

Cocherie, A. (1985): *Docum. BRGM*, 90; 246 pp.
 Cocherie, A. (1986): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50; 2.517-2.522.
 Debon, F. y Le Fort, P. (1983): *Trans. R. Soc. Edimburgh: Earth Sci.* 73; 135-149.

Doblas, M.; Ubanell, A. G. y Gómez Mayor, J.; *Cuad. Lab. Xeolox. Lax.*, 12; 193-205.
 Huertas, M. J. (1990): Tesis Doctoral. UCM; 335 pp.
 Minster, J. F. y Allegre, C. J. (1978): *Contrib. Mineral. Petrol.*, 68; 37-52.

Stormer, J. C. y Nicholls, J. (1978): *Comput. Geoscienc.* 4; 143-159.

Recibido el 30 de enero de 1991
 Aceptado el 1 de marzo de 1991

Análisis de enjambres de diques radiales utilizando un método matemático

Analysis of radial dyke swarms using mathematical method

J. L. Brandle^{1,2}; E. Ancochea^{1,2}; C. R. Cubas³ y F. Hernan³

1.—U.E.I. de Petrología. Inst. Geología Económica C.S.I.C. Fac. Cc. Geológicas. 28040-Madrid.

2.—Dpto. de Petrología y Geoquímica. Facultad Cc. Geológicas, U. C. M. 28040-Madrid.

3.—Dpto. de Edafología y Geología. Facultad Ciencias, Univ. La Laguna.

ABSTRACT

It is proposed, a computer program to help to the interpretation of radial dykes swarms and locate the possible emission zones, using the analysis of theoretical intersection of the dykes, considered as straight lines on an intersecting horizontal plane.

Key words: Radial dyke swarms, mathematical method, volcanology.

Geogaceta, 10 (1991); 97-100.

Introducción

Un gran número de edificios volcánicos de cierta entidad suelen ir acompañados de sistemas de diques, cónicos, radiales, paralelos, etc. Tenemos un ejemplo de uno de estos casos en el sistema de diques cónicos, de composición sálica, de Gran Canaria (Schmincke, 1967, Hernán, 1976) para el cual, Hernán y Vélez (1980) desarrollan un modelo para estimar estadísticamente la profundidad del foco de emisión, proyectando el vector generatriz de los planos (diques) y considerando que la misma vendría dada por la del plano en la que la dispersión de los puntos de corte de las generatrices es mínima.

El problema de los diques radiales se pueden simplificar si son (o se consideran) verticales, pues entonces pueden ser considerados como planos, y sus intersecciones en un plano de referencia horizontal dan lugar a las rectas objeto de tratamiento.

En la isla de Fuerteventura, donde los autores realizan un proyecto de investigación sobre la Serie I o Antigua

(Fúster *et al.*, 1968), son frecuentes los diques esencialmente basálticos, cuya distribución no es ni mucho menos homogénea. La existencia de diferentes edificios volcánicos ha sido definida en la Isla utilizando criterios estratigráficos, cronológicos, y petrológicos (Ancochea *et al.*, 1990). Los diques, si siguen una pauta radial, pueden también ayudar a definir posibles edificios y a situar aproximadamente sus posiciones.

Lo que exponemos a continuación no tiene como objeto interpretar o explicar la evolución de los edificios de la Serie I de Fuerteventura, que será tratado en un trabajo posterior más amplio, sino con los datos tomados exponer, con la brevedad que exige esta comunicación, la metodología empleada para resolver tal tipo de problemática.

Método

Los diques quedan definidos por su dirección y las coordenadas del lugar donde se realizó la medida. No es ne-

cesario tener en cuenta otros parámetros, como la altura, ya que como se expuso anteriormente, todos los diques pueden considerarse como rectas en un mismo plano.

En el caso teórico de un foco de emisión puntual todos los diques (rectas) convergerían en dicho punto. La cantidad de variables que pueden modificar el que este foco sea puntual: tamaño no puntual del propio foco, variación de posición en el tiempo, anisotropía de las rocas, condiciones estructurales del momento, etc., o complicar su identificación: procesos tectónicos, erosión posterior, fosilización por materiales más recientes, solapamiento de diferentes sistemas de diques generales o locales etc., hacen que en la realidad, deba considerarse el foco como un sector o área y no como un punto.

Los «N» diques tratados generarían $N \times (N-1)/2$ intersecciones. El método se basa en suponer que todos los diques convergen en un sector, que puede ser considerado como el foco, y que viene definido por la zona donde el número de intersecciones es máximo.

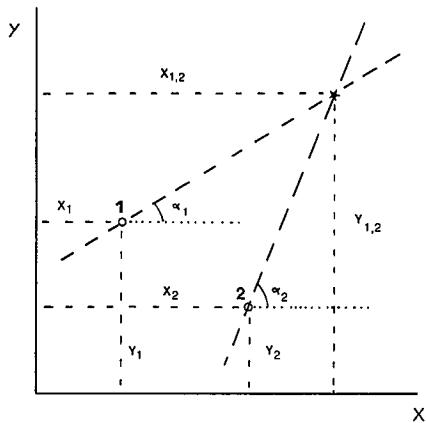


Fig. 1.

Como puede apreciarse en la fig. 1, cada recta (dique) queda determinada por el ángulo de pendiente (dirección) y las coordenadas de un punto, bien el de medida, bien el de intersección con otra recta, de modo que para cada par de rectas tendremos, en el punto de medida:

$$\begin{aligned} \text{recta 1 } Y_1 &= \text{tag } \alpha_1 X_1 + b_1 \\ \text{recta 2 } Y_2 &= \text{tag } \alpha_2 X_2 + b_2 \end{aligned}$$

donde X e Y son las coordenadas del punto de medida y α las direcciones.

Análogamente para el punto de corte entre las rectas 1 y 2 tendremos:

$$\begin{aligned} \text{recta 1 } Y_{1,2} &= \text{tag } \alpha_1 X_{1,2} + b_1 \\ \text{recta 2 } Y_{1,2} &= \text{tag } \alpha_2 X_{1,2} + b_2 \end{aligned}$$

donde $X_{1,2}$ e $Y_{1,2}$ son las coordenadas del punto de corte y que pueden ser calculadas resolviendo las ecuaciones anteriores.

Resuelto este sistema para todos los pares de diques, se conocerán todas las coordenadas de intersección. Estas, para tratamientos posteriores, pueden ser almacenadas en un fichero secuencial que las contiene junto con la identificación de los diques que interseccionan.

Así mismo el programa, para ayudar a la interpretación, puede calcular la distancia de las intersecciones a un punto determinado normalmente el punto medio, y reordenar los datos en función de estas distancias.

Se calcula también la matriz de distribución de densidades para poder efectuar los mapas de isovalores. En el cálculo de la matriz son seleccionables distintos parámetros como el área donde se van a calcular las densidades y el tamaño de la matriz (número de cuadrículas del área, hasta 100 x 100). También pueden ser opcional eliminar en la comparación entre diques aquellos cuyos puntos de medida son muy próximos o los que forman ángulo muy pequeño.

En el cuadro I puede observarse, en un ejemplo con 86 medidas de diques en Fuerteventura, el comportamiento de estos dos parámetros, de forma que a medida que el «ángulo mínimo de comparación» es mayor ($0^\circ - 2^\circ - 5^\circ - 10^\circ$ y 20°) disminuye el número de intersecciones, pero sobre todo el área en donde éstas tienen lugar, al eliminarse las intersecciones muy lejanas de diques subparalelos. Para un mismo ángulo mínimo, al aumentar la «distancia mínima de comparación» no varía el área, pero sí disminuye el número de intersecciones.

En el cuadro II aparecen las matrices de distribución y la representación gráfica correspondiente con curvas de isovalores de densidad (realizados usando el paquete SURFER, 1986). Todas ellas son para las mismas condiciones: 2° de «ángulo mínimo» y 0 km de distancia mínima. En cada uno de los sucesivos casos A, B, C, D, se va seleccionando el área de mayor densidad y analizándola progresivamente con más detalle. En el primer caso (A) no hay ninguna limitación espacial, por lo que el área es muy grande y la concentración también. En

el ejemplo D, el de mayor detalle, puede observarse un máximo principal, pero también otros dos máximos menores cuya interpretación ha de basarse en los datos geológicos.

Consideraciones finales

Las limitaciones que puede tener el método son variadas y de muy distinta índole. Las primeras son las limitaciones sobre el terreno: de densidad de muestreo, de precisión en la medida e incluso de su representatividad. La densidad de los diques puede también afectar, ya que ésta, en principio, es mayor cuanto mayor sea la proximidad al foco, pero también puede serlo en sectores concretos del haz radial. En Fuerteventura, por ejemplo en el edificio Sur y Central parecen existir dos direcciones de concentración dominantes (Ancochea *et al.*, 1990) que pueden generar distorsiones en los resultados.

En el cuadro III puede por último verse, mediante otra opción del programa, cuantas veces un dique es cortado en un área determinada, lo que permite discriminar, cuando hay varios máximos, cuales pueden ser foco de unos o de otros diques.

El programa es, en resumen, una buena herramienta para la interpretación de posibles enjambres de diques radiales, aunque ha de usarse siempre en permanente interacción con los datos de campo.

El programa ha sido escrito en FORTRAN 77, el tamaño del mismo es de 100 K aproximadamente, pudiendo aumentar o disminuir en función de las dimensiones dadas a las variables que dependen del número de puntos que se introduzcan. Cualquier persona interesada puede recibir un listado del programa o un disquete en ASCII para ser tratado en un ordenador personal con sistema MS/DOS.

Cuadro I.—Influencia de los parámetros

| Angulo | Distancia | Nº de Puntos | X _{min} | X _{máx} | Y _{min} | Y _{máx} |
|--------|-----------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0 | 0 | 3.584 | -253 | 1.107 | 2.482 | 3.890 |
| 2 | 0 | 3.513 | 226 | 964 | 2.817 | 3.531 |
| 5 | 0 | 3.339 | 387 | 767 | 3.012 | 3.308 |
| 10 | 0 | 3.107 | 483 | 669 | 3.055 | 3.242 |
| 20 | 0 | 2.664 | 533 | 657 | 3.095 | 3.193 |
| 2 | 0,1 | 3.261 | 226 | 964 | 2.817 | 3.531 |
| 2 | 0,5 | 2.751 | 226 | 964 | 2.817 | 3.531 |
| 2 | 1 | 2.421 | 226 | 964 | 2.817 | 3.531 |
| 2 | 5 | 1.562 | 226 | 964 | 2.817 | 3.531 |

Agradecimientos

La realización del programa se ha efectuado aprovechando las facilidades recibidas del M. E. C. para la utilización del UNISYS 2200/444 y con la subvención recibida del proyecto de la CAICYT nº: PB87-0382. Nuestro agradecimiento a Eduardo Alegre que confeccionó la edición.

Cuadro II.—Matriz y representación gráfica

| | |
|----------------------|--------|
| COORDENADA X MINIMO | 226.4 |
| COORDENADA X MAXIMO | 964.4 |
| COORDENADA Y MINIMO | 2817.5 |
| COORDENADA Y MAXIMO | 3531.8 |
| INTERVALO EJE X | .737 |
| INTERVALO EJE Y | .714 |
| NUM. DE PUNTOS | 3513 |
| NUM. DE PUNTOS TOTAL | 3513 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|------|------|----|---|---|---|---|
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 9 | 5 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 11 | 99 | 77 | 13 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 3 | 1924 | 1202 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 6 | 10 | 41 | 58 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 7 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | |
|----------------------|--------|
| COORDENADA X MINIMO | 521.6 |
| COORDENADA X MAXIMO | 669.2 |
| COORDENADA Y MINIMO | 3103.2 |
| COORDENADA Y MAXIMO | 3174.6 |
| INTERVALO EJE X | .147 |
| INTERVALO EJE Y | .071 |
| NUM. DE PUNTOS | 3126 |
| NUM. DE PUNTOS TOTAL | 3513 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|-----|-----|----|----|---|---|---|
| 0 | 0 | 11 | 15 | 29 | 4 | 27 | 14 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 5 | 17 | 56 | 54 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 4 | 22 | 133 | 237 | 18 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 52 | 131 | 260 | 24 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 23 | 160 | 223 | 38 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 3 | 11 | 449 | 116 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 14 | 634 | 26 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 30 | 88 | 38 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 3 | 12 | 6 | 38 | 4 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 0 | 1 | 3 | 6 | 1 | 25 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 |

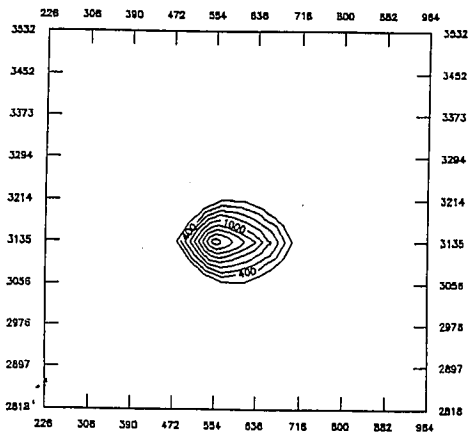
| | |
|----------------------|--------|
| COORDENADA X MINIMO | 580.6 |
| COORDENADA X MAXIMO | 610.2 |
| COORDENADA Y MINIMO | 3117.5 |
| COORDENADA Y MAXIMO | 3160.4 |
| INTERVALO EJE X | .029 |
| INTERVALO EJE Y | .042 |
| NUM. DE PUNTOS | 2495 |
| NUM. DE PUNTOS TOTAL | 3513 |

| | | | | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|---|
| 3 | 4 | 20 | 11 | 60 | 65 | 56 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 5 | 19 | 4 | 19 | 40 | 50 | 17 | 13 | 27 | 0 |
| 27 | 19 | 19 | 5 | 22 | 2 | 32 | 26 | 59 | 36 | 0 |
| 8 | 9 | 23 | 18 | 12 | 11 | 62 | 78 | 21 | 5 | 0 |
| 16 | 2 | 24 | 23 | 49 | 19 | 44 | 33 | 17 | 1 | 0 |
| 4 | 27 | 21 | 95 | 62 | 57 | 28 | 9 | 0 | 3 | 0 |
| 4 | 29 | 152 | 69 | 102 | 11 | 7 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| 8 | 10 | 68 | 351 | 43 | 1 | 6 | 1 | 4 | 0 | 0 |
| 2 | 13 | 24 | 10 | 46 | 3 | 8 | 3 | 5 | 6 | 0 |
| 4 | 10 | 4 | 0 | 13 | 10 | 5 | 0 | 3 | 4 | 0 |

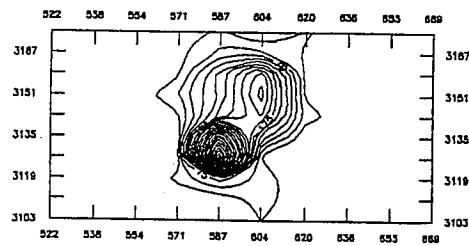
| | |
|----------------------|--------|
| COORDENADA X MINIMO | 583.6 |
| COORDENADA X MAXIMO | 595.4 |
| COORDENADA Y MINIMO | 3126.1 |
| COORDENADA Y MAXIMO | 3138.9 |
| INTERVALO EJE X | .011 |
| INTERVALO EJE Y | .012 |
| NUM. DE PUNTOS | 1029 |
| NUM. DE PUNTOS TOTAL | 3513 |

| | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 0 | 1 | 4 | 2 | 2 | 8 | 5 | 7 | 9 | 4 | 0 |
| 2 | 16 | 0 | 1 | 0 | 18 | 24 | 11 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 1 | 5 | 8 | 11 | 21 | 0 | 11 | 1 |
| 2 | 0 | 2 | 8 | 16 | 4 | 11 | 20 | 11 | 11 | 1 |
| 0 | 1 | 7 | 29 | 27 | 4 | 8 | 8 | 9 | 16 | 1 |
| 1 | 6 | 17 | 34 | 12 | 1 | 9 | 15 | 12 | 8 | 1 |
| 2 | 5 | 8 | 14 | 7 | 0 | 46 | 37 | 4 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 5 | 13 | 37 | 66 | 10 | 4 | 3 | 1 |
| 5 | 1 | 2 | 5 | 16 | 69 | 51 | 20 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 9 | 11 | 35 | 30 | 7 | 9 | 6 | 0 |

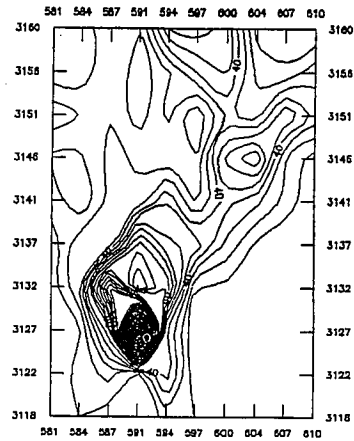
MAPA A



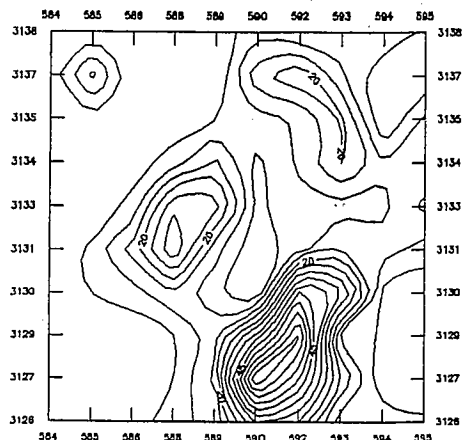
MAPA B



MAPA C



MAPA D



Cuadro III.—Número de intersecciones en un área¹

| A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 34 | 12 | 28 | 24 | 34 | 36 | 23 | 47 | 35 | 64 | 42 |
| 2 | 39 | 13 | 25 | 25 | 34 | 37 | 34 | 48 | 43 | 65 | 32 |
| 3 | 35 | 14 | 11 | 26 | 7 | 38 | 35 | 49 | 46 | 76 | 12 |
| 4 | 40 | 15 | 33 | 28 | 39 | 39 | 34 | 50 | 41 | 85 | 10 |
| 5 | 41 | 16 | 33 | 29 | 39 | 40 | 35 | 51 | 35 | | |
| 6 | 37 | 17 | 34 | 30 | 44 | 41 | 34 | 52 | 39 | | |
| 7 | 31 | 19 | 26 | 31 | 40 | 42 | 39 | 53 | 49 | | |
| 8 | 33 | 20 | 39 | 32 | 42 | 43 | 40 | 54 | 51 | | |
| 9 | 34 | 21 | 43 | 33 | 39 | 44 | 35 | 55 | 42 | | |
| 10 | 33 | 22 | 44 | 34 | 41 | 45 | 34 | 56 | 32 | | |
| 11 | 31 | 23 | 37 | 35 | 41 | 46 | 35 | 57 | 30 | | |

A) Identificación de los diques.

B) Número de intersecciones.

1.—Mismo área que en el mapa D cuadro 2. Se omiten los diques sin intersecciones.

Referencias

- Ancochea, E.; Cubas, C.; Hernán, F. y Brändle, J. (1990): *Geogaceta*, 9, 60-62.
- Fúster, J. M.; Hernández-Pacheco, A.; Muñoz, M.; Rodríguez, E. y García L. (1968): *Inst. Lucas Mallada*, C.S.I.C. Madrid, 243 pp.
- Hernán, F. (1976): *Estudios Geol.*, 32, 279-324.
- Hernán F. y Vélez, R. (1980): *Estudios Geol.*, 36, 65-73.
- Schmincke, H. U. (1967): *Bull Volcanol.*, 31, 153-162.
- Surfer™ (1986): *Golden Software Inc.*

Recibido el 31 de enero de 1991

Aceptado el 1 de marzo de 1991

Pautas de distribución de Sr/Ca, Mg/Ca y Mn/Fe en carbonatos urgonianos del oeste de Vizcaya (España)

Sr/Ca, Mg/Ca and Mn/Fe Distribution Patterns in Urgonian Carbonates from Western Biscay (Spain)

I. Yusta (*), J. M. Herrero (*) y F. Velasco (*)

(*) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco. Apartado 644, 48080 Bilbao

ABSTRACT

The distribution patterns of Ca, Si, Sr, Mn, Mg and Fe in Urgonian carbonate rocks from NW Biscay (Spain), reveal the differences between shallow-water (270 ppm Sr, 62 ppm Mn) and deep-water (820 ppm Sr, 116 ppm Mn) limestones. Fresh water diagenesis is responsible for the depletion in molar Sr/Ca ratios ($0,034 \times 10^{-2}$ in platform carbonates). Some facies show diagenetic-hydrothermal dolomitization and Zn-Pb enrichment. Ferroan and calcian dolomites have low Sr and Mn contents.

Key words: litho geochemistry, diagenesis, Lower Cretaceous, carbonate rocks, W Biscay-Spain.

Geogaceta, 10 (1991), 100-103.

Introducción

Se plantea en esta nota, el análisis de algunos elementos traza que pueden caracterizar las facies y la evolución diagenética de los sedimentos carbonatados, aplicándolo a los materiales urgonianos aflorantes en la zona de Carranza-Lanestosa, en el límite occidental de la provincia de Vizcaya con la de Cantabria. El área muestreada abarca una franja de unos 3 x 8 km.

La estratigrafía de este sector (Herrero, 1989), comprende una columna de unos 500 m. de materiales depositados entre el Aptiense Superior y el Albiense Medio, en un ambiente de

plataforma carbonatada en tránsito hacia facies de cuenca, con importantes cambios laterales. En esta zona hemos distinguido, manteniendo la nomenclatura adoptada en áreas adyacentes, las siguientes unidades litoestratigráficas:

U4: Calizas más o menos arcillosas, estratificadas en bancos finos; con impurezas de cuarzo tamaño limo y niveles arcillosos, principalmente en estilolitos con estructuras *flaser* y *wavy*; petrográficamente *mudstone* y en menor medida *wackestones*, eventualmente con espículas silíceas.

U6: Calizas arenosas y areniscas, cuarzoarenitas y litarenitas con ce-

mento carbonatado o *mudstones* ricas en cuarzo.

U7: Margocalizas, margas y lutitas carbonatadas; *mudstone* con espículas silíceas, *wackestone* y *shale*; contenido variable en residuo insoluble.

U8: Calizas masivas de plataforma, con pasadas calcareníticas en la base; microfacies de tipo *wackestone*, junto a *packstone-grainstone* y también *floatstone* con Rudistas.

U8d dolomías de grano medio a grueso; cristales romboédricos, eventualmente con espacios intragranulares rellenos de materia orgánica, cuarzo y arcillas.

El modelo paleogeográfico implica