

## PROCESOS DE DOLOMITIZACION-DEDOLOMITIZACION DE LA FORMACION LANCARA (CAMBRICO INFERIOR-MEDIO) EN LA REGION DE PLIEGUES Y MANTOS DE LA ZONA CANTABRICA, NW DE ESPAÑA\*

L. A. Díaz Rodríguez\*\*

### RESUMEN

La Formación Láncara, dentro de la Zona Cantábrica, es una secuencia carbonatada constituida por dos miembros, uno inferior de naturaleza dolomítica primaria y otro superior de naturaleza calcárea. Esta Formación presenta dos características básicas dignas de mención: una de ellas es que constituye la superficie de fractura y deslizamiento de la mayoría de los cabalgamientos y escamas que existen dentro de la Zona Cantábrica y la segunda es que en sus estratos se hallan distintos yacimientos e indicios minerales, sobre todo de Pb, Zn, Ba y Hg.

En la localidad de Caranga de Arriba, Asturias (España) se ha levantado una columna estratigráfica de dicha Formación, empleándose diversas técnicas analíticas (microscopía de transmisión, difracción de rayos X, microsonda electrónica y análisis químicos) para la caracterización de las muestras obtenidas. En la columna del área de estudio se aprecia una cierta calcitización que afecta a las dolomías singenéticas del miembro inferior y por el contrario se observa un enriquecimiento en magnesio (dolomitización) de todo el miembro superior, teniendo en cuenta que originariamente era de naturaleza calcárea. Por otro lado, en las proximidades de aquella localidad y teniendo como roca de caja a la Formación Láncara se encuentra el yacimiento Pb-Zn de tipo stratabound Grupo Cantabria.

Estos resultados confirman la intensa circulación de fluidos connatos a los que debió de estar sometida la Formación Láncara, de muro a techo, por el hecho de constituir la base deslizante de la mayoría de los mantos de despegue existentes en la Zona Cantábrica.

**Palabras clave:** *dolomitización, Formación Láncara, Zona Cantábrica.*

### ABSTRACT

The Lancara Formation is a carbonate sequence within the Cantabrian zone with two members, the lower of primary dolomite nature, and the upper mainly composed of limestone beds. This formation has two basic features worth mentioning: 1) Represents the sliding and fracturing surface of most nappes and thrust-sheets of the Cantabrian zone; 2) Hosts several ore deposits, mainly Pb, Zn, Ba and Hg.

A representative section of this Formation has been defined at Caranga de Arriba, Asturias (Spain). The samples obtained from this section have been characterized using several analytic techniques (transmission microscopy, X-ray diffraction, electron microprobe and chemical analysis). A certain dedolomitization affecting the syngenetic dolomites has been observed in the lower member, whereas the upper member shows a complete dolomitization. On the other hand, in the surroundings of the site described, and hosted by the referred Formation, the stratabound Pb-Zn ore deposit, named Grupo Cantabria, is found.

These facts seem to indicate that the Lancara Formation has undergone a great circulation of connate fluids, from the bottom to the top of the Formation, resulting in an intense cation leaching (such as magnesium, very abundant in the lower member) towards the upper member. This is probably due to the fact that the Lancara Formation represents the sliding surface of most nappes of the Cantabrian zone.

**Key words:** *dolomitization, Lancara Formation, Cantabrian zone.*

\* Presentada como comunicación-póster en la International Conference on Iberian Terranes and their Regional Correlation. Oviedo, 1-6, septiembre 1986.

\*\* ITGE. Dirección de Recursos Minerales. Sección de Rocas y Minerales Industriales. Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid. España.

## Introducción

De las tres formaciones sucesivas que integran el Cámbrico de la Zona Cantábrica (Herrería, Láncara y Oville), la Formación Láncara es la única completamente carbonatada y debe su primera denominación a Comte (1937). Su edad, en conjunto, es Cámbrico Inferior-Medio y los trabajos realizados por Zamarreño y Julivert (1967) y Zamarreño (1972) la dividen, a grandes rasgos, en diversos tipos de facies, que coinciden con las grandes unidades tectónicas que se desarrollan dentro de la Zona Cantábrica. En todas estas unidades, la Formación Láncara está constituida por dos miembros, uno inferior, con dolomías amarillentas o dolomías y calizas grises, y otro superior, con calizas nodulosas principalmente.

A pesar de que la Formación Láncara dentro de la Zona Cantábrica es una unidad litoestratigráfica muy estudiada tanto a nivel tectónico como sedimentológico (Zamarreño y Julivert, op. cit.; Morh, 1969; Zamarreño, op. cit.; Bastida et al., 1979), no existen trabajos de investigación referentes a los procesos de dolomitización epigenética que son frecuentes en sus estratos. En este trabajo se exponen datos e hipótesis de los procesos geológicos acaecidos sobre el conjunto de la roca original de la Formación Láncara, cuya doble naturaleza mineralógica, dolomías en el miembro inferior y calizas en el miembro superior, se ha visto afectada por agentes transformadores externos.

## Marco geológico y descripción de la serie estudiada

La serie carbonatada cámbrica estudiada se encuentra situada en la Región de Pliegues y Mantos (Julivert, 1971) (fig. 1), dentro de la Zona Cantábrica, y más concretamente en la Unidad Cabalgante de la Sobia, cuyo límite occidental lo constituye la Unidad Cabalgante de Tameza y con un límite oriental bastante complejo constituido por la Unidad Cabalgante del Aramo (Pello, 1972).

La serie estudiada corresponde a un afloramiento (M.T.N. n.º 52 Proaza, coordenadas 6°02'21"-43°11'17") cuya existencia, en una zona tan al norte del cabalgamiento de la Sobia, se ha descrito por vez primera en Díaz Rodríguez (1985). La Formación Láncara observada (fig. 2) posee un espesor de unos 75 metros, aproximadamente, y está constituida, en su miembro inferior, por unas dolomías pardo amarillentas de aspecto masivo y con unos pequeños veteados recristalizados que dan a la roca fresca matices iridiscentes. Es habitual encontrar óxidos de hierro, en concentraciones puntuales, por el seno de la roca, que, en ocasiones, por fenómenos de alteración producen coloraciones rojizas a modo de moteado. El miembro superior, donde la estratificación es muy

marcada, comienza por unas dolomías grises compactas, en bancos de 40 cm. de potencia hacia la base del tramo y que paulatinamente se adelgazan a techo hasta alcanzar unos 10 cm. El espesor de este tramo es de seis metros y a continuación nos encontramos con unas dolomías rosadas glauconíticas (4 m. de potencia) que dan paso a un último tramo de morfología nodulosa, de unos 10 m. de potencia, constituido por unas dolomías de tonos grises y cremas englobadas en unos niveles lutítico-pizarrosos de colores verde y gris. Estos interestratos pizarrosos se hacen más abundantes hacia el techo y los bancos dolomíticos intercalados se adelgazan.

## Métodos analíticos

Los estudios analíticos realizados se han centrado en la caracterización mineralógica (microscopía de transmisión, difracción de rayos X, microsonda electrónica) y química (valoración) de las muestras procedentes de la serie de la Formación Láncara estudiada.

Por microscopía de transmisión se estudiaron 13 secciones delgadas, que fueron teñidas (Dickson, 1965) para determinar la distribución o presencia de calcita o de dolomita, examinándose los distintos tipos petrográficos de la serie.

Sobre el mismo grupo de muestras investigadas por microscopía de transmisión se realizó un estudio de difracción de rayos X (9 difractogramas) con las siguientes condiciones de trabajo: difractómetro Philips PW 1140/00 con un generador de potencia de 3 Kw, con determinaciones en tubo de anticátodo de Cu; la tensión e intensidad aplicadas fueron de 40 Kv y 20 mA, respectivamente, y la velocidad del goniómetro fue de 1 y 2° por minuto.

Como técnicas analíticas complementarias a los resultados obtenidos mediante las técnicas de microscopía y de difracción de rayos X se llevó a cabo el estudio del contenido geoquímico en CaO y MgO de muestras de la serie y, además, por microsonda electrónica se pretendió observar la distribución de ambos elementos (Ca, Mg) en las preparaciones analizadas. Las condiciones analíticas empleadas en esta última técnica se indican en la figura 5.

## Resultados

El miembro inferior, desde el punto de vista petrográfico, está constituido por dolomicritas con diversas recristalizaciones microesparíticas y esparíticas, a modo de cavidades irregulares y alargadas rellenas por una dolomita algo ferrosa y a la que acompañan también óxidos de hierro.

Como tipos petrográficos característicos de este miembro inferior se pueden citar:

— Oodolomicrita (L.I): Aparece en la parte baja del miembro inferior (fig. 3A). Se aprecian cavidades irregulares rellenas por una doloesparita algo ferrosa (Dol II) y oolitos de tipo superficial, en los que no se observa bien la naturaleza del núcleo debido a la intensa recristalización que han sufrido las dolomías de dicho miembro inferior, aunque el hecho de quedar perfectamente conservada la envoltura externa del oolito parece indicarnos que el núcleo sería de algún objeto (fósil, intraclastro, etc.) de naturaleza distinta a la de dicha envoltura.

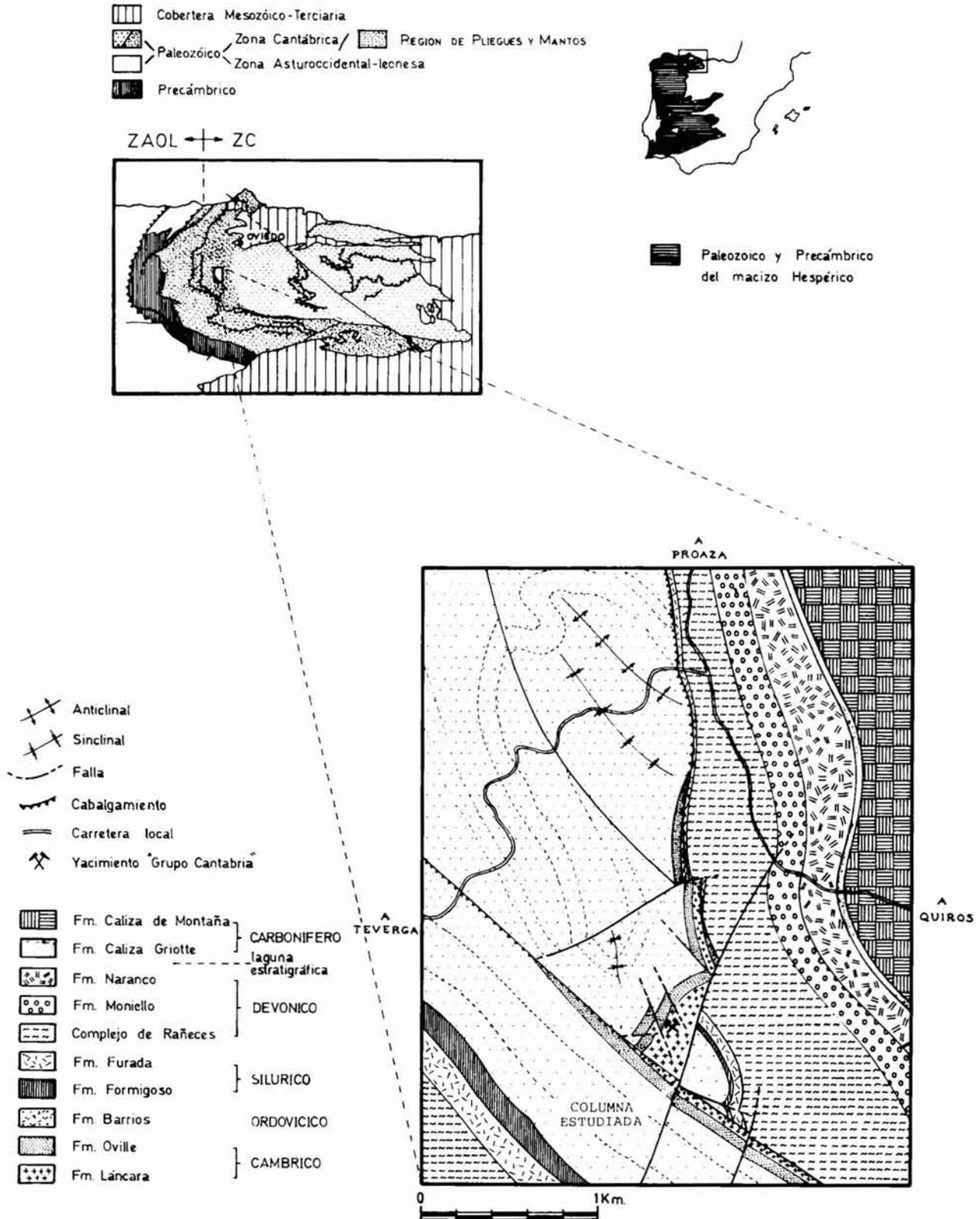


Fig. 1.—Situación geográfica y geológica de la serie carbonatada cámbrica estudiada.

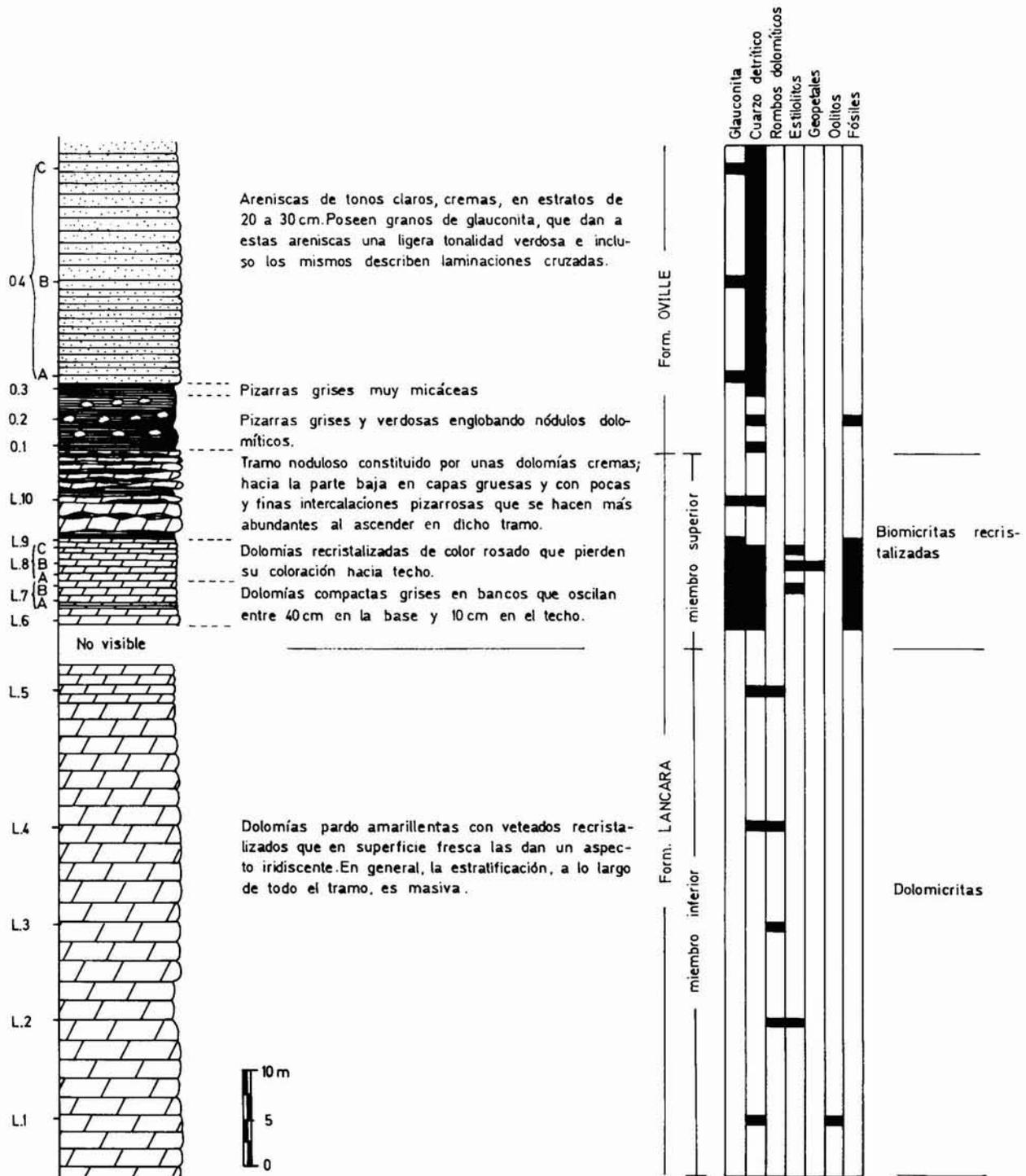


Fig. 2.—Columna estratigráfica de los materiales cámbricos observados dentro del Cabalgamiento de la Sobia.

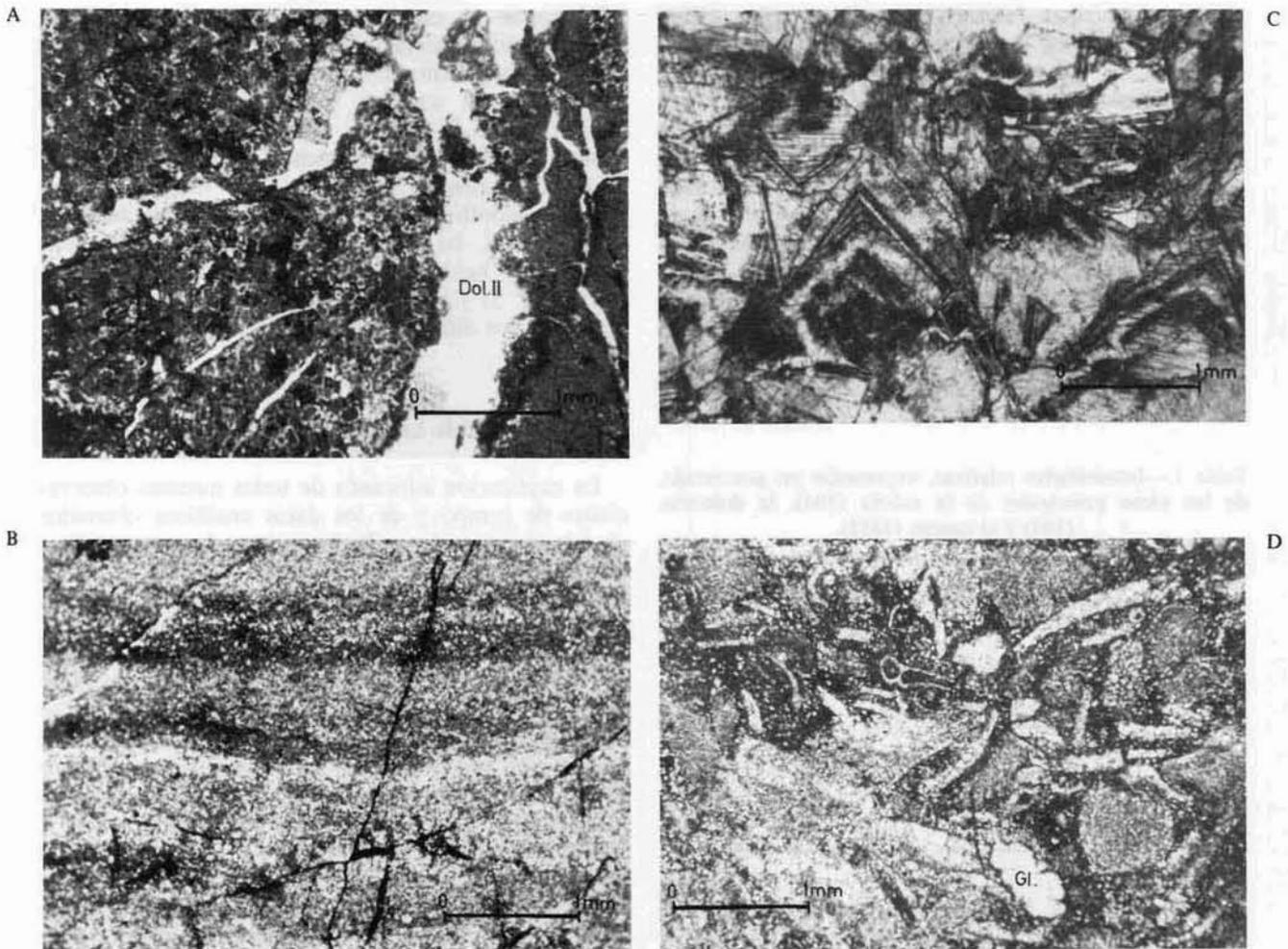


Fig. 3.—A) Oodolomicrita perteneciente a la parte baja del miembro inferior de la formación Láncara (Muestra L.1). Se aprecian ooides y grietas irregulares rellenas de una dolomita algo ferrosa de segunda generación (Dol. II). B) Dolomicrita laminada (L.2), cuya laminación se origina por la alternancia de granos carbonatados de distinto tamaño de grano. C) Rombos dolomíticos zonados (L.4) de crecimiento secundario y con una ligera tinción azulada. D) Biadoloesparita con glauconita (Gl) correspondiente al tramo dolomítico rosado del miembro superior de la Formación Láncara (L. 8A). Obsérvese el alto grado de recrystalización que afecta, también, al contenido fosilífero (equinodermos, trilobites, braquiópodos).

— Dolomicrita laminada (L.2): Esta preparación presenta una laminación causada por la alternancia de granos carbonatados de distintos tamaños (fig. 3B), así como también se manifiesta la existencia de microestilolitos paralelos a dicha laminación.

— Dolomicroesparita (L.4 y L.5): Comienza a aparecer en los tramos más altos del miembro inferior; ambas preparaciones contienen algo de esparita y restos de textura original micrítica de la roca. Son frecuentes los fantasmas de restos aloquímicos y la presencia de rombos dolomíticos zonados (fig. 3C).

En general, en este miembro inferior son abundantes las tinciones de óxidos de hierro, en todas las preparaciones, y no se ha detectado la presencia de fauna aunque sí la de granos de cuarzo detrítico en muy bajos porcentajes. Se ha observado también cuarzo de

tipo jaseroide, ligado a la doloesparita algo ferrosa, que discurre por las fisuras, y a la que reemplaza.

El miembro superior, petrográficamente hablando, presenta caracteres diferenciados con respecto al miembro inferior. Se comienza a observar fauna (placas de equínidos, L.6 y L.7 en figura 2), que alcanza su máxima abundancia en las preparaciones L.8A y L.8B, con la presencia de equinodermos, trilobites y braquiópodos muy recrystalizados (fig. 3D), y también glauconita en granos de tipo pellet (hasta un 10 por 100 en L.8B). Algunos de los bioclastos observados resisten preferencialmente la lixiviación como es el caso de los fragmentos de equínidos, que conservan su extinción como cristal único aún después de haber sido dolomitizados.

En las muestras L.7, L.8B y L.8C son reconocibles

algunas estructuras indicadas por Zamarreño (1972) como existentes en el miembro superior de la Formación Láncara, que son los microestilolitos y las estructuras geopetales.

En general, se puede decir que petrográficamente las rocas constituyentes del miembro superior son biodolomicritas muy recristalizadas con glauconita, teniendo en cuenta que se observan los restos de la textura micrítica preexistente, aunque en otras ocasiones no se conserva.

Los difractogramas obtenidos en el estudio por rayos X (fig. 4) revelan que todas las muestras analizadas se componen mayoritariamente por dolomita, existiendo unos contenidos variables en calcita y cuarzo (tabla 1).

Tabla 1.—Intensidades relativas, expresadas en porcentaje, de los picos principales de la calcita (104), la dolomita (104) y el cuarzo (1011).

Muestra	Calcita	Dolomita	Cuarzo
L.1	32	100	21
L.2	54	100	—
L.3	21	100	—
L.4	29	100	8
L.5	7	100	4
L.6	4	100	50
L.7B	—	100	21
L.8C	—	100	14
L.10	—	100	25

Con respecto a la calcita hay que hacer algunas consideraciones. En la figura 4 se puede observar su presencia en los términos basales de la serie, hasta la muestra L.4, para a partir de L.5 volver a decrecer su contenido o no manifestarse. Además la reflexión (006), en las muestras L.1, L.2 y L.3, es menos intensa que la reflexión (110), lo que es una evidencia de la presencia de una dolomita algo cálcica (Turner et al., 1978).

Los resultados de los análisis químicos por vía húmeda (valoración) de muestras similares a las utilizadas en el estudio de difracción de rayos X se pueden contemplar en la tabla 2. Se evidencia un mayor contenido de CaO en los tramos basales o miembro inferior de la Formación, hasta la muestra L.5, en concordancia con los resultados obtenidos en los difractogramas.

Tabla 2.—Análisis químicos de muestras carbonatadas pertenecientes a la Formación Láncara estudiada. Los resultados se dan en porcentaje en peso. R.I.=Residuo Insoluble.

	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.6	L.7A	L.8A	L.9	L.10
CaO	35,31	29,53	31,09	29,38	30,11	29,47	28,18	27,90	27,25	27,55
MgO	13,88	18,87	17,40	17,66	17,90	16,38	15,11	17,57	18,88	17,34
R.I.	8,73	1,61	1,19	2,24	1,23	7,56	9,18	8,36	9,10	11,50

Mediante el estudio por microsonda electrónica se pretendió observar donde se concentran, en las preparaciones analizadas, elementos como el Ca y el Mg dentro de muestras pertenecientes al miembro inferior de la Formación Láncara, ya que es en el mismo donde ambos elementos se hallan clara y mineralógicamente relacionados. Los resultados obtenidos nos confirman que las microfisuras, porosidades, y, en general, las zonas de debilidad de la roca son los lugares habituales de mayor concentración del calcio (fig. 5) y, por tanto, de la dolomía algo cálcica detectada por difracción de rayos X.

### Interpretación de los resultados obtenidos

La explicación adecuada de todas nuestras observaciones de campo y de los datos analíticos obtenidos en esta investigación se fundamenta en las características sedimentológicas de la Formación Láncara y en la mecánica de los cabalgamientos dentro de la Zona Cantábrica.

La Formación Láncara es una secuencia carbonatada de tipo «tidal flat» y de ambientes evaporíticos y salinos (Zamarreño, 1972). Aunque hoy en día no se encuentran conservadas capas de yeso o anhidrita en sus estratos, son numerosas las pruebas que confirman o permiten suponer su existencia en el miembro inferior de la Formación (Zamarreño y Julivert, 1967; Mohr, 1969; Zamarreño, op. cit.) y que posiblemente han jugado un papel muy importante en la génesis y la dinámica de los cabalgamientos dentro de la Zona Cantábrica. Además, a la Formación Láncara se la puede considerar como un reservorio potencialmente muy favorable de concentraciones primarias de metales (Díaz Rodríguez y Fernández, 1987), así como de fluidos acuosos connatos salinos, imprescindibles para efectuar el transporte mineral, cuyo protagonismo en los procesos de fracturación y deslizamiento de las láminas cabalgantes y en la transformación mineralógica de las rocas de la propia Formación ha sido muy notable.

El conjunto de cabalgamientos o mantos de despegue existentes en la Zona Cantábrica tienen a la Formación Láncara como base deslizante de dichos mantos y toda la serie paleozoica de la zona Cantábrica, a partir de la Formación Láncara hacia arriba, ha despegado y corrido con respecto a su sustrato. Bastida

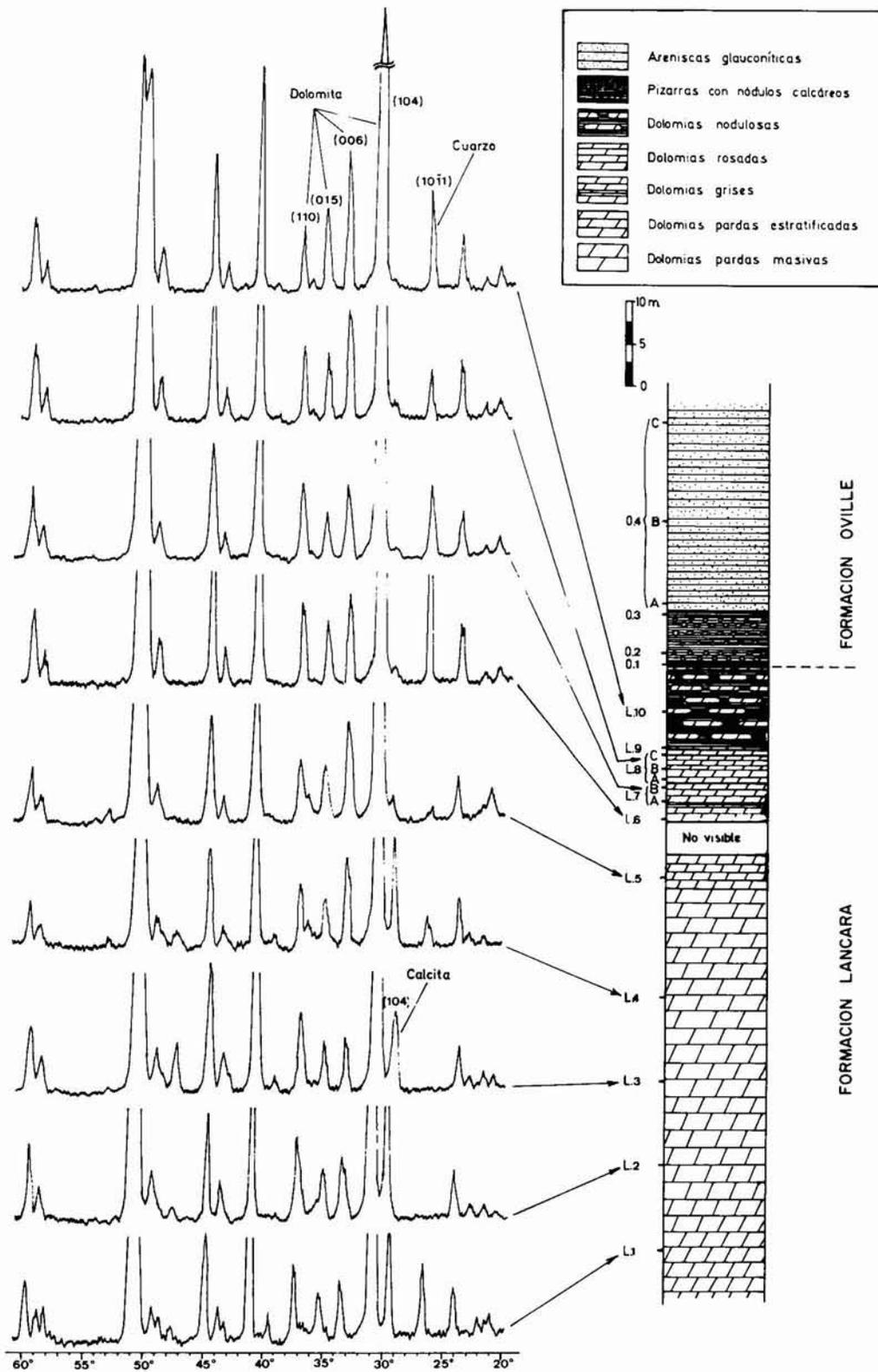


Fig. 4.—Representación gráfica de los difractogramas obtenidos en la Formación Lánchara estudiada.

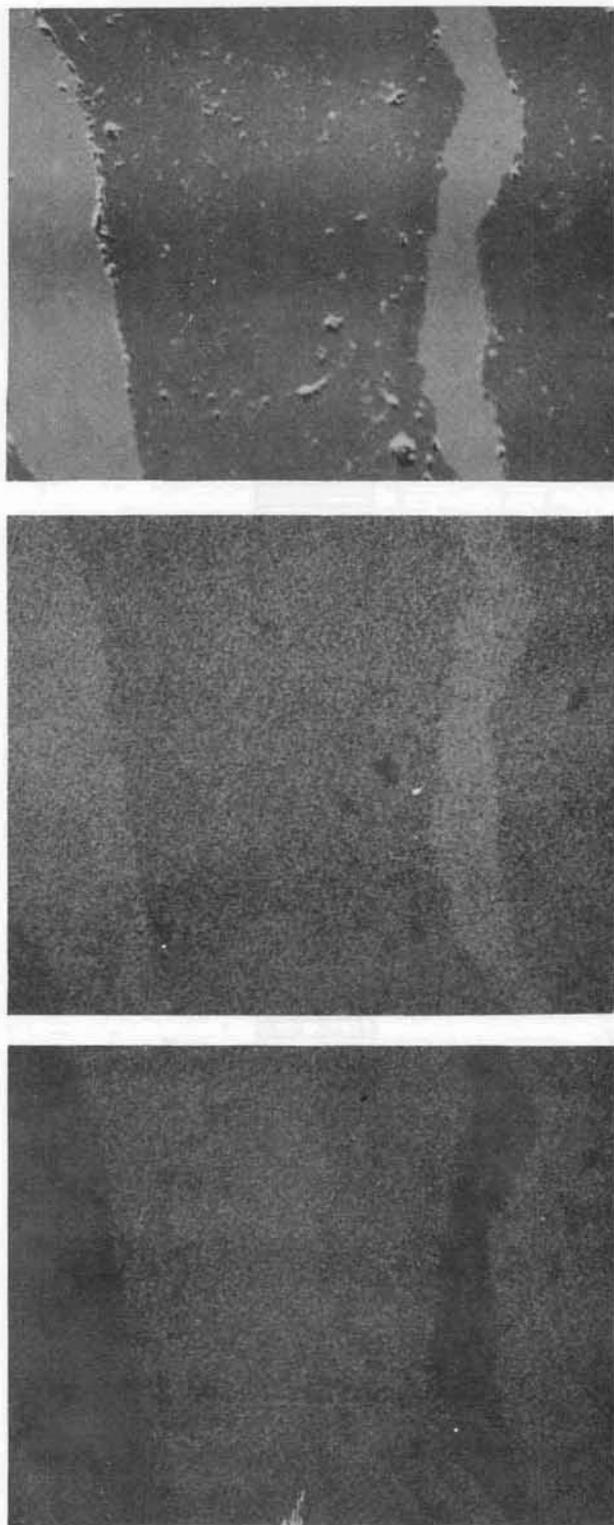


Fig. 5.—De arriba abajo, imagen de electrones retrodispersados (x200, 15 KV, 10 nA), e imágenes del contenido en Ca y Mg (x200, 15 KV, 50 nA) en la muestra L.2, perteneciente al miembro inferior de la Formación Láncara.

et al. (1979) suponen que el deslizamiento de las láminas cabalgantes, a lo largo de las fracturas formadas, se originó por la existencia de una determinada presión de fluidos connatos, dentro del bloque autóctono de la lámina cabalgante que se deslizaba. Estos fluidos sometidos a presión serían capaces de fracturar las rocas y constituir, a su vez, el medio de lubricación entre la parte superior e inferior del cabalgamiento.

La Formación Láncara, dentro de la Zona Cantábrica, presenta síntomas evidentes de haber estado sometida a una intensa circulación de fluidos. Así, son frecuentes las dolomitizaciones epigenéticas a lo largo de su corrida, como la que se verifica en el área estudiada, y también abundan las mineralizaciones cuya roca de caja la constituye dicha formación (Fernández y Solans, 1975; Fernández, 1982; Díaz Rodríguez, 1985).

En nuestra área de estudio el origen de los iones  $Mg^{2+}$  responsables de la dolomitización cabe buscarlo en los fluidos acuosos connatos atrapados por la Formación Láncara, teniendo en cuenta que por debajo de la misma se encuentra una potente formación detrítica (Fm. Herrería) capaz de almacenar gran cantidad de fluidos magnesianos. El mecanismo dinámico del proceso dolomitizante recae en la Orogénesis Herciniana, durante la cual se produjo una gran activación y circulación de aquellos fluidos, que de muro a techo de la Formación Láncara trajo consigo una removilización de las dolomías penecontemporáneas del miembro inferior y una dolomitización de todo el miembro superior, originariamente calcáreo. Además en el área investigada esta circulación de fluidos se ha visto amortiguada por los niveles impermeables de la siguiente formación cámbrica (pizarras y areniscas de Oville), que se superponen a la Formación Láncara. Este fenómeno de amortiguación se ha comprobado al estudiar secciones delgadas, por microscopía de transmisión, de la Fm Oville, a unos 15 m. de su muro, en las que se pueden apreciar relictos de calcita, que cementan los granos de cuarzo de las areniscas, cómo están siendo reemplazados por una dolomita algo ferrosa.

Los procesos de calcitización observados en el miembro inferior de la Formación Láncara son mínimos, en comparación con el volumen de rocas dolomíticas del entorno, y van mineralógicamente asociados a las dolomías algo ferrosas que discurren por las zonas de poros y fisuras de la roca. Como señalan Al-Hashimi y Hemingway (1973), las dolomías ferrosas son susceptibles de ser dedolomitizadas debido a su carácter metaestable en condiciones superficiales. Por otro lado, se observan en dicho miembro inferior fenómenos de exudación del hierro, por la presencia de un frecuente picoteado y moteado de color rojo en el seno de la roca, que indicaría una liberación de dicho elemento en el proceso de dedolomitización acaecido (Evamy, 1963).

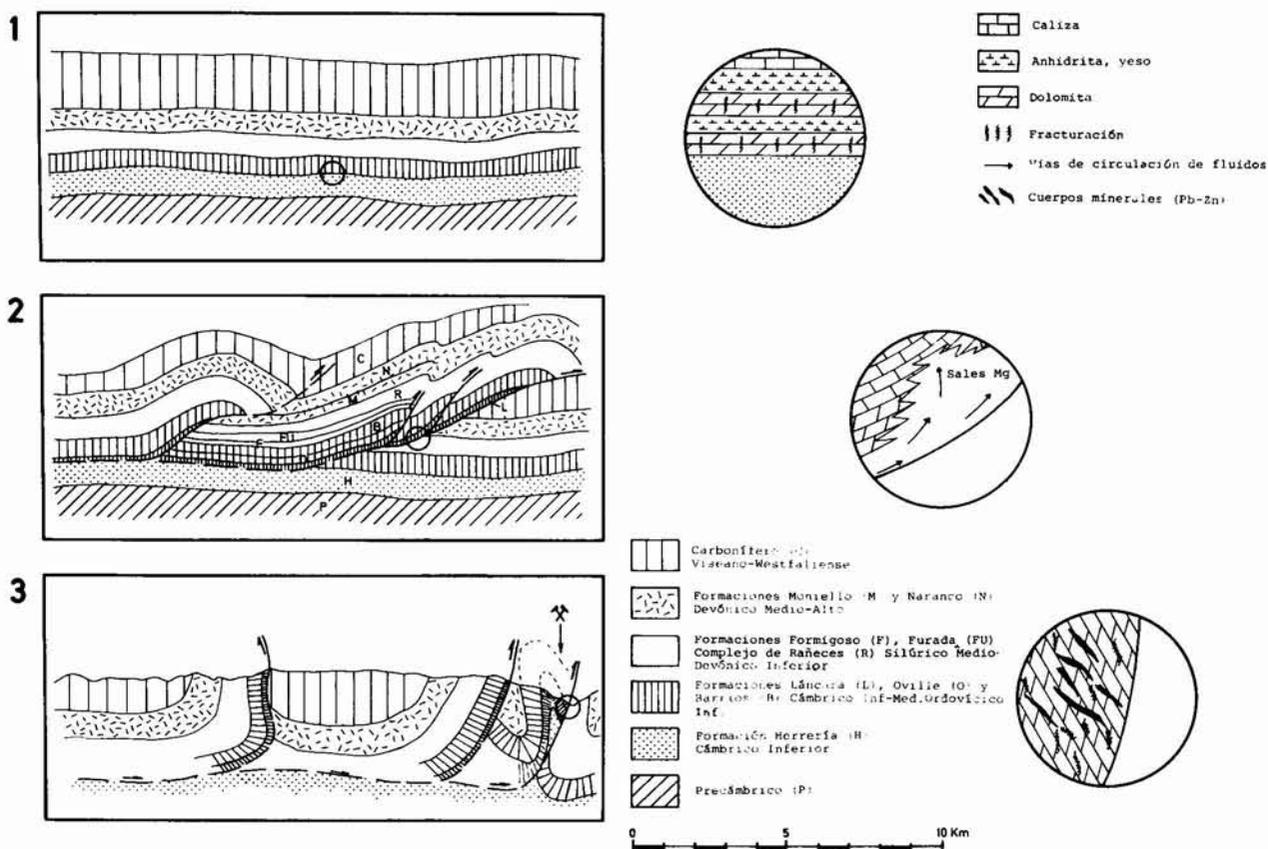


Fig. 6.—Esquema idealizado de los fenómenos acaecidos a la Formación Láncara estudiada (ver interpretación en el texto).

En la figura 6 se ha idealizado en tres gráficos la evolución de las estructuras de cabalgamiento desarrolladas, durante la Orogénesis Herciniana, en la Zona Cantábrica, teniendo en cuenta su papel como mecanismo dinámico en los procesos hasta aquí expuestos.

En (1) (ver fig. 6) la columna de sedimentos depositados hasta el Carbonífero (intra-Wesfaliense) provocó la aparición de unas condiciones especiales de presión y temperatura que tuvieron su reflejo, sobre todo, en la base de la Formación Láncara, desarrollándose una serie de fallas lítricas que la Orogénesis Herciniana se encargó de transformar en los mantos de despegue existentes en la Zona Cantábrica.

En (2) se ponen en circulación los fluidos connatos de la Formación Láncara a favor de las fracturas originadas. Aquellos han actuado como agentes lixivadores y removilizadores de los distintos cationes presentes en el seno de la Formación, además de rebajar el esfuerzo friccional del deslizamiento. Tanto la temperatura como la presión de los fluidos han constituido uno de los factores clave en el proceso dolomitizante, ya que la elevación de la temperatura favorece el proceso y deshidrata el  $Mg^{2+}$  facilitando su entrada en la red cristalina, mientras que el aumento

de la presión favorece la formación de la dolomita, pues la presión de cristalización de este mineral es más alta que la de la calcita.

Por último (3), en los estadios posteriores de decaimiento del climax deformacional pudo completarse la dolomitización total de la formación y se verificó la deposición mineral, que se observa en el yacimiento Pb-Zn Grupo Cantabria, en las cercanías de la secuencia carbonatada cámbrica estudiada. La mineralización acompaña a la dolomitización y acontece inmediatamente después de esta última (Díaz Rodríguez y Fernández, 1987).

El proceso de dedolomitización es el más tardío en la paragénesis y posiblemente se ha producido por una meteorización superficial provocada por la circulación de aguas freáticas.

### Conclusiones

De los estudios de campo y analíticos llevados a cabo en la serie carbonatada de la Formación Láncara investigada, se desprenden las siguientes conclusiones:

1) Se aprecian diversos reemplazamientos a lo

largo de la serie con diversas transformaciones mineralógicas.

2) Las dolomías penecontemporáneas del miembro inferior de la Formación Láncara han sufrido una intensa removilización y recristalización de sus texturas originales.

3) Las calizas originarias del miembro superior de la Formación están totalmente dolomitizadas.

4) Como proceso final de los procesos tectónico-diagenético acedidos en el entorno del área investigada, el miembro inferior de la Formación Láncara se ha dedolomitizado.

5) Los fenómenos de dedolomitización se asocian a las zonas de debilidad de la roca (poros y fisuras) y posiblemente se deben a la circulación de aguas freáticas superficiales.

6) El origen de los fluidos ricos en iones  $Mg^{2+}$  reside en las aguas connatas atrapadas por la Formación Láncara, dadas sus características sedimentológicas.

7) El mecanismo dinámico favorecedor de los procesos geológicos observados en el entorno del área de estudio recae en la Orogenesis Herciniana.

## Referencias

- Al-Hashimi, W. E. y Hemingway, J. E. (1973). Recent dedolomitization and the origin of the rusty crusts of Northumberland. *J. Sed. Petrol.*, 43, 82-91.
- Bastida, F.; Marcos, A.; Pérez-Estaun, A. y Pulgar, J. A. (1979). Aproximación a la mecánica de los cabalgamientos en el contexto general de la deformación en el NW de la Península Ibérica. *Acta Geol. Hisp.*, 14, 135-142.
- Comte, P. (1937). La serie cambrienne et silurienne du Léon (Espagne). *C. R. Acad. Sci. France*, 204, 604-606.
- Díaz Rodríguez, L. A. (1985). *Estudio geológico, mineralógico y geoquímico del yacimiento (Pb-Zn) grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, 200 p.
- Díaz Rodríguez, L. A. y Fernández, C. J. (1987). Geología del área minera del yacimiento (Pb-Zn) grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias. *Bol. Geol. Min.*, 98, 814-830.
- Dickson, J. (1965): A modified staining technique for carbonates in thin section. *Nature*, 205, 587.
- Evamy, B. D. (1963). The application of a chemical staining technique to a study of dedolomitization. *Sedimentology*, 2, 164-170.
- Fernández, C. J. (1982). *Mineralogía y metalogía de los indicios y yacimientos de barita en el Zócalo Precámbrico-Paleozoico de Asturias*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Oviedo, 2 tomos, 647 p.
- Fernández, C. J. y Solans, J. (1975). Estudio de las mineralizaciones de baritina de la Babia Baja (León). *Brev. Geol. Astúrica*, 4, 54-59.
- Julivert, M. (1971). Décollement tectonics in the Hercynian Cordillera of Northwest Spain. *Amer. J. Science*, 270, 1-29.
- Mohr, C. G. (1969). The stratigraphy of the Cambrian Láncara Formation between the Luna River and the Esla River in the Cantabrian Mountains, Spain. *Leidse. Geol. Meded.*, 43, 233-316.
- Pello, J. (1972). *Estudio geológico de la región central de Asturias*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Oviedo, 98 p.
- Turner, P.; Vaughan, D. J. y Whitehouse, K. I. (1978). Dolomitization and mineralization of the Marl Slate (NE. England). *Mineral. Deposita*, 13, 245-258.
- Zamarreño, I. (1972). Las litofacies carbonatadas del Cámbrico de la Zona Cantábrica (NW de España) y su distribución paleogeográfica. *Trabajos de Geología*, 5, 1-118.
- Zamarreño, I. y Julivert, J. (1967). Estratigrafía del Cámbrico del oriente de Asturias y estudio petrográfico de las facies carbonatadas. *Trabajos de Geología*, 1, 135-163.

Recibido el 29 de julio de 1987  
Aceptado el 13 de febrero de 1989