

Estudio de las alineaciones obtenidas a partir de imágenes RADAR del SEASAT-SAR, en el Macizo del Montseny-Guilleries

J. CALVET y R. PASCUAL

1.- INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es la interpretación de las alineaciones obtenidas a partir de imágenes del satélite SEASAT-SAR mediante su comparación con las extraídas de las imágenes del satélite LANDSAT-5 y los datos de campo de la cartografía geológica existente.

El área estudiada corresponde al macizo paleozoico del Montseny-Guilleries, situado entre las provincias de Barcelona y Girona.

2.- GEOLOGIA DEL MACIZO

El macizo del Montseny-Guilleries (fig.1) está constituido por pizarras, esquistos, gneis y cuarcitas del Cambro-Ordovícico, Ordovícico superior y Silúrico inferior, con una intrusión granodiorítica y granitomonzonítica. El conjunto está afectado por un sistema de fallas de direcciones NW-SE y NE-SW.

Al sur del macizo se dispone la fosa tectónica del Vallès rellena de materiales miocénicos, macizo y fosa están separados por una importante falla de dirección NE-SW. Al este del macizo se encuentra la fosa tectónica de la Selva rellena también de materiales miocénicos; el límite entre ambas unidades es la falla de Santa Coloma de Farners - Osor, de orientación NW-SE. En su parte noroeste el macizo se oculta bajo la cobertera de materiales eocénicos discordantes.

Los materiales del macizo están afectados por un metamorfismo de alto grado, de edad westfaliense, con tres fases de deformación. La primera ocasionó una esquistosidad con pliegues asimétricos de flancos casi paralelos. La segunda se caracteriza por una crenulación observada en las charnelas de los pliegues de la primera fase. La tercera corresponde a crenulaciones tardías que afectan bastante a las estructuras de las dos fases anteriores.

La tectónica alpina se caracteriza por los

dos sistema de fallas anteriormente mencionados. Hay una primera etapa compresiva (Paleógeno) durante la cual la falla norte del Vallès (de dirección NE-SW) actúa de forma transpresiva y las fallas NW-SE de forma direccional. Durante el Neógeno hay una etapa distensiva, acompañada de fenómenos volcánicos y termales en ambos sistemas de fracturas, que da lugar a la actual configuración morfológica, individualizando el macizo del Montseny-Guilleries, la fosa del Vallès y la fosa de la Selva.

Además del sistema de fracturas antes indicado, Font (1983) (fig.2) cita fracturas de dirección E-W, inducidas a partir de las mineralizaciones de fluorita de Osor, Sant Marçal y Espinelves y otras de dirección N-S a partir de las mineralizaciones de Espinelves.

3.- CONCEPTO DE ALINEACION.

Siguiendo a O'Leary *et al.* (1976) "a lineament is a mappable, simple or composite linear feature of a surface, whose parts are aligned in a rectilinear or slightly curvilinear relationship and which differs distinctly from the patterns of adjacent features and presumably reflects a subsurface phenomenon".

4.- ALINEACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE IMAGENES DEL LANDSAT-5.

Las alineaciones se han extraído por interpretación visual de imágenes a escala 1:100.000, confeccionadas en el Institut Cartogràfic de Catalunya. En su confección, estas imágenes, fueron sometidas a correcciones geométricas a un aumento de contraste y a una equalización. Las bandas espectrales utilizadas son la 1, 4 y 5 del sensor TM.

Se han obtenido en el Montseny-Guilleries dos sistemas principales de alineaciones y uno menor (fig.3). De los sistemas principales, el más importante es de dirección NW-SE, con un máximo absoluto a 140°; el otro ocupa el

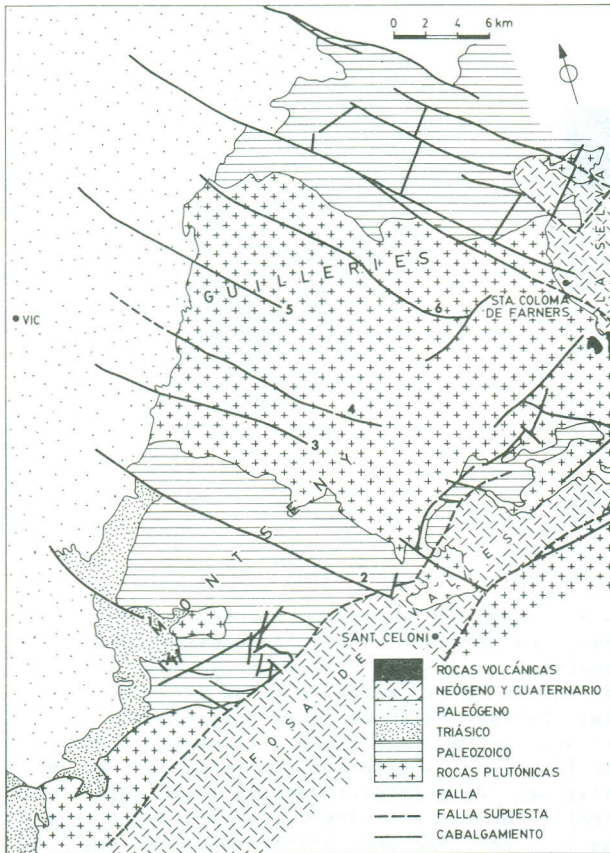


Figura 1.- Esquema geológico del macizo del Montseny-Guilleries, según IGME (1984) simplificado.

cuadrante NE con tres máximos relativos a 010° , 040° y 060° - 070° . El sistema menor, de dirección E-W, tiene un máximo a 100° .

Todos estos sistemas de alineaciones coinciden exactamente con los detectados, en imágenes MSS, por Solé (1978) en una área mucho más amplia, en la que se enclava nuestra zona de estudio.

También elaborada a partir de imágenes MSS, Donville (1976) presenta una cartografía de alineaciones. En el área que corresponde a nuestra zona muestra dos sistemas importantes, el NE-SW y el NW-SE. Al igual que Solé y nosotros cartografía una importante alineación E-W en el sector del Montseny.

De Mas (1983) en un estudio sobre el Vallès oriental, al sur de nuestra zona, presenta una alineaciones extraídas de imágenes MSS con las mismas orientaciones.

El sistema de alineaciones NW-SE corresponde a las fallas recogidas en la cartografía geológica, a escala 1:200.000, publicada por el IGME (1984)(fig.1). De este sistema de fallas quedan bien reflejadas en la imagen las fallas siguientes:

- la del Congost, aunque al ser muy ancho

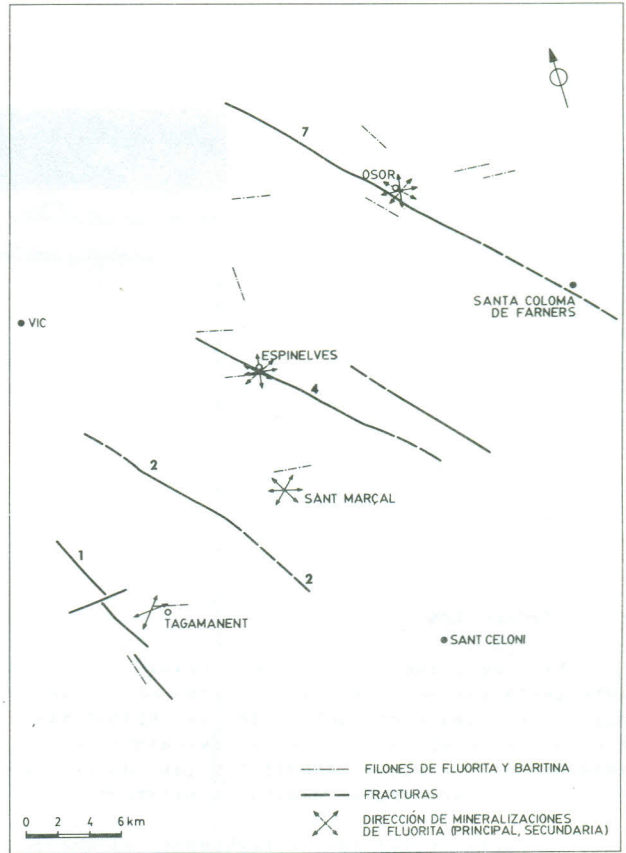


Figura 2.- Esquema de la disposición de mineralizaciones en el macizo del Montseny-Guilleries, según Font (1983).

el valle, queda poco marcada como una alineación en la imagen LANDSAT.

- la de Seva-Collformic (2) que continúa por el valle del Tordera (2').
- la de Sant Sadurní d'Osormort-Espinelles-Arbúcies (4).
- la de Sant Hilari de Sacalm-Tavertet que continúa hasta Sta.Maria de Corcó (6).
- la de Sta.Coloma de Farners-Osor-Rupit (7).

Quedan poco o nada reflejadas en la imagen LANDSAT:

- la de Vilalleons-Viladrau en todo su trazado (3).
- la de Vilanova de Sau, excepto en los cuatro últimos kilómetros (5).

Aparece en las imágenes LANDSAT una alineación (3') que es prolongación de la falla Vilalleons-Viladrau (3) que continúa hacia Breda.

Las alineaciones de dirección NE-SW obtenidas en las imágenes del LANDSAT no coinciden con las fallas de la cartografía citada. Hay que resaltar, sin embargo, que ésta es la dirección del conjunto de diques que han intruido al batolito granítico, aun cuando no hay coincidencia cartográfica entre las

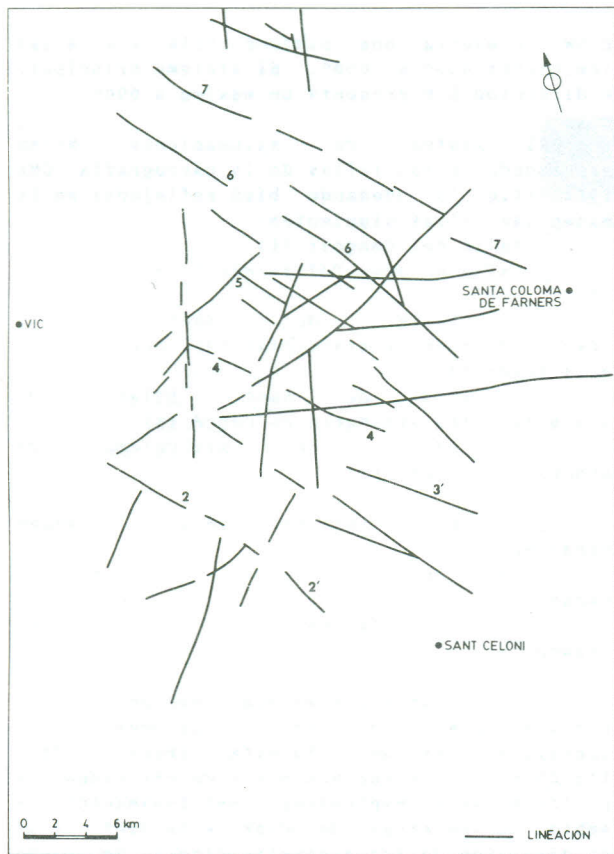


Figura 3.- Alineaciones en el macizo del Montseny-Guillerics, extraídas de las imágenes LANDSAT-5.

alineaciones y los diques.

Si comparamos las alineaciones obtenidas con las direcciones de la mineralización de fluorita (Font, 1983)(fig.2) se observan una serie de coincidencias:

- en la dirección NW-SE, en las minas de Espinelves, Osor y St.Marçal.
- en la dirección E-W, en las minas de Espinelves, St.Marçal y en el Tagamanent.

La interpretación estructural de todos estos sistemas de alineaciones queda ampliamente discutida en el trabajo de Solé (1978) y también en IGME (1984).

5.- IMAGENES OBTENIDAS POR EL SEASAT-SAR.

El principio básico del sistema SLAR (RADAR lateral), que utiliza el SEASAT-SAR, consiste en la emisión de pulsaciones de microondas según un haz orientado transversalmente a la dirección de avance del emisor (satélite o avión) y oblicuo a la superficie del suelo. Se puede trabajar con longitudes de onda comprendidas entre 1 mm y 1 m. Los sucesivos frentes de onda generados sufren, al llegar a la superficie del suelo, comportamientos diferentes según las características geométricas y dieléctricas de

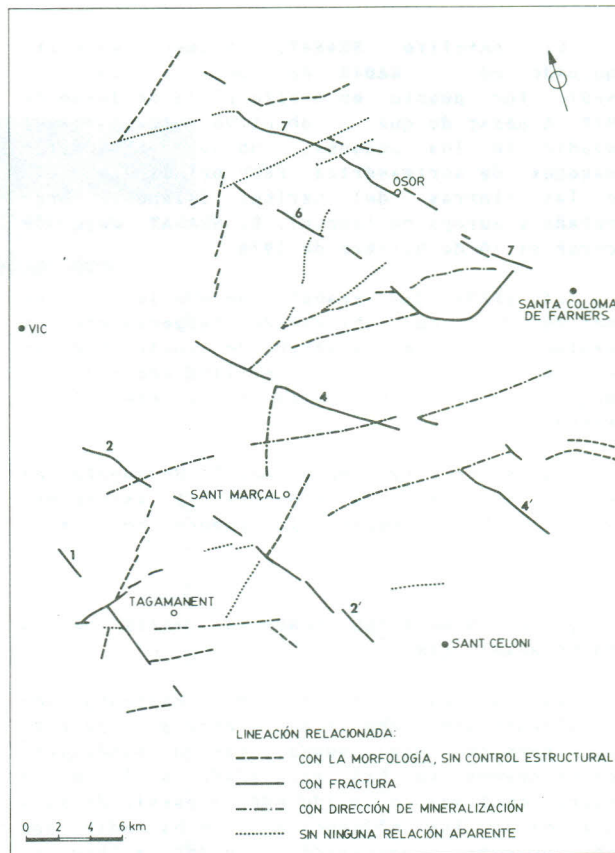


Figura 4.- Alineaciones en el macizo del Montseny-Guillerics, extraídas de las imágenes del SEASAT-SAR.

los materiales superficiales y, también, de la topografía. Obviamente, también las características radiométricas del RADAR condicionan este comportamiento. El satélite o avión recoge, en forma digital, la señal reflejada por el suelo.

Las superficies orientadas hacia el satélite presentan altos valores de retorno de la señal. En cambio las vertientes que quedan a la "sombra" presentan una señal nula.

Los materiales con una rugosidad superficial menor a la longitud de onda provocan una reflexión de tipo especular con lo que la señal reflejada no regresa hacia el captor y se registran valores de retorno nulos. Si la rugosidad es igual o mayor hay reflexión difusa de la onda incidente y el captor registra un retorno variable según esta rugosidad.

Cada material tiene una constante dieléctrica propia que aumenta con el contenido de agua del material. La variación de esta constante para toda la gama de materiales (rocas y vegetación) es relativamente pequeña, mientras que la humedad en los materiales provoca un notable aumento de la constante. Los objetos metálicos presentan altos retornos de la señal.

El satélite SEASAT, primer satélite equipado con un RADAR de abertura sintética (SAR), fue puesto en órbita el 26 de Junio de 1978. A pesar de que su objetivo inicial era el estudio de los océanos, obtuvo abundantes imágenes de Norteamérica (EEUU principalmente), de las tierras del Caribe, Islandia, Gran Bretaña y Europa occidental. El SEASAT dejó de operar el 10 de Octubre de 1978.

El SEASAT-SAR trabajó con una longitud de onda de 23.5 cm, obteniendo imágenes con una resolución de 25 m. La altura de vuelo fue de 790 km con un ángulo de depresión media de 70° (ángulo entre la horizontal y el eje del haz emitido).

La imagen estudiada es del 21 de Agosto de 1978 y corresponde a la órbita 791, ascendente hacia el NW y tomando la imagen con visión lateral hacia el NE.

6.- DETECCIÓN DE ALINEACIONES A PARTIR DE LA IMAGEN SEASAT-SAR.

Las alineaciones se han cartografiado visualmente sobre una imagen a escala 1:250.000, que permite una buena visión sinóptica. Posteriormente se han trasladado a la misma imagen ampliada a 1:100.000. A partir de aquí cada una de las alineaciones se ha redibujado sobre un mapa topográfico 1:50.000 a fin de corregir la distorsión geométrica inherente al sistema SAR. Este mapa definitivo ha sido reducido posteriormente.

Se han considerado tres tipos de alineaciones, con sus posibles interpretaciones:

A.- Alineaciones constituidas por tramos de límites rectilíneos de áreas de alta reflectividad. Corresponden a vertientes, orientadas hacia el satélite, de valles rectilíneos, paralelos a la trayectoria de vuelo. En algunos casos son las crestas las que son rectilíneas.

B.- Alineaciones virtuales marcadas por uno de los extremos de un conjunto de franjas de alta reflectividad. Corresponden a valles transversales a la dirección de vuelo del satélite. Se obtiene una respuesta de alta reflectividad de los tributarios del valle principal (valles subparalelos a la línea de vuelo), que queda truncada por la reflectancia menor de las paredes del valle transversal (valle perpendicular a la línea de vuelo) y que marca la alineación.

C.- Alineaciones o franjas rectilíneas de reflectividad contrastada con respecto al entorno. Corresponden a características morfológicas lineales como crestas, diques, etc.

En la imagen del SEASAT-SAR se han obtenido tres sistemas de alineaciones, dos menores y uno principal (fig. 4). De los menores, uno, de dirección NW-SE, presenta un máximo en la dirección 130°-140°; el otro, de dirección

NE-SW, presenta dos máximos relativos a las direcciones 030° y 050°. El sistema principal, de dirección E-W presenta un máximo a 090°.

El sistema de alineaciones NW-SE corresponde a las fallas de la cartografía IGME (1984) (fig. 1), quedando bien reflejadas en la imagen las fallas siguientes:

- falla del Congost (1)
- falla de Seva-Collformic-La Tordera (2, 2')
- falla de Sant Sadurní d'Osormort-Espinelves-Arbúcies (4) con un tramo hacia Breda (4')
- falla de Sant Hilari de Sacalm-Tavertet-Sta. Maria de Corcó (6)
- falla de Sta. Coloma de Farners-Osor-Rupit (7)

Quedan poco o nada reflejadas en la imagen SEASAT-SAR:

- falla de Vilalleons-Viladrau en todo su trazado (3)
- falla de Vilanova de Sau, en todo su trazado (5)

Si comparamos las alineaciones del sistema principal E-W con las direcciones de la mineralización de fluorita (Font, 1983) (fig. 2) se encuentran una serie de coincidencias en las minas de Espinelves y del Tagamant. En cambio, en las minas de Osor y de Sant Marçal esa dirección de las mineralizaciones no queda reflejada en la imagen del SEASAT. Por lo que respecta al sistema menor, de dirección NE-SW, tan solo puede relacionarse, en la mina de Sant Marçal, con una dirección de mineralización.

Según Font (1983) la mayoría de los filones fluorita presentan una dirección E-W, por lo que se pueden interpretar las alineaciones que presentan esta orientación como relacionadas con este tipo de mineralizaciones, de las que hasta la actualidad tan solo se tenía constancia a nivel de afloramiento.

En resumen las alineaciones de la imagen SEASAT se pueden clasificar en (fig. 4):

- a) Alineaciones relacionadas con características morfológicas, sin ninguna constancia bibliográfica de control estructural.
- b) Alineaciones relacionadas con fallas conocidas en la cartografía geológica existente.
- c) Alineaciones paralelas a direcciones de mineralización de fluorita.
- d) Alineaciones sin ninguna relación aparente con la morfología, la tectónica o las mineralizaciones.

7.- COMPARACION DE LAS ALINEACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LA IMAGEN DEL SEASAT-SAR CON LAS OBTENIDAS DEL LANDSAT.

En ambas imágenes quedan bien visibles las alineaciones de dirección NW-SE, que corresponden a fallas conocidas y cartografiadas, tan solo la falla de Vilalleons-Viladrau (3) y la de Vilanova de Sau (5) aparecen mal en las dos imágenes.

Por lo que respecta al sistema de alineaciones NE-SW no se observa que haya una relación directa con las fallas registradas en la cartografía existente. Sin embargo, tanto las alineaciones obtenidas de las imágenes LANDSAT como de la imagen SEASAT-SAR son paralelas a direcciones de mineralización o corresponden a rasgos morfológicos.

La imagen SEASAT-SAR presenta como muy importante un sistema de alineaciones, el E-W, que aparece como poco destacado en la imagen LANDSAT.

8.- CONCLUSIONES.

Las alineaciones obtenidas a partir de la imagen SEASAT-SAR complementan y mejoran el conocimiento de las alineaciones ya conocidas. Tal es el caso del sistema de alineaciones NW-SE y sobre todo del sistema E-W.

Las imágenes SEASAT-SAR presentan el inconveniente de una gran distorsión, inherente al sistema SLAR, que obliga a un largo y dificultoso trabajo de corrección. Esta dificultad puede obviarse efectuando una corrección geométrica con ayuda del modelo numérico del terreno.

BIBLIOGRAFIA

MAS, D. de (1983). Notes sobre la neotetònica al Vallès oriental. Acta Geol. Hispànica, 18: 131-138.

DONVILLE, B. (1976). Géologie Néogène de la Catalogne Orientale. Bull. BRGM (2), IV: 177-210.

FONT, X. (1983). Estudio de las mineralizaciones del Macizo Montseny-Guilleries (Barcelona y Girona) y su aplicación en la prospección geoquímica de redes de drenaje. Tesis Doct. Fac. Geología. Univ. Barcelona. 3 vol.

IGME (1984). Mapa geológico de España. Escala 1:200.000, 35:Barcelona. Madrid, Serv. Publ. Ministerio de Industria y Energía. 124 p. 1 mapa pleg.

O'LEARY, D.W., FRIEDMAN, I.D. y PEHN, H.A. (1976). Lineament, linear and lineation: some proposed new standars for old terms. Geol. Soc. Am. Bull., 87: 1463-1469.

SOLE, L. (1978). Alineaciones y fracturas en el Sistema Catalán según imágenes del LANDSAT-1. Tecniterrae, 4 (22): 6-16

Este trabajo ha sido realizado con una ayuda de la "Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica" de la Generalitat de Catalunya.