

Interpretación combinada de los datos geológicos y gravimétricos del sector central de Extremadura: aplicación a la exploración de yacimientos minerales

Combined interpretation of geology and gravity in the central area of Extremadura (Spain): application to mineral exploration

R. Campos Egea (*), P. Gumiel Martínez (**), R. Tejero López (***), J.L. Plata Torres (****)

(*) Unidad de Caracterización Hidrogeoquímica de Emplazamientos. DIAE. CIEMAT. Av. Complutense nº22 - 28040 Madrid. campos@ciemat.es

(**) Dirección de Recursos Minerales. ITGE. C/ Ríos Rosas nº23. 28003 Madrid. p.gumiel@itge.mma.es. Departamento de Geología de la Universidad de Alcalá de Henares

(***) Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. rosatej@eucmax.sim.ucm.es

(****) Dirección de Geología. Departamento de Geofísica. ITGE. C/ Ríos Rosas nº 23. 28003 Madrid.

ABSTRACT

As a result of the combined interpretation of a gravity study, geological mapping and the lineament analysis of TM Landsat Imagery from the central sector of Extremadura region (Western of Spain), a series of units delimited by gravity alignments have been established confirming that there is an structural setting of the area in blocks. The limits, although irregular, are limited by high density fracture zones, whose intersections may have a major structural and metallogenic interest.

Key words: gravimetry, geological mapping, lineaments, mineral exploration, Extremadura (Spain).

Geogaceta, 27 (1999), 35-38

ISSN: 0213683X

Introducción

La interpretación combinada de los datos gravimétricos en el sector central de Extremadura (Campos, 1998), junto con la cartografía del área y el análisis de lineamientos en la imagen Landsat TM (Gumiel y Campos, 1998), muestra una interesante información sobre la estructuración tectónica del área, en relación con la disposición de determinados yacimientos minerales, concretamente aquellos relacionados con la metalogenia ígnea regional. Se observan diferentes unidades delimitadas por alineaciones gravimétricas, en donde las curvas isoanómalas presentan una forma, intensidad y longitud de onda características, confirmando que hay una estructuración del área en bloques, cuyos límites, aunque irregulares, están marcados por zonas de alta densidad de fractura, de orientación principal NO-SE y NE-SO, cuya confluencia puede tener gran interés, tanto desde un punto de vista estructural, como metalogénico. Además se resalta la existencia de mínimos relativos de menor intensidad y longitud de onda, que pueden estar marcando la posición de cúpu-

las graníticas no aflorantes y quizá metalogénicamente fértiles, relacionadas también con la situación de zonas de alta densidad de fracturas, lo que pone de manifiesto el importante papel que puede desempeñar el método gravimétrico, en la búsqueda y localización de determinados tipos de yacimientos minerales, en áreas específicas y utilizando una malla adecuada.

Marco geológico

La región estudiada que comprende el sector central de Extremadura, está caracterizada por amplias antiformalas en cuyo núcleo afloran rocas de edad Proterozoico Superior-Vendense Superior (CEG), limitadas por estrechas sinformas constituídas por materiales de edades comprendidas entre el Ordovícico Inferior y el Carbonífero Superior (Figura 1). Intruyendo en estas rocas, y aflorando predominantemente en las antiformalas, se encuentran un gran número de plutones graníticos, denominados en conjunto "Batolito de Extremadura Central" (BEC - Castro, 1984). El afloramiento de estas rocas graníticas está limitado a norte y sur por los sinclinales de Cañaveral y de la

Sierra de San Pedro respectivamente.

La configuración estructural de este sector es el resultado de la superposición de varios episodios de deformación, desarrollados principalmente durante las etapas de deformación hercínicas (se diferencian tres etapas principales), aunque también se ha puesto de manifiesto la existencia de diversos eventos tectónicos predevónicos (Álvarez Nava *et al.*, 1988; Pardo y García Alcalde, 1984; Gutierrez Marco *et al.*, 1990; López Díaz, 1991). Afectando a las estructuras generadas en estas deformaciones existen unos sistemas de fallas tardihercínicas, cuyo estudio ha permitido establecer un modelo cronológico de la fracturación que comprende dos etapas principales (Gumiel y Campos, 1998; Campos, 1998).

En la primera etapa, que se iniciaría al final de la tercera fase de deformación hercínica, bajo una compresión E-O, se desarrollaría un sistema de cizallas conjugadas (Figura 2a) con orientaciones NNO-SSE y sentido de movimiento sinistral (e.g. fábrica S/C en el granito de Montánchez, resultado de este cizallamiento dúctil hercínico), y NE-SO con

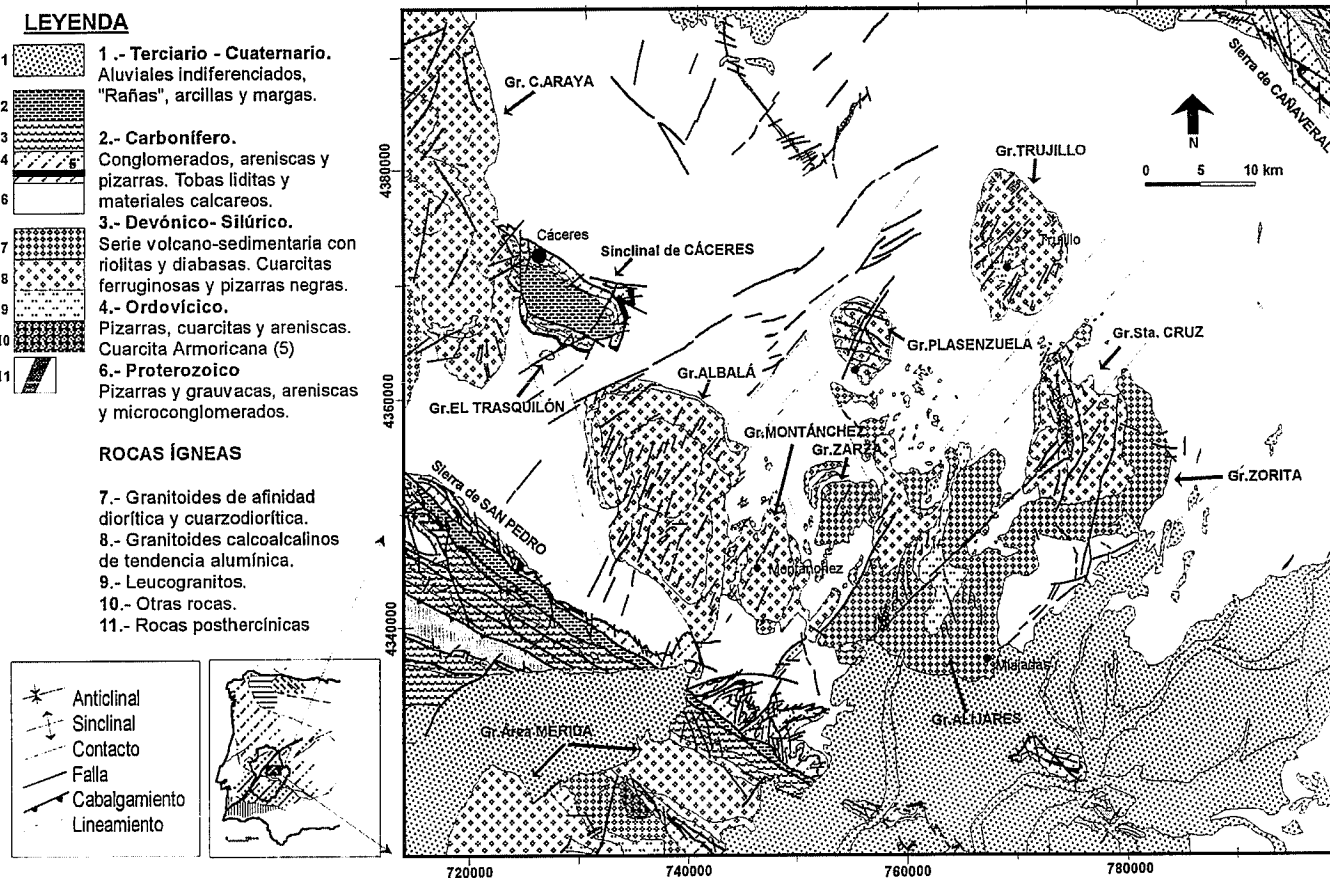


Figura 1.- Mapa de situación y cartografía geológica del área de estudio (modificado de Gumiel y Campos, 1998).

Figure 1.- General location of the studied area, and geological map (after Gumiel y Campos, 1998).

movimiento dextrógiro. En la segunda etapa la orientación de máxima compresión es próxima a N-S, y se produce una reactivación de las estructuras previas, los movimientos de las fracturas NO-SE pasan a ser de sentido dextrógiro y los de las fracturas NE-SO de sentido sinistral (Fig. 2a y 2b). Este esquema de fracturación se produciría en un régimen de transpresión prolongado, que pudo afectar a la zona y que ya ha sido puesto de manifiesto en otras áreas próximas (Sanderson *et al.*, 1991).

Las fracturas generadas en estas etapas, no muy tardías con respecto a la consolidación magmática, van a permitir el emplazamiento de diques y la circulación de los fluidos hidrotermales, que van a dar lugar a los filones mineralizados del sector y su cinemática (desarrollo de estructuras *pull-apart* -Fig. 2b), puede tener repercusiones importantes en la prospección y exploración de yacimientos minerales de la zona.

Mapa de anomalías residuales de Bouguer: interpretación

El mapa de anomalías residuales de Bouguer (Fig. 3) obtenido de la sustrac-

ción de una superficie de tercer grado a la anomalía de Bouguer, muestra un buen grado de correlación con el mapa geológico y con el mapa de lineamientos sobre la imagen Landsat TM, de forma que los materiales correspondientes a diferentes litologías (e.g. granitos, materiales paleo-zoicos y CEG) muestran diferencias en la respuesta gravimétrica. Igualmente, las trazas de lineamientos observados en la imagen Landsat TM, tienen una buena correspondencia con los gradientes gravimétricos principales, éstos, de dirección NO-SE y NE-SO (Fig. 3), confieren a la zona una estructuración en unidades o bloques irregulares, de forma aproximadamente romboidal. La existencia de otras alineaciones gravimétricas menores, de dirección semejante, reflejan una estructuración más compleja, que probablemente sirve para explicar el emplazamiento y deformación de algunos granitos y puede ser útil en la exploración local de determinados yacimientos minerales.

La estructuración en zonas "romboidales" que compartimentan el área facilita la interpretación del mapa de anomalías residuales y corrobora el modelo estructural, siendo congruente con el

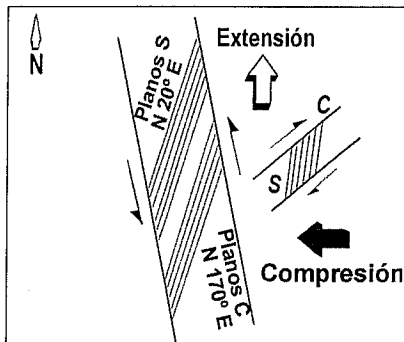
último evento de transpresión prolongada que pudo afectar a la zona.

Las zonas A, B, C, D y E (Fig. 3) representan mínimos gravimétricos relativos asociados a las deficiencias de masa que generan los materiales graníticos de los plutones de Trujillo (A), Cabeza de Araya (B) (Audrain *et al.*, 1989; Vignerresse, 1995 a y b), Albalá y Montánchez (C), granitos del área de Mérida (D), y Alijares (E), cuyos materiales presentan un alto contraste de densidad con los materiales encajantes. Son unidades delimitadas por alineaciones gravimétricas de orientación NE-SO, NO-SE y aproximadamente N-S, que corresponden, a grandes rasgos, con los sistemas de fracturación que se observan en la zona.

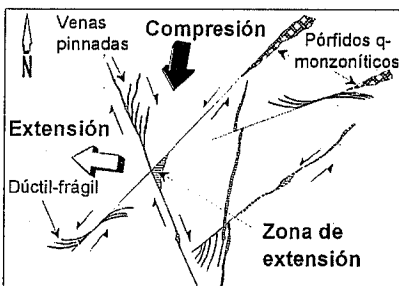
Hay que destacar la existencia de otros mínimos relativos de menor longitud de onda e intensidad (B', B'', B''' y C' - Fig. 3), que podrían estar señalando la posición de cúpulas graníticas no aflorantes en los materiales del CEG. Desde el punto de vista estructural, hay que resaltar la coincidencia espacial de estos mínimos con la situación de zonas de alta densidad de fractura, obtenidas a partir del análisis de lineamientos (Campos, 1998).

Por otra parte, existen una serie de zonas de más difícil interpretación, ya que

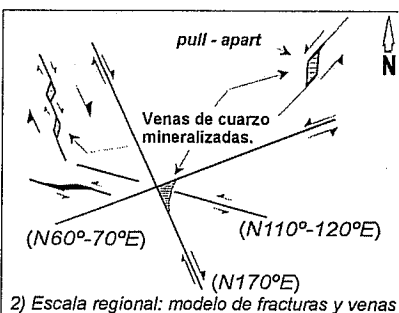
aún siendo de carácter negativo (mínimos relativos), no delimitan con precisión los cuerpos intrusivos sobre los que se sitúan. Se han denominado "zonas anómalas de carácter intermedio o mixto" (Zonas I, II y III - Fig. 3) y que responden a la existencia y superposición de fenómenos más difíciles de discriminar, como son el bajo contraste de densidad, unido a un posible desenraizamiento del plutón producido por un fuerte condicionamiento estructural del área donde se sitúa, lo que por otra parte podrían ser aspectos favorables para la existencia de determinadas concentraciones minerales.



a.- Cizallamiento dúctil hercínico. Compresión máxima E-O.



1) Escala de afloramiento: cinemática de venas



b.- Compresión máxima N-S (Transpresión).

Figura 2.- Modelo cinemático de fracturación. S/C = fábrica del granito de Montánchez, como resultado del cizallamiento dúctil hercínico. (Explicación en el texto).

Figure 2.- Kinematic model of fractures. S/C fabric of Montánchez granite as a result of hercynian ductile shear. (See text for explanation).

Integración de datos: aplicación a la exploración de yacimientos minerales

Con el propósito de obtener una visión de conjunto, y sobre todo, resaltar la utilidad de cara a la exploración de yacimientos minerales, de la interpretación combinada de los datos geofísicos y geológicos, incluyendo los obtenidos a partir de la interpretación de la imagen Landsat TM, se han representado cinco capas de información en la figura 4, éstas son: (1) referencias geográficas, (2) indicios y yacimientos minerales (con una cruz) (3) contactos geológicos (en trazo negro) simplificados al máximo, para obtener una visión clara de relación con el resto de la información, (4) mapa de anomalías residuales de Bouguer (mediante una trama de grises que depende de la intensidad), y (5) los datos derivados del análisis de lineamientos sobre la imagen Landsat TM, que consisten en un mapa de contornos en el que se han combinado la frecuencia, densidad y número de intersecciones de lineamientos observados (en trazo blanco).

En el mapa de integración de datos (Fig. 4) se definen una serie de zonas de interés desde el punto de vista de la exploración de yacimientos minerales; la primera se sitúa en un área que ocupa una banda de dirección NNO-SSE (A - Fig. 4), y que comprende desde la parte oriental del batolito de Cabeza de Araya, el sur del sinclinal de Cáceres, la zona de la cúpula granítica de El Trasquilón, e incluye los bordes norte y oeste del plutón de Albalá. Otra zona de interés es la que se localiza

en los alrededores (noroeste y oeste) del stock de Plasenzuela (B), y otras áreas se sitúan sobre los plutones de Zarza- Alijares (C), Alijares-Santa Cruz (D), y al este de Madroñera (E), entre los cuerpos intrusivos de Trujillo y Santa Cruz.

En la interpretación de los datos integrados, hay que tener en cuenta que las mineralizaciones de la zona, son en su mayor parte representantes de una metalogenia ígnea, y su distribución espacial está relacionada con los granitos. Las zonas de mínimos gravimétricos por tanto, ya están definiendo áreas de interés metalogénico y posiblemente minero. Pero además éstas, unido a que son zonas de alta densidad de fracturación (máximos en el análisis de lineamientos), pueden tener gran incidencia en la localización de algunos yacimientos minerales. De hecho, gran parte de los indicios del área de estudio, se sitúan en estas zonas de mayor densidad de fractura.

Con respecto a la localización de cúpulas graníticas, el mejor ejemplo lo constituye la posición que ocupa la de El Trasquilón (Fig. 1). Ésta se sitúa en la intersección de dos zonas de fractura, en la confluencia entre los lineamientos que delimitan las unidades gravimétricas B y C (Fig. 3). En este sentido hay que destacar varias zonas con posible interés, de cara a la exploración de cúpulas graníticas. La primera es la que se localiza al este del batolito de Cabeza de Araya (NO y N del área de estudio), que está caracterizada por unos mínimos gravimétricos relativos de carácter aislado (1, 2 y 3 - Fig. 4). El

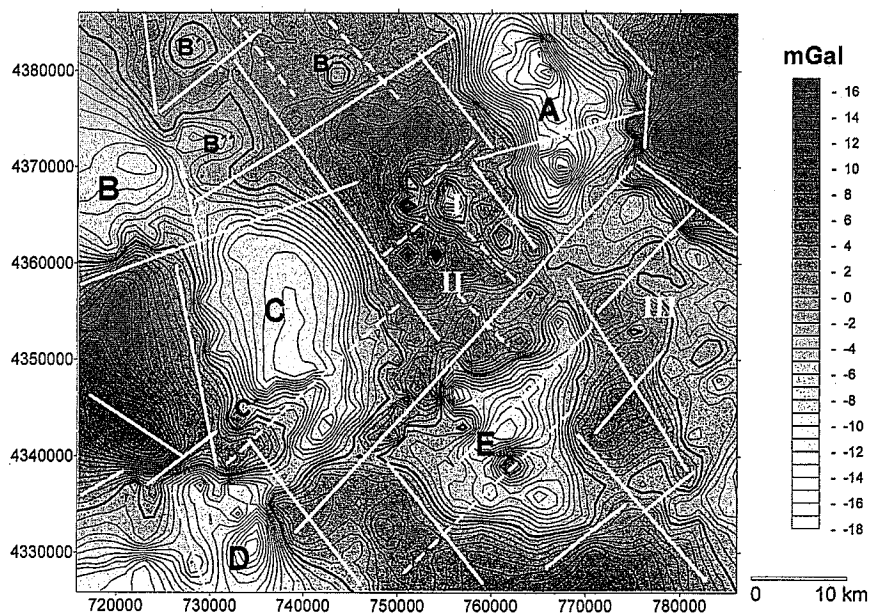


Figura 3.- Mapa de anomalías residuales de Bouguer. (Explicación en el texto).

Figure 3.- Residual Bouguer gravity map. (See text for explanation).

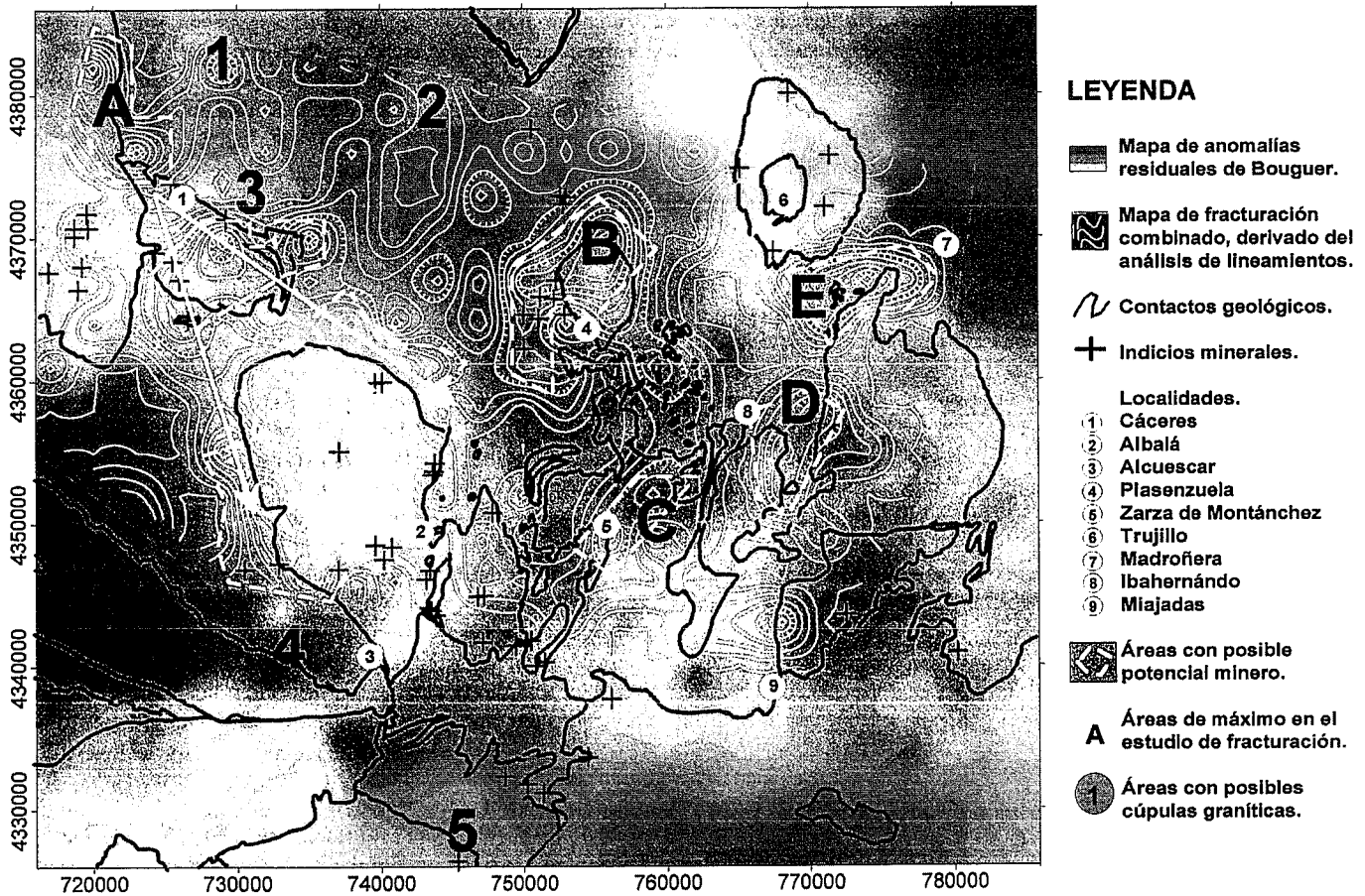


Figura 4.- Mapa de integración de datos: anomalías residuales de Bouguer, mapa de contornos de lineamientos a partir de la imagen Landsat TM, cartografía geológica y mapa de indicios minerales del área. (Explicación en el texto).

Figure 4.- Integrated data map: Bouguer residual anomalies, lineament contour map from Landsat TM imagery, geological map and mineral occurrences of the area. (See text for explanation).

mínimo 1 además está relacionado con una zona de alta densidad de fractura y podría representar un área con potencial minero, ya que conjuga la existencia de dos condiciones favorables; intensa fracturación que favorece la movilidad de los fluidos, unida a la existencia de un mínimo gravimétrico que puede estar indicando la posible existencia de un cuerpo granítico no aflorante. También hay que hacer referencia al mínimo gravimétrico situado al SO del plutón de Albalá (4 - Fig. 4) en el que probablemente también se conjugan, la existencia de un mínimo gravimétrico, junto con un máximo en el análisis de lineamientos. Por último hacer referencia al mínimo (5 - Fig. 4), situado sobre la conocida mina de Sn y W de La Parrilla, cuya mineralización podría estar relacionada genéticamente con un granito en profundidad.

Aunque no es el objeto de este trabajo, conviene señalar que estos mínimos han sido modelizados a lo largo de una serie de perfiles gravimétricos como cuerpos de baja densidad, aislados y subaflorantes,

próximos a la superficie (Campos, 1998).

En resumen, la interpretación de los datos integrados y la metodología expuesta ofrece la posibilidad de profundizar en el conocimiento del control tectónico sobre la distribución de determinados yacimientos minerales relacionados con cuerpos graníticos y además, muestra su utilidad para la localización de cúpulas graníticas no aflorantes, y en general, de áreas favorables para una exploración minera futura de la región.

Referencias

Álvarez Nava, H, García Casquero, J.L, Gil Toja, A; Hernández Urroz, J, Lorenzo Álvarez, S, López Díaz, F, Mira López, M; Monteserín, V; Nozal, F; Pardo, M.V; Picart, J, Robles, R, Santamaría, J; y Solé, F.J. (1988): *II Congreso Geol. De España, Vol I*: 19-22.
 Audrain, J, Amice, M, Vignerresse, J.L. y Bouchez, J.L.(1989): *C.R.Acad. Sci. Paris, 309, II*: 1757-1764.

Campos, R. (1998): *Tesis Doct.*. Univ. Complutense De Madrid. 170p.
 Castro, A. (1984): *Tesis Doct.* Univ. Salamanca. 208p.
 Gumiel, P. y Campos, R. (1998): *Consejería de Economía Industria y Hacienda, Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas. Junta De Extremadura 1998.*
 Gutierrez Marco, J.C; San Jose, M.A y Pieren, A.P. (1990): *Dallmeyer y Martínez García Eds En: Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer-Verlag.*
 López Diaz, F. (1991): *Cuad. Lab. Laxe, 16*: 53-63.
 Pardo, M.V y García Alcalde, J.L. (1984): *Geol. Univ. Oviedo, 14*: 79-120.
 Sanderson, D.J, Roberts, S.R, Mcgowan, J. y Gumiel, P. (1991): *Journal Geol. Soc. London, 148*: 893-898.
 Vignerresse, J.L. (1995a): *Tectonophysics, 249*: 173-186.
 Vignerresse, J.L. (1995b): *Tectonophysics, 249*: 187-202.