

# Modelo de desarrollo y formación de concreciones carbonáticas en los sedimentos lutíticos anóxicos (Coniaciense-Campaniense), de la Formación La Luna en Venezuela Occidental

Model of development and formation of carbonate concretions in the Coniacian-Campanian anoxic shale sediments of the La Luna Formation in Western Venezuela

E. Zapata, G. Soto y V. Kertzus

Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica  
eglee.zapata@excite.com; gilsoto\_gonzalez@yahoo.com; v.kertzus@abdn.ac.uk

## ABSTRACT

The carbonate concretions that characterize the anoxic-dysoxic calcareous shales deposits of Late Cretaceous La Luna Formation in Western Venezuela, represent a non-conventional model of growth and development of carbonate concretions. Its evolutionary pattern is closer to that of the geodes. A hard outer layer cone in cone cement protects the nucleus consisting of friable and humid carbonate mud associated with fenestral structures composed of Mg-calcite and framboidal pyrite. The migration of fluids determines the characteristics of the textural facies as well as their typical internally laminated structure. The size and shape of the concretions vary within the stratigraphic sequence, following a pattern that seemed to be linked to the oxygen variation in the basin. The evaluation and the modelling proposed respond to a systematic and detailed petrographic evaluation (SEM-BSEM) and isotopic analyses (oxygen and carbon isotopes).

Key words: concretions, isotopes, carbonate facies.

Geogaceta, 39 (2006), 11-13  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Identificar el crecimiento evolutivo de las concreciones carbonáticas, significa conocer en qué momento del proceso sedimentario se generaron y reconocer los elementos composicionales y texturales que marcaron su desarrollo. Para ello será necesario un muestreo sistemático de concreciones dentro de la secuencia estratigráfica, y del interior de cada una de ellas. Por ser las concreciones carbonáticas las más comunes de las concreciones, han recibido amplia atención dentro de la literatura y son muchos los modelos de crecimiento y de zonación interna que se han propuesto. Uno de los modelos más difundido y aceptado, es el de desarrollo concéntrico de capas desde el centro hacia la periferia.

En las concreciones estudiadas de la Formación La Luna, la propuesta presentada no corresponde a la relación de crecimiento concéntrico, por el contrario muestra un patrón de laminación paralela, con desarrollo

temporal rápido desde el borde hacia el centro. No hay evidencias de cambios químicos contrastantes con la roca de caja, y los elementos composicionales nos permiten corroborar su desarrollo temprano dentro del proceso diagenético que favoreció su litificación.

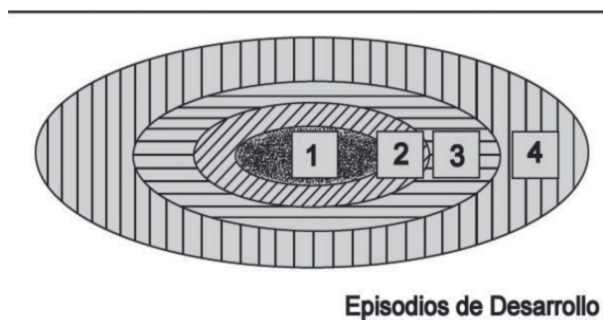
## Estructura interna de las concreciones.

Las concreciones asociadas a los depósitos de lutitas negras de la Formación La Luna, se caracterizan por su forma y tamaño y relaciones de asociación litológica. Pudiendo ser descritas en forma precisa, por su cementación típica y sus cambios texturales vinculados ambos a procesos de compactación temprana. Se estudia su génesis como la de una estructura sedimentaria característica, se analiza según los cambios de facies desarrollados en su interior y se concreta sus variaciones a partir de isótopos estables de oxígeno y carbono.

La evaluación de las concreciones en la zona de estudio se hizo mediante análisis petrográfico y residual (polvo de roca) y para ello se tomaron muestras de mano a través de los ejes principales de cada concreción.

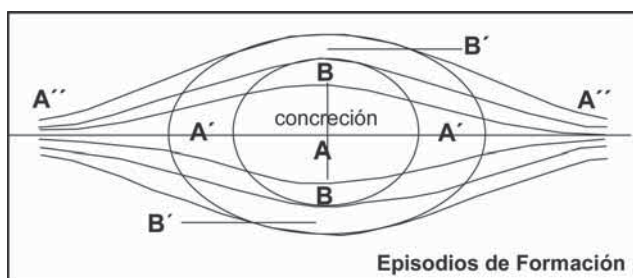
De las muestras de mano se elaboraron secciones petrográficas y sus correspondientes «tacos» de roca, de donde se extrajeron los residuos de polvo de roca, con la ayuda de un taladro dental, para el análisis individual de cada uno de los componentes (cemento, matriz, componentes fósiles, fosfatos, piritas y sílice). Residuos pulverizados de roca total también fueron procesados para el estudio de isótopos.

El análisis de residuos aportó dos elementos importantes para la evaluación: uno relativo a las características físico-texturales de los constituyentes y otro, relacionado con la composición isotópica ( $O^{18}$  y  $C^{13}$ ). Físicamente el residuo resultó ser, característicamente más duro y seco hacia la periferia de la concreción, que en las partes centrales, donde la hu-



**Fig. 1.- Modelo de desarrollo concéntrico de Formación de Concreciones (Tomado de Mozley 1989). Las etapas de desarrollo se ilustran de más antiguo a más joven en la secuencia de numeración creciente.**

*Fig. 1.- Concentric development of concretions Model (Mozley, 1989). The stages of development are illustrated from oldest to youngest by increasing numeration.*



**Fig. 2.- Esquema representativo del modelo propuesto para la formación de las concreciones de la Formación La Luna en el área de estudio (explicaciones en el texto).**

*Fig. 2.- Representative scheme of the proposed model for the formation of the concretions of the La Luna Formation in the studied area (more explanations in the text).*

medad en el residuo rocoso determinó su tratamiento de secado por micro-ondas, evidenciando que el proceso de consolidación de la estructura tuvo lugar desde la periferia hacia el centro. La distribución de valores de concentración de isótopos de oxígeno y carbono a través de la concreción tiene un patrón característicamente homogéneo, y es de similar valoración a los medidos en la roca de caja. Por lo que queda claramente definida la ausencia de contrastes o cambios químicos significativos apreciables, en los procesos para desarrollo evolutivo de la estructura, desde la cuantificación isotópica. Concluyendo que la estructura se desarrolló rápidamente muy temprano.

El modelo convencional de zonación y precipitación de concreciones es concéntrico (Mozley, 1989) (Mozley y Burns, 1993; Remand 1986; Zayata, 2003), en donde el material carbonático es progresivamente agregado en el margen externo de la

concreción, por lo que las zonas más tempranas se localizan hacia el núcleo o centro, y las zonas más tardías hacia los bordes (Fig. 1).

En el caso de las concreciones de la Formación La Luna evaluadas en este trabajo, mediante análisis petrográfico detallado, junto con SEM, BSEM y datos geoquímicos de isótopos de oxígeno y de carbono; los resultados obtenidos permiten proponer un modelo de crecimiento y desarrollo de las concreciones, diferente al concéntrico, en el que la litificación procede desde la periferia hacia el centro (Fig. 2).

*Descripción de zonas o facies texturales:*

Facies Central (A): *Mudstone* masivo-laminado. El núcleo de la concreción consiste en un *mudstone* de foraminíferos, que puede variar desde masivo a suavemente laminado. En él, las estructuras fenestrales de forma ojival son frecuentes. Estas estructuras se presentan rellenas de ce-

mento tipo drusa y de pirita euhedral o de materia orgánica. También es posible observar en la parte central, fracturas rellenas de calcita y con pirita. La pirita framboidal se ubica dispersa en el lodo carbonático de la periferia del núcleo.

Facies (A'): *Mudstone-Wackestone* bandeado. Estas facies se ubica a los lados del núcleo central de la concreción y muestra un ligero cambio de facies donde aparece un bandeamiento suave representado en zonas más claras, más delgadas y zonas más oscuras, más gruesas, las cuales pueden o no, estar suavemente laminadas. Las láminas son menores de 0,6 mm de espesor.

Facies (A''): *Packstone-Wackestone* laminada y bandeada. Este cambio de facies está asociado a los extremos laterales de la concreción. La diferenciación en bandas es más notable ya que las bandas son más delgadas. En las bandas claras se concentran fósiles y cemento carbonático y/o silíceo. En las bandas oscuras se concentran arcillas y materia orgánica finamente laminadas (mayores de 0,6 mm). Esta facies suele pasar lateralmente hacia la roca de caja como delgadas capas silíceas probablemente producto de concentración de abundante material arcilloso rico en materia orgánica.

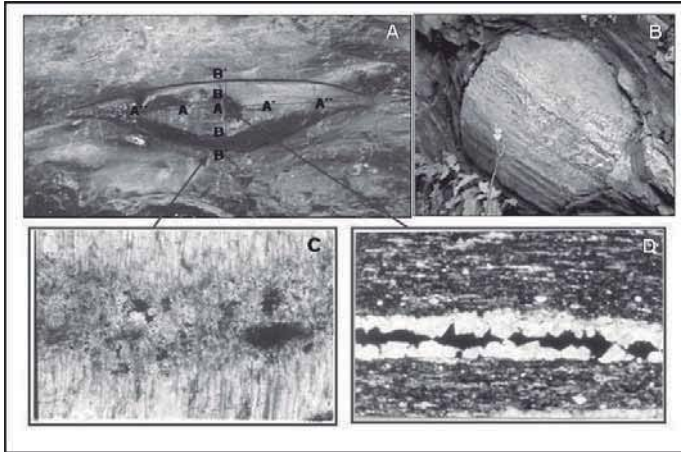
Facies (B): *Wackestone-Mudstone*. Localizada en el eje corto y perpendicular al núcleo, está inmediatamente por encima del mismo. Es de lodo carbonático y arcilla con fracturas muy finas rellenas de arcillas y materia orgánica. La pirita framboidal es frecuente.

Facies (B'): Laminada y con cemento «cono en cono». Es la facies que se ubica hacia la periferia por encima de las facies anteriormente descritas.

Esta facies está finamente laminada y se presenta fuertemente cementada con cemento desplazativo tipo «cono en cono». Se presenta fracturada. Las fracturas son muy finas y están rellenas por arcillas y materia orgánica.

De lo anteriormente expuesto se puede establecer algunas relaciones concluyentes:

1. Para el momento de la formación de las concreciones la porosidad de los sedimentos debió ser considerablemente alta, pudiendo acumular grandes volúmenes de fluidos



**Fig. 3.-** La figura 3C representa una concreción de tendencia esférica con estructura de laminación paralela no concéntrica característica de las concreciones de la Fm. La Luna. La figura 3A ilustra el desarrollo de un cemento fibroso tipo «cono en cono» que se ubica en la periferia de la concreción. En la figura 3B se muestra una estructura fenestral generada en un sustrato micrítico y rellena por cementos fibrosos radiales y por materia orgánica.

*Fig. 3.- Figure 3C presents a spherical concretion with parallel laminated internal structure (not concentric) characteristic of the concretions of La Luna Formation. Figure 3A displays the development of «cone in cone» fibrous cement located in the periphery of the concretion. Figure 3B shows a fenestral structure generated in a micritic substrate and filled by radial fibrous cements and organic matter.*

carbonáticos, capaces de precipitar como cementos para formar concreciones.

2. La baja incidencia de cementos «cono en cono» y la presencia de abundante carbonato cálcico (cemento micrítico) en la parte central del núcleo de las concreciones, indica que la cementación se inició antes de que ocurriera una compactación significativa.

3. La cementación temprana en las concreciones de la Formación La Luna debió ocurrir en toda la concreción, pero la cantidad de cemento no debió exceder la capacidad total del sedimento. Inicialmente la cementación debió, estabilizar únicamente las partículas del sedimento huésped.

Efectos de compactación física muy temprana permitieron la movilización de material detrítico desde el centro hacia los bordes (Calvert *et al.*, 1996; James y Choquette, 1992) y la precipitación de una costra de cemento fibroso típico de limos calcáreos, favoreciendo la concentración y precipitación de cementos carbonáticos en la parte central del núcleo (Ricken, 1988; Lev *et al.*, 1998; Jones y Jenkyns, 2001; Jenkyns y Clayton, 1997).

4. El incremento sistemático en la cantidad de material detrítico (arcillas) del centro al margen externo sugiere que el grado de compactación experimentado, previo a la cementación, fue menor en el centro que en la periferia.

5. La cobertura externa de las concreciones de la Formación La Luna, debió formarse como una envoltura dúctil que preservó el espeso líquido interno hasta estructurarse como una envoltura dura capaz de preservar el área central de la burbuja densa, hasta su precipitación y desecación total.

La energía interna con sus efectos de tensión superficial y una fuerza centrífuga asociada por efectos de confinamiento pudieron favorecer la distribución del material sedimentario en una estructura de carácter mas bien laminado que desarrolla una banda central masiva (Fig. 3).

6. Las concreciones de la Formación La Luna no presentan laminación concéntrica.

7. La ausencia de zonación geoquímica está reflejando que la química del agua poral del sistema fue similar a la del entorno, y que las

concreciones se formaron rápidamente y muy temprano.

#### **Asociación litológica y caracterización sedimentológica.**

Las concreciones de la Formación La Luna se caracterizan por su gran variabilidad. Varían en tamaño desde los 10 cm. hasta los 80 cm, y por su forma pueden ser descritas como elipsoidales o discoidales y eventualmente redondas o esféricas. Las de mayor tamaño suelen ser elípticas y se presentan en abundante cantidad en la parte basal de la secuencia estratigráfica, donde están asociadas a lutitas negras, finamente laminadas, de composición arcilloso-carbonáticas, ricas en mineralizaciones fosfáticas y silíceas.

Esta parte basal representa la sedimentación menos oxigenada de la secuencia estratigráfica, y se identifica como de condiciones fuertemente anóxicas. Dentro de la estrategia de desarrollo de estas concreciones, es notable el apreciable decrecimiento en tamaño a medida que se asciende en la sección estratigráfica. En ese sentido, las concreciones disminuyen de tamaño al tiempo que se hacen más esféricas y también a medida que se asocian litológicamente a lodos carbonáticos depositados al paso de la máxima inundación de mares transgresivos que favorecieron condiciones de mayor oxigenación de columna de aguas disóxicas. Este patrón de distribución indica el inicio y el cierre de del ciclo del carbono para el episodio anóxico Coniaciense-Campaniense de la cuenca de la Formación La Luna.

#### **Referencias.**

- Calvert, S.E., Bustin, R.M. y Ingall, E.D. (1996). *Geochimical and Cosmochimical Acta*, 60, 1577-1593.
- James N.P. y Choquette P.W. (1992). En: *Diagenesis* (I. McIlreath y D.W. Morrow., Eds.) Geoscience Canada Series, 4, 75-111
- Jenkyns H.C. y Clayton C.J. (1997). *Sedimentology*, 44, 687-706.
- Jones, C. y Jenkyns, H. (2001). *American Journal of Science*, 301, 112-149.
- Lev S.M., MeLeman, I., Meyers, W. y Hanson, G.N. (1998). *Journal of Sedimentology Research*, 68, 970- 980.

- Mozley, P. (1989). *Journal of Sedimentology*, 59(5), 815-818
- Mozley, P.S. y Burns, S.J. (1993). *Journal of Sedimentology*, 63:73-83.
- Renard, J. (1986). *Marine Micropaleontology*, 10,117-164.
- Ricken, W. (1987). *Sedimentology*, 34, 571-584.
- Zapata, E. (2003). *Impacto de la Diagénesis en la composición isotópica de los carbonatos Cenomaniense-Campaniense de la Formación La Luna en Venezuela Occidental*. Tesis Doctoral, Univ. Central de Venezuela, 305 pp.