

¿Por qué las Venas de las Ritmitas Dolomíticas son Desplazantes, Equidistantes y Delgadas?

/ ENRIQUE MERINO (1), ÀNGELS CANALS (2,*)

(1) Department of Geological Sciences, Indiana University. IN 47405, Bloomington (U.S.A)

(2) Dpt. Cristallografía, Mineralogía i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Martí i Franquès, s/n. 08028, Barcelona (España)

INTRODUCCION.

Las dolomías de enterramiento son volúmenes enormes de caliza reemplazada por dolomita que, de manera esporádica, contienen zonas de orden métrico a decamétrico con estructuras llamadas ritmitas o zebras (Fig. 1). Las ritmitas constan de venas paralelas de orden centimétrico y equidistantes. Cada vena está constituida por cristales curvos de dolomita blanca, tipo *saddle* o barroca. En algunos depósitos de tipo Mississippi Valley (MVT) asociados a dolomías de enterramiento, las ritmitas están reemplazadas por uno o más minerales típicos de estos depósitos, por ejemplo fluorita en Sierra de Gádor, barita y fluorita en el sur de Illinois, y esfalerita en el depósito de San Vicente, Perú.



fig 1. Ritmita de dolomita en carbonatos Carboníferos de la Zona Cantábrica (Mina Respina, Leon)

Basándose en datos de petrografía y reología, Merino et al., (2006) mostraron que las venas de las ritmitas son venas *desplazantes*. Venas que desplazan la dolomita reemplazante en las que están encajadas por medio del *esfuerzo inducido* o *esfuerzo* de cristalización (el *esfuerzo* generado por el crecimiento de cristales en un medio sólido). Al microscopio se puede observar que entre las dos dolomitas no existe un límite neto, sino gradual (Fig. 2), y al menos en algunos casos se ve clara continuidad óptica entre los cristales de

dolomita reemplazante (dolomita I) y desplazante (dolomita II), y que los cristales de dolomita-II de cada vena blanca son curvos y presentan extinción ondulante (Fig. 2). Además el *esfuerzo* inducido desencadena un *trriage* por el cual venas incipientes que están demasiado cerca de sus vecinas, son eliminadas por presión-disolución, dejando las restantes más equidistantes que antes y explicando la llamativa regularidad de las zebras dolomíticas allí donde aparecen. El mecanismo de *trriage* ha sido descrito en detalle en Merino et al., (2006).

Pero al resolver el problema de la naturaleza de las venas de una ritmita – venas desplazantes de dolomita-II encajadas en dolomita-I reemplazante – surgió un nuevo problema, el de entender por qué los dos tipos de dolomita están asociados en dolomías de enterramiento, y por qué el contacto entre ellos es, visto al microscopio, siempre gradual (Merino et al., 2006). Este es el problema estudiado en este resumen.

REEMPLAZAMIENTO AUTO-ACELERANTE.

La génesis de las ritmitas queda resuelta en el marco de un nuevo modelo conceptual dinámico del proceso de dolomitización propuesto por Merino y Canals (ms., 2010). En el modelo, las dolomitas de reemplazamiento y de desplazamiento (y las mineralizaciones MVT, si las hay) resultan ser fases de un proceso continuo.

Tres factores fundamentales del nuevo modelo directamente relevantes aquí son: (a) el reemplazamiento tiene lugar no por 'disolución-precipitación, sino porque el mineral reemplazante, por medio del *esfuerzo* inducido que genera al crecer, disuelve por presión-disolución el mineral anfitrión (Nahon & Merino,

1997); (b) el reemplazamiento de calcita por dolomita es auto-acelerante, y tiene lugar por medio del Ca^{2+} ; y (c) las rocas carbonatadas cristalinas son materiales no newtonianos del tipo *strain-rate-softening* (Heard & Raleigh 1972), es decir, su viscosidad decrece a medida que crece la velocidad de deformación.

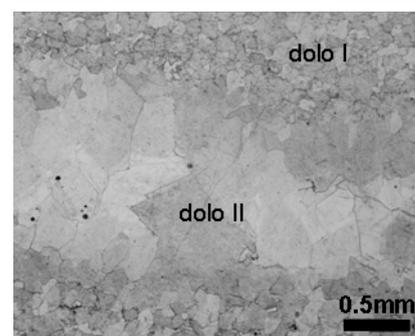
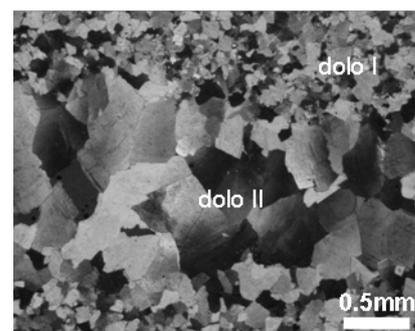
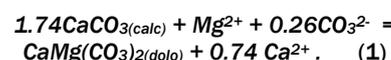


fig 2. Microfotografías con y sin analizador de una estructura tipo ritmita. Obsérvense la ausencia de límite neto entre las dolomitas I y II en la foto inferior, y la curvatura de los cristales de dolomita-II reflejada por la extinción ondulante en la foto superior. Carbonatos cretácicos de la Cuenca Vasco Cantábrica.

La auto-aceleración proviene del hecho que por cada incremento de reemplazamiento de calcita por dolomita, se libera Ca^{2+} a la disolución intersticial,



El Ca^{2+} hace aumentar el índice de

palabras clave: Ritmita, Dolomitización, Autoorganización, Mineralización MVT.

key words: Rhythmite, Dolomitization, Self-organization, MVT Ores.

saturación del fluido con respecto a la dolomita, lo cual acelera la velocidad del siguiente incremento de reemplazamiento, y así sucesivamente. Es decir, la velocidad de reemplazamiento y la concentración de Ca^{2+} en el fluido intersticial se incrementan mutuamente. Por tanto, ambas aumentan exponencialmente en el tiempo.

INTERACCIÓN CINÉTICO-REOLÓGICA.

En la física del reemplazamiento propuesta por Nahon y Merino (1997) el reemplazamiento tiene lugar porque el mineral nuevo, al crecer, presiona y deforma elástico al antiguo, disolviéndolo por presión-disolución. El esfuerzo inducido se autoregula de tal modo que las velocidades de crecimiento del mineral nuevo y de disolución del antiguo siempre se hacen iguales – y por esto precisamente todo reemplazamiento preserva el volumen. En el caso presente se combina otro factor: el reemplazamiento de calcita por dolomita es, como hemos visto, autoacelerante. Esto implica que la velocidad de deformación (elástica) que la dolomita imprime sobre la calcita al reemplazarla es sistemáticamente creciente. Y, a su vez, como la dolomita cristalina es *strain-rate-softening*, la creciente velocidad de deformación se traduce en una disminución continua y cada vez más rápida de la viscosidad. Al final la viscosidad del entorno disminuye tanto que (si el Mg^{2+} no se agota antes) el crecimiento de dolomita necesariamente pasa, sin solución de continuidad, de ser reemplazante a ser desplazante. Ésta inesperada interacción cinético-reológica es sin duda la causa que las venas de dolomita II sean desplazantes, que el contacto entre las dolomitas I y II sea siempre gradual, y que algunos cristales de dolomita I exhiban continuidad óptica con otros de dolomita II.

CRISTALES DE DOLOMITA SADDLE.

Se conocía que los cristales de dolomita tipo *saddle*, típicos de las ritmitas (Fig. 2), tienen un exceso de calcio en su estructura. Barber et al. (1985) mediante TEM encontraron en este tipo de dolomitas ‘cuñas’ de calcita de hasta 100 nm de grosor, entre los planos atómicos de la dolomita. Las cuñas calcíticas deforman la estructura de la dolomita, curvándola y dando a los cristales la forma *saddle*. Pero no se sabía por qué sistemáticamente se

forman tales cuñas en los cristales de dolomita de las ritmitas. El modelo dinámico propuesto también resuelve este problema.

Como se vio más arriba, la auto-aceleración del reemplazamiento de calcita por dolomita está acompañada por un crecimiento continuo de la concentración de Ca^{2+} en la disolución intersticial. Cuando el crecimiento reemplazante, por haberse hecho tan rápido, pasa a desplazante, la concentración de Ca^{2+} en el fluido debe ser altísima, y debe por tanto – por la ley de acción de masas – forzar la entrada de Ca^{2+} adicional (en forma de cuñas calcíticas) en los cristales de dolomita II desplazante.

En definitiva, el mismo Ca^{2+} acuoso que es simultáneamente causa y efecto de la auto-aceleración, resulta también ser la causa que los cristales de dolomita II sean del tipo *saddle*.

VENAS RITMÍICAS DELGADAS.

Pero al pasar el crecimiento de la dolomita de reemplazante a desplazante, el reemplazamiento deja de ser auto-acelerante (pues ya no se libera Ca^{2+}). Como consecuencia, el tiempo que dura el crecimiento desplazante tiene que ser muy corto, porque, nada más empezar, se debe agotar el Mg^{2+} acuoso disponible, que está siendo incorporado en los cristales de dolomita II *saddle* a gran velocidad. Puede predecirse por tanto que las venas en zebra deben ser siempre delgadas.

Cuando se agota el Mg^{2+} acuoso la disolución intersticial permanece tan concentrada en Ca^{2+} que debe propiciar la precipitación inmediata de minerales de Ca^{2+} , especialmente calcita (la conocida en los depósitos MVT como *late-stage calcite*), o bien fluorita y/o anhidrita. Si la composición de la salmuera es apropiada, también ahora se forman esfalerita y galena. Cualquiera de estos minerales puede a su vez reemplazar la dolomita II (y I) que se acababan de formar, aunque solo el reemplazamiento de dolomita por calcita recibe un nombre especial (desdolomitización). Esto explica por qué algunas ritmitas están reemplazadas por los nuevos minerales.

CONCLUSIONES.

La dinámica resumida en los párrafos

precedentes explica la génesis de las ritmitas y sus propiedades texturales y geoquímicas, pero es solo una parte de nuevo modelo dinámico de dolomitización y mineralización MVT asociada. El modelo completo, descrito en Merino y Canals (ms., 2010), predice muchas propiedades petrológicas, estructurales, morfológicas, paragenéticas, y geoquímicas de las dolomías de enterramiento, proporcionando en detalle las interacciones físico-químicas que deberán ser incorporadas en futuros modelos cuantitativos de dolomitización.

Una consecuencia importante I que el modelo dinámico expuesto más arriba explique tan bien la génesis de las ritmitas dolomíticas y de todas sus propiedades texturales es que valida la física del reemplazamiento incorporada en él. La teoría que el reemplazamiento mineral de B por A se produce porque es el crecimiento de A lo que disuelve B por presión-disolución, una presión-disolución impulsada por el esfuerzo inducido generado por el propio crecimiento. Es precisamente dicho esfuerzo el que, al combinarse con la auto-aceleración del reemplazamiento de calcita por dolomita y con el hecho que la dolomita cristalina es *strain-rate softening*, provoca la disminución de viscosidad que permite la formación de venas desplazantes. Nada de esto sería posible si el reemplazamiento de calcita por dolomita tuviera lugar por disolución-precipitación.

REFERENCIAS.

- Barber, D.J., Reeder, R.J., Smith, D.J. (1985): *A tem microstructural study of dolomite with curved faces (saddle dolomite): Contributions to Mineralogy and Petrology*, **91**, 82-92.
- Heard, H.C. & Raleigh, C.B. (1972): *Steady-state flow in marble at 500 to 800 °C: Geological Society of America Bulletin*, **83**, 935-956.
- Merino, E. & Canals, A. *Self-accelerating dolomite-for-calcite replacement: Dynamics of burial dolomitization and associated mineralization*. *Am. Jour. Sci.*, **submitted Feb 2010**.
- Merino, E., Canals, A., Fletcher, R.C. (2006): *Genesis of self-organized zebra textures in burial dolomites: Displacive veins, induced stress, and dolomitization: Geologica Acta*, **4**, 383-393.
- Nahon, D. & Merino, E. (1997): *Pseudomorphic replacement in tropical weathering: Evidence, geochemical consequences, and kinetic-rheological origin. Amer. J. Science*, **297**, 393-417.