fracturas y en la zona central de la cavidad, como cristales de 1 y 2 cm., en forma de rosas.

En el último estadio hay una precipitación de calcita, tanto alrededor de las paredes de la cavidad como reemplazando el mineral carbonatado anterior, presentando óxidos de hierro en las exfoliaciones, pudiendo resultar de la transformación de una siderita o una ankerita.

**b.2) Cavidades cársticas con relleno detrítico.** Son cavidades de dimensiones decimétricas rellenas con sedimentos detríticos. La composición del esqueleto del sedimento está integrada por cuarzo, fragmentos de la dolomía encajante y fragmentos arcillo-ferruginosos que pueden corresponder a una porción de sapro-

lito de un substrato de diferente litología. La matriz del depósito está constituida por minerales detríticos de granulometría fina-media como cuarzo monocristalino, feldespato potásico, moscovitas y fragmentos de pizarras silíceas, todos ellos con un recubrimiento ferruginoso (*coating*). Todo el conjunto está cementado por dolomita, aunque en alguna fractura también hay presencia de baritina.

### Conclusiones

A partir del estudio de los perfiles de meteorización pretriásicos desarrollados sobre las rocas carbonáticas del Silúrico-Devónico del área comprendida entre los macizos del Montseny y Garraf se deduce que:

El enriquecimiento en óxidos de hierro que confieren un enrojecimiento a la roca es de carácter gradual y aumenta de base a techo del perfil en dimensiones y cantidad, aunque los tramos margosos siempre manifiestan un grado de rubefacción más elevado que los adyacentes dolomíticos. En la base de los perfiles la meteorización del substrato dolomítico comporta la aparición de pequeñas concentraciones de caolinita y hematites y la ferruginización de las juntas de estratificación, sobretodo de los tramos margosos, que llegan a constituir costras milimétricas de óxidos de hierro. El tramo donde la meteorización es de mayor intensidad es en los últimos 5 m. próximos a la discordancia, donde las concentraciones de óxidos adquieren dimensiones decimétricas. La rubefacción es mucho más intensa en las capas que se disponen con

un cierto buzamiento que en las horizontales, ya que por ellas los fluidos circulan con más facilidad. Las concentraciones cuantitativamente más importantes corresponden a las originadas *in situ*, por una alteración selectiva de las ankeritas.

La fuente del hierro de las concentraciones de hematites presentes en la roca están directamente relacionadas con las ankeritas, en menor medida con las piritas diseminadas y en tercer lugar, parece lógico pensar, en una fuente externa suministrada por los fluidos meteóricos percolantes. El aluminio y la sílice necesarios para la formación de caolinita o cuarzo, pueden ser aportados fácilmente por esta fuente externa, o bien por los minerales de la arcilla existentes en los niveles margosos que se encuentran interestratificados en la serie. El sulfato de la baritina puede obtenerse de la oxidación de las piritas que, a pesar de no estar presentes en grandes cantidades en los estratos carbonáticos, sí que son más importantes en los niveles silúricos inferiores. En la serie silúrica abundan niveles con piritas diseminadas que al ser oxidadas generan fluidos ácidos y oxidantes y facilitan la removilización del fósforo, también presente en la serie (Camprubí *et al.*, 1994). Según estos autores, que describen mineralizaciones similares en la serie del Silúrico-Devónico de la zona de Gavà-Bruguers, este tipo de fluidos generan porosidad por donde circulan, depositando fosfatos secundarios en las fracturas.

Las condiciones de clima húmedo y cálido que dieron lugar a la formación de perfiles lateríticos sobre las rocas graníticas de la zona pudieron ser las causantes

del conjunto de características mineralógicas y texturales que presenta la roca a lo largo del perfil y tener por tanto un mismo significado geológico, ya que su posición estratigráfica es muy similar.

### Agradecimientos

Al Dr. J.C. Melgarejo, al Dr. F. Calvet, al Dr. X. García-Veigas (Serveis Tècnics de la Universitat de Barcelona y a J. Ques (Serveis Tècnics de la Universitat Autònoma de Barcelona) por la ayuda recibida durante la consecución del trabajo y a la Dra. R. Marfil por la revisión del manuscrito. Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto PB 96-1236 de la DGICYT.

### Referencias

- Camprubí, A., Costa, F. y Melgarejo, J.C. (1994): *Bol. Geol. Min.*, 105-5: 444-453.
- Ferrer, C. (1997): *Tesis de licenciatura*. Universidad Autònoma de Barcelona (inédita): 169 pp.
- Ferrer, C., Gómez-Gras, D. y Marfil, R. (1998): En: J.C. Cañaveras, M.A. García del Cura y J. Soria, (Eds.) *Sedimentology at the dawn of the third millennium.*, (XV International Sedimentological Congress). Publicaciones de la Universidad de Alicante, Alicante; 330-331.
- Gómez-Gras, D. y Ferrer, C. (1999): *Rev. Soc. Geol. España*, 12-2: 280-298.
- Smalley, P.C., Bishop, P.K., Dickson, J.A.D. y Emery, D. (1994): *Journal of Sedimentary Research*, A64: 180-189.