

Implicaciones del modelo "dominó" de fallas tardihercínicas en el control y localización de las mineralizaciones auríferas del área de La Codosera (rama noroeste de la Zona de Cizalla de Badajoz-Córdoba)

P. Gumiel^(1,2) y R. Campos⁽³⁾

(1) Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas, 23, 28023 Madrid.
E-mail: p.gumiel@igme.es

(2) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, 28805 Madrid

(3) Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas, Avenida Complutense, 22, 28040 Madrid
E-mail: rocio.campos@ciemat.es

RESUMEN

La Orogenia Hercínica (desde el Carbonífero al Pérmico) en el borde sur del Macizo Hespérico parece que es el resultado de un proceso de convergencia muy oblicua de colisión continental (Iberia y Macizo Armoricano) en el que la deformación se concentró en una serie de cinturones transpresivos en los que predominan movimientos de desgarre de sentido sinistorsor, coincidiendo con un adelgazamiento crustal preexistente. Entre éstos, la Zona de Cizalla de Badajoz-Córdoba (en adelante, ZCBC) es uno de los más importantes. La zona de La Codosera representa la rama noroeste de dicha zona de cizalla. El desarrollo de fallas tardihercínicas de orientación N-S, NW-SE y NE-SW que afectan a todas las estructuras, incluyendo al Batolito de Alburquerque, es de gran importancia principalmente en el sector sur del sinclinal de La Codosera. Las fallas N-S rotan a NW-SE aumentando el desplazamiento dextrorso, dando lugar a una geometría en "dominó" (bookshelf) que puede atribuirse a un movimiento de cizalla prolongado en el tiempo y de sentido sinistorsor. La orientación de los tensores de esfuerzo a partir de las orientaciones de las venas corrobora el régimen de deformación transpresivo que afectó a la zona y la importancia, desde un punto de vista metalogénico, de las reactivaciones de las estructuras previas. Por consiguiente, la disposición geométrica en dominó de las fallas tardihercínicas ejerce un control en la localización de las estructuras con mineralizaciones auríferas de la zona.

Palabras clave: fallas, La Codosera, mineralización, oro, transpresión, zona de cizalla

Implications of the bookshelf model of late-Hercynian faults in the control and localization of gold mineralizations from the La Codosera area (northwestern branch of the Badajoz-Córdoba Shear Zone)

ABSTRACT

The late-Palaeozoic Variscan Orogeny at the Southern Iberian Massif appears to be the result of highly oblique convergent process of continental collision, and deformation was concentrated along several sinistral transpressional belts, coinciding with pre-existing crustal weaknesses, among them the Badajoz-Córdoba Shear Zone (BCSZ) is one of the most important. The La Codosera area represents the northwestern branch of the shear zone. Late Hercynian faulting produced N-S, NW-SE and NE-SW faults which overprint the early structures and granites (the Alburquerque Batholith). N-S faults rotate to NW-SE trend and increase in right-lateral displacements as a result of bookshelf (domino) faulting, which can be attributed to continued sinistral sense of motion along this branch of the shear zone. Stress axes orientation deduced from geometrical analysis of vein orientations is consistent with the strike-slip movement in a transpressive regime, and support the critical importance of reactivation on previous structures to gold-bearing solutions precipitate. Thus, bookshelf model is of major importance in control and localization of gold-bearing structures of this area.

Key words: faults, gold, La Codosera, mineralization, shear zone, transpression

Características geológico-estructurales del área de La Codosera

Desde un punto de vista geotectónico, el área de La Codosera se sitúa en el límite sur de la Zona

Centroibérica (ZCI), próxima a la Zona Ossa Morena (ZOM) y puede subdividirse en una serie de unidades tectonoestratigráficas bien definidas, que además se corresponden con dominios fisiográficos claramente identificables (fig. 1/A):

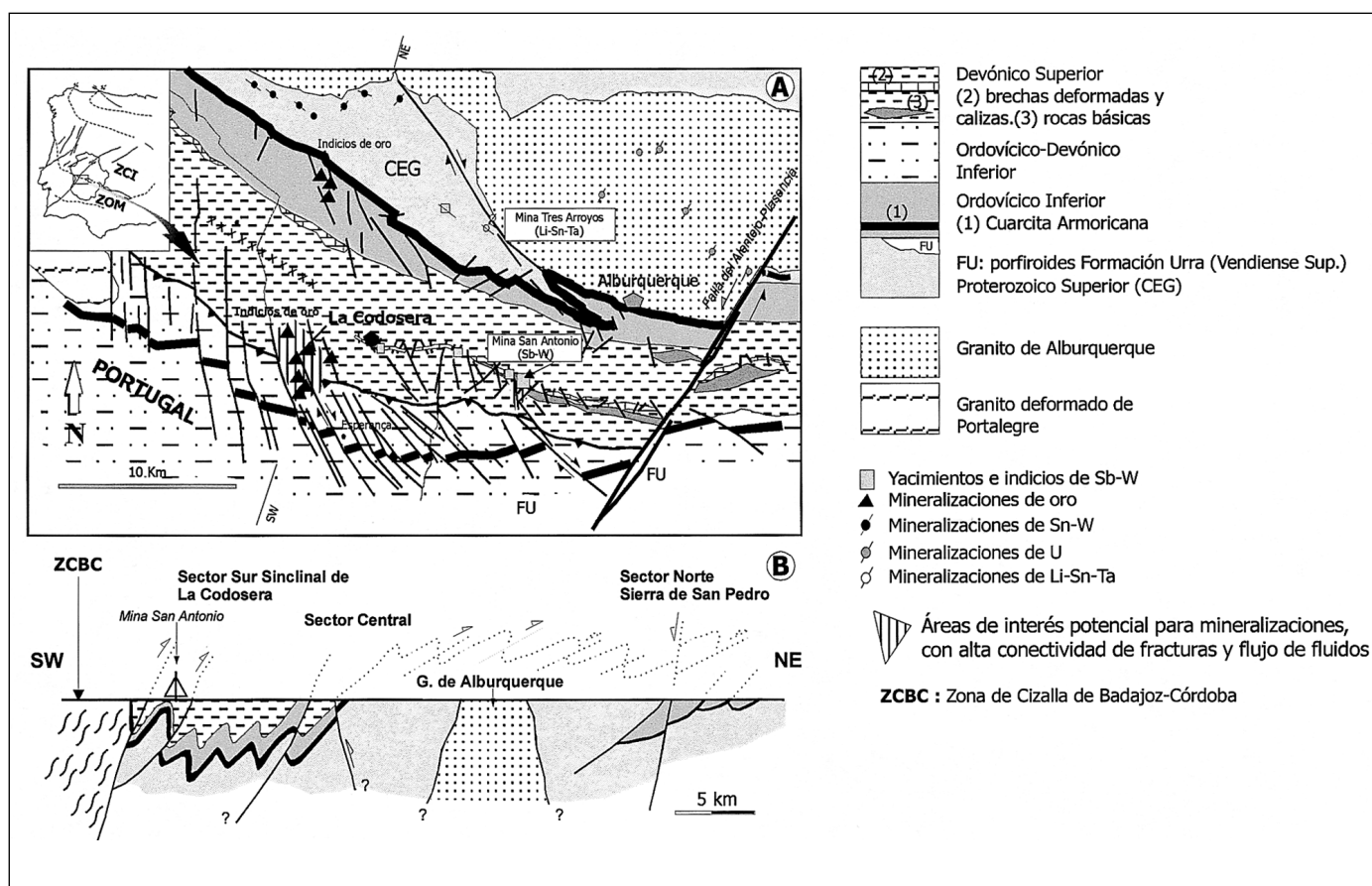
- El Complejo Esquisto-Grauváquico (CEG), de edad Proterozoico Superior, está constituido principalmente por pizarras y grauvacas que afloran predominantemente en el norte del área.
- Los materiales paleozoicos que son principalmente alternancias de cuarcitas y pizarras, y constituyen los sinclinales.
- Las rocas graníticas que intruyen en el CEG y en el Paleozoico (e.g. el Batolito de Albuquerque).

El área de La Codosera, dentro de la Zona Centroibérica, está situada en el "dominio de pliegues subverticales" de Diez-Balda *et al.* (1990), el cual se caracteriza por el desarrollo de grandes áreas anticlinales, en cuyos núcleos afloran rocas graníticas y materiales del CEG, separados por estrechos sinclinales rellenos de materiales paleozoicos.

De la realización de la cartografía geológica del flanco sur del Sinclinal de La Codosera (fig. 1A), se

han obtenido datos sobre las características litoestratigráficas del área, desde la Secuencia Precámbrica a las Series Paleozoicas, incidiendo especialmente en la litología del Devónico Inferior, ya que en sus alternancias de cuarcitas, pizarras y areniscas ferruginosas se encuentran las principales mineralizaciones de oro.

Han sido reconocidas varias fases de deformación hercínicas (e.g. Oen Ing Soen 1970; Diez-Balda *et al.*, 1977; Burg *et al.*, 1981; Diez-Balda 1986; Ortega 1988; Abalos 1989; Abalos y Eguiluz, 1990). Una primera, D1 que se caracteriza por el desarrollo de pliegues subverticales, de ejes subhorizontales de dirección WNW-ESE, y que lleva asociada una esquistosidad de plano axial muy penetrativa (S1). Estos pliegues, en la Zona Centroibérica, tienen vergencias N y NE y contienen lineaciones de intersección S0/S1 subhorizontales. Una segunda fase D2, de importancia a escala



local, concretamente en la mitad norte del dominio de pliegues subverticales, está frecuentemente relacionada con la formación de zonas de cizalla y fábricas S/C. Los pliegues generalmente tienen direcciones principales NW-SE y suelen presentar asociada una esquistosidad de crenulación S2. Hacia el Sur del dominio de pliegues subverticales, cerca de la ZCBC, la fase D1 no es coaxial (Burg *et al.*, 1981; Ortega 1988, Abalos 1989), se reconocen lineaciones de estiramiento (stretching lineations) y bandas "S" (shear bands) que desplazan de forma sinistrorsa a la S1. La fase D2, también de dirección NW-SE, con una esquistosidad de crenulación asociada S2, se restringe a "corredores de cizalla" (ej. en la zona de Almadén, Ortega, 1988). Por último, el desarrollo de kink-bands, y una intensa fracturación tardía (fallas tardías) son muy frecuentes en toda la Zona Centroibérica.

En la zona de La Codosera es posible observar cómo la deformación varía progresivamente de Norte a Sur, con un cambio en el estilo estructural desde pliegues y estructuras compresivas (fallas inversas y cabalgamientos) con vergencia NNE (foto 1), a estructuras de deformación propias de un régimen de cizalla, con una fuerte componente en dirección (desgarre), la cual aumenta con la proximidad a la ZCBC (fig. 1B y foto 2). En este contexto, las fallas tardihercínicas son las que tienen un gran interés metalogénico, puesto que a favor de las mismas se encuentran las principales mineralizaciones filonianas auríferas de la zona.

Desde un punto de vista estructural, el sector sur del Sinclinal de La Codosera representa la parte más deformada de los tres sectores (Sierra de San Pedro, Sector Central y Sector Sur) en los que se puede subdividir la zona, y esto es debido a su proximidad con la ZCBC (fig. 1B). Está compuesto por rocas paleozoicas afectadas por fallas inversas (cabalgamientos) de orientación WNW-ESE, que ponen en contacto materiales del Precámbrico-Cámbrico inferior (Fm. Urra) con materiales paleozoicos. Los pliegues (D2) tienen ejes con orientaciones variables, y se reconoce una importante lineación de estiramiento (stretching lineation) subhorizontal (L1), acompañada de bandas S (shear-bands) con movimiento de sentido sinistrorso (foto 2) que forman una fuerte fábrica S/C con la esquistosidad principal S1. Hay una constante oblicuidad entre direcciones de ejes de pliegues y cabalgamientos con la esquistosidad principal hercínica (S1), así como una disposición general de las estructuras compresivas (cabalgamientos) a bajo ángulo, y extensivas (fallas de orientación NE-SW y NW-SE) a alto ángulo con respecto al límite de la zona de cizalla. Se observa una rotación progresiva en la direc-

ción de la trayectoria de la esquistosidad S1, desde direcciones NW-SE en el norte, hasta E-W en el sur. Los pliegues D2 son asimétricos, con flancos largos



Foto 1. Falla inversa de bajo ángulo, de orientación N100° E, buzando 30° S, que desplaza niveles de cuarcitas ferruginosas del Devónico Inferior. Indicio de Hierro del Sinclinal de Aliseda, Cáceres (sector norte, Sierra de San Pedro)

Photo 1. Low angle reverse fault trending N100°E, dipping 30°S which displaces ferruginous quartzite horizons from Lower Devonian. Iron occurrence at the Aliseda Syncline, Cáceres (northern ridge, Sierra de San Pedro)



Foto 2. Cuarcitas miloníticas del Precámbrico-Cámbrico Inferior (Vendiese?) afectadas por movimiento de cizalla dúctil de sentido sinistrorso, en las proximidades a la Zona de Cizalla de Badajoz-Córdoba. (Carretera de Alburquerque a Villar del Rey, sector sur del Sinclinal de La Codosera)

Photo 2. Sinistral sheared quartzite from Upper Precambrian-Lower Cambrian (Vendien?) in the proximity to the Badajoz-Córdoba Shear Zone. (Alburquerque-Villar del Rey road, southern ridge of the La Codosera Syncline)

estirados y cortos cizallados, con una geometría en "S", marcando siempre un sentido de movimiento sinistrorso.

Las estructuras de deformación frágil están representadas por fallas tardihercínicas de orientaciones comprendidas entre N-S, NE-SW y NW-SE, de carácter extensional y con reactivaciones oblicuas debidas a movimientos en dirección. Las fallas de orientación NW-SE (antitéticas) tienen movimientos de desgarre con sentido dextrorso, que desplazan a las rocas paleozoicas del sur del sinclinal de La Codosera y son posteriores al emplazamiento del Batolito de Alburquerque. Estas fallas han sido comprobadas en profundidad utilizando el Mapa de Anomalías de Bouguer, resultante de la gravimetría realizada en toda la zona (Campos y Gumiel 1990; Gumiel y Campos 2001) y presentan una geometría en "dominó" (figs. 1A, 2 y 3), cuyas implicaciones para la búsqueda de estructuras mineralizadas tienen gran inte-

rés. Otro conjunto de fallas de extensión, de orientación NE-SW o ENE-WSW (foto 3), muestra también reactivaciones oblicuas (foto 4) debidas a movimientos de desgarre sinistrorso (sintéticas) y adquiere también gran importancia en la zona, tanto por su interés estructural como metalogénico por las mineralizaciones de oro asociadas.

La existencia de suficientes criterios cinemáticos, junto con la geometría en dominó de las fallas tardihercínicas que desplazan con sentido dextrorso, bloques de rocas paleozoicas del flanco sur del sinclinal de La Codosera, ha sido interpretado como que el área ha estado sometida a efectos de cizallamiento dúctil y dúctil-frágil hercínico, con sentido sinistrorso, cuyo efecto fue prolongado en el tiempo. En este esquema, las fallas tardihercínicas de dirección NW-SE y movimiento dextrorso que presentan esa geometría en bloques, serían fallas antitéticas de la cizalla principal de dirección E-W y sentido sinistrorso.

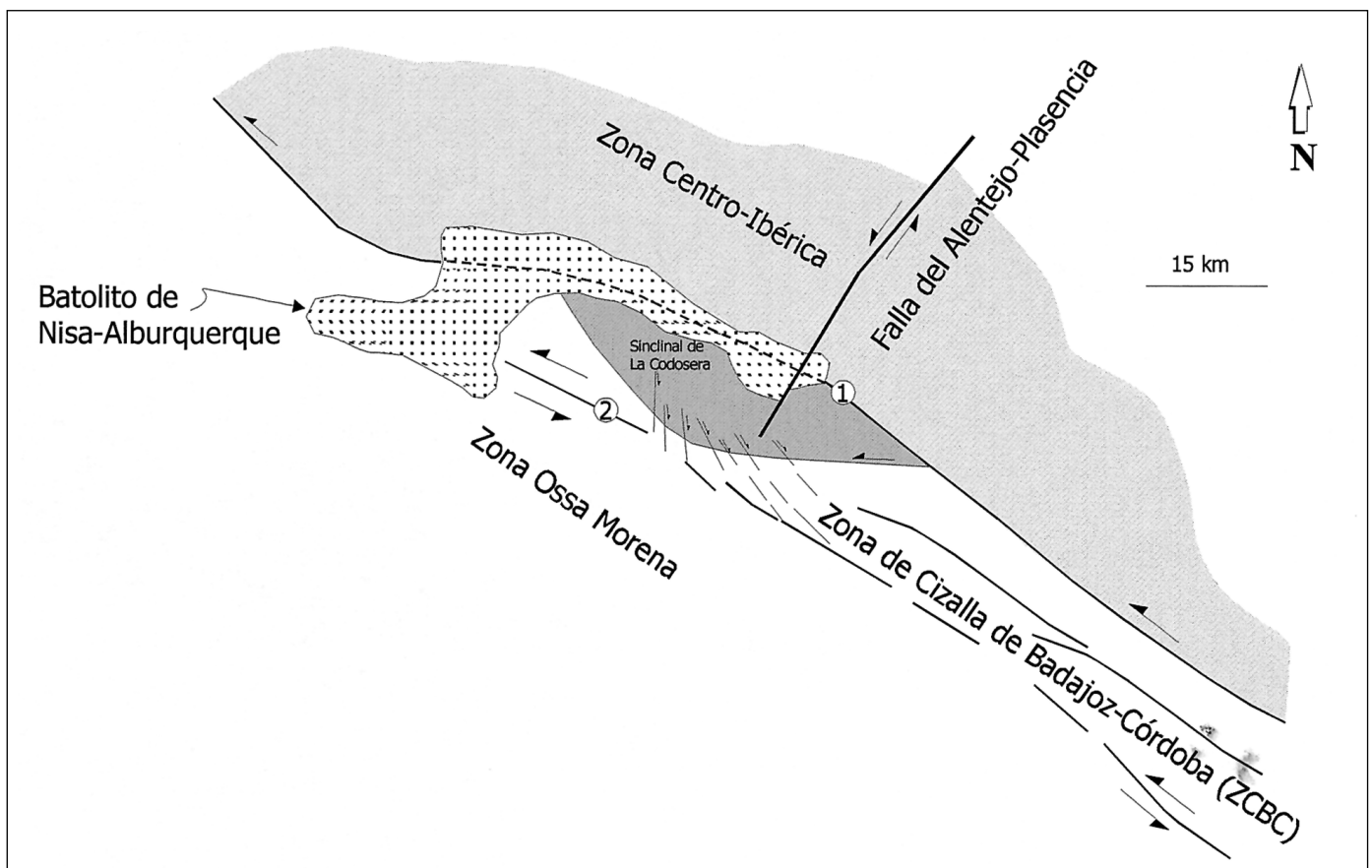


Fig. 2. Modelo esquemático que explica la generación de fallas tardihercínicas con geometría en "dominó" del área de La Codosera en el contexto de la Zona de Cizalla de Badajoz-Córdoba. (modificado de Sanderson, Roberts, McGowan & Gumiel, 1991). Explicación en el texto

Fig. 2. Schematic model for the generation of the late-Hercynian faults in bookshelf (domino) geometry from La Codosera area within the context of the Badajoz-Cordoba Shear Zone. (modif. after Sanderson, Roberts, Mc Gowan & Gumiel, 1991). See explanation on text

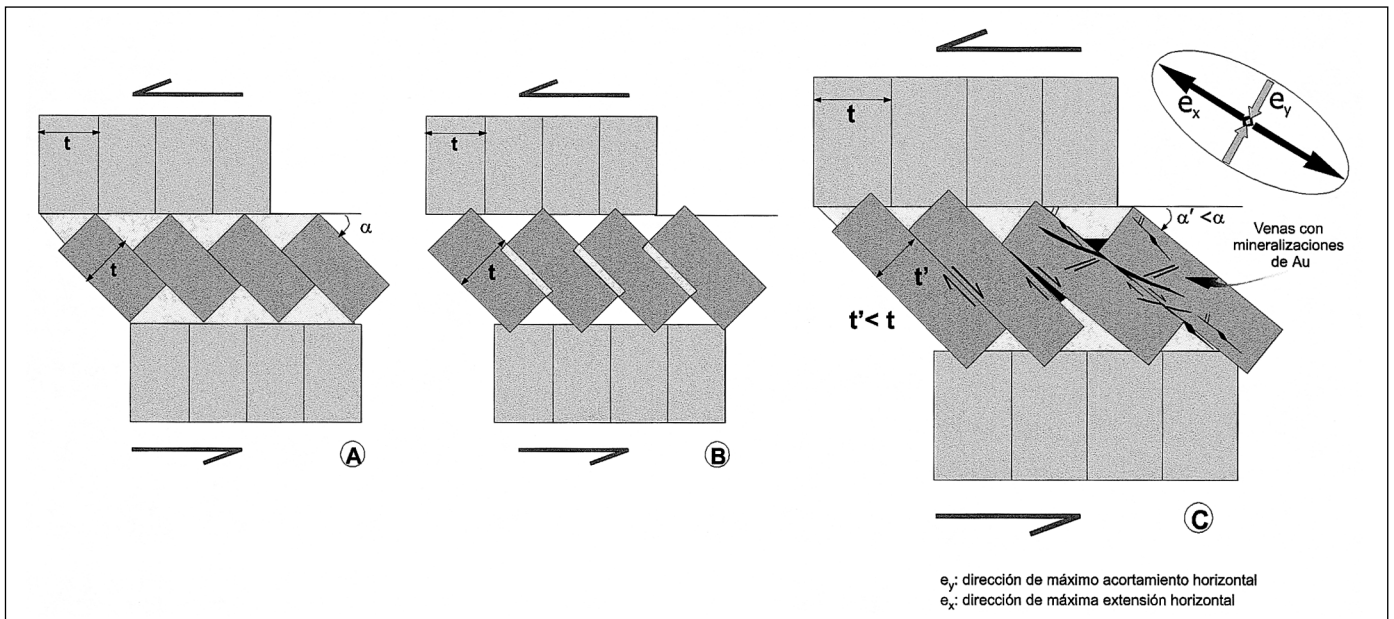


Fig. 3. Modelos de geometría en "dominó" producidos por fallas en diferentes regímenes tectónicos (A y B). El modelo "dominó" de fallas tardihercínicas en el sector sur del Sinclinal de La Codosera (C) y estructuras con mineralizaciones de oro. Explicación en el texto
 Fig. 3. Bookshelf (domino) fault geometry models associated to different tectonics settings (A and B). The bookshelf (domino) model of late-Hercynian faults on southern ridge of the La Codosera Syncline (C) and gold-bearing structures. See explanation on text

Este modelo, en el que se contempla un incremento de la componente de desgarre (cizalla E-W), acompañado de acortamiento hacia la ZCBC, ha sido atribuido a un régimen de transpresión prolongada (Sanderson *et al.*, 1991).

Durante la Orogenia Hercínica en el sur de la zona de La Codosera, los movimientos fueron principalmente transferidos a través de la ZCBC. La deformación fue no coaxial en estilo y con estructuras dominantes en dirección (strike-slip), en contraste con las estructuras de plegamiento y cabalgamientos vergentes hacia el N y NE al norte de la zona (Sierra de San Pedro). El conjunto de la deformación tuvo lugar en un régimen transpresivo y levantamientos asociados con la transpresión dieron lugar a estructuras en "flor" (Ribeiro *et al.*, 1990) cuyas raíces estarían en la ZCBC. Las relaciones geométricas de las estructuras en la zona de La Codosera muestran ese incremento progresivo de los efectos de cizallamiento hacia la ZCBC. Esquemáticamente, el modelo contempla la posibilidad de que el Batolito de Albuquerque intruiera a favor de una zona de falla relacionada con una zona extensional curva -"releasing bend"- (curva en zona de falla 1, fig. 2) que representase la rama norte de la ZCBC, sellándola y de esta forma, el movimiento fuese transferido hacia el sur, (hacia la ZCBC, falla 2, fig. 2). La extensión liberada daría lugar a las fallas antitéticas con geometría en dominó, que con movi-

miento dextrorso afectan a todo el sector sur del sinclinal de La Codosera.



Foto 3. Fallas de extensión conjugadas de orientación N40-50° E, buzando 35°-40° W y N20° E buzando 85° E, a favor de las cuales hay un grupo de venas con mineralización de oro. Indicio Matasiete, sector sur del Sinclinal de La Codosera
 Photo 3. Conjugated extension faults trending N40°-50° E, dipping 35°-40° W, and N 20° E dipping 85°E with gold-bearing veins associated. Matasiete prospect, southern ridge of the La Codosera Syncline



Foto 4. Fallas de orientación NNE-SSW (N20° E buzando 75° W) con venas de cuarzo mineralizadas en oro del indicio La Portilla Larga. Se reconocen varias generaciones de estrías (reactivaciones) en el plano de falla. Sector sur del Sinclinal de La Codosera
Photo 4. NNE-SSW (N20° E/75°W) faults with gold-bearing veins from the La Portilla Larga prospect. Several generations of slickensides (reactivations) on fault plane can be observed. Southern ridge of the La Codosera Syncline

Implicaciones del modelo "dominó" en la exploración de yacimientos minerales de la zona

El modelo geométrico en dominó que presentan las fallas tardihercínicas en el flanco sur del sinclinal de La Codosera tiene importantes implicaciones metalogénicas (figs. 1 A y 3). Estas fallas cuando tienen direcciones N-S muestran poco desplazamiento lateral de las capas. Por el contrario, el desplazamiento dextrorso aumenta considerablemente (hasta unos 1000 m de desplazamiento horizontal) a medida que las fallas rotan a direcciones NW-SE. Para acomodar la deformación durante la progresiva rotación pueden generarse varios sistemas de fallas antitéticas (e.g. WNW-ESE y NNW-SSE, reconocidas por Mc Gowan 1991).

La disposición geométrica de fallas según un modelo dominó ha sido estudiada por diversos autores; por ejemplo, en relación con deformación de tipo extensional (Wernicke y Burchfiel 1982) o de tipo desgarre (McKenzie y Jackson 1986, Ron *et al.*, 1984, Garfunkel y Ron 1986). Estos modelos contemplan la formación de bloques rígidos fallados y a medida que los bloques rotan, la relación desplazamiento/espesor aumenta produciéndose un estiramiento ("decollement") a lo largo del límite de la zona de falla o cizalla frágil (fig. 3). En el caso A (fig 3) al rotar bloques

rígidos, la relación desplazamiento/espesor aumenta produciéndose estiramiento a lo largo del límite de la zona. Hay incompatibilidad de espacio entre bloques rotados y no rotados, siendo necesarios "gaps" o solapes en los límites de la zona. En el área de La Codosera, aunque es posible algún despegue en la parte sur del Sinclinal, éste no es suficiente como para acomodar el estiramiento producido por los bloques rotados. En el caso B (fig. 3) los bloques rotados pueden estar pinzados hacia los límites de la zona desarrollándose solapes entre ellos, los cuales se acomodarían por extensión y deformación dentro de los bloques (McKenzie y Jackson 1986).

En el caso de La Codosera (C, fig 3), los bloques rotados se extienden paralelamente a las fallas antitéticas y se adelgazan perpendicularmente a ellas. ($t' < t$, siendo t' el espesor del bloque rotado y t el del bloque no rotado -fig 3 C-). De esta forma, es posible mantener condiciones de cizalla simple en los bordes de la zona y continuidad con los bloques no rotados. Los bloques rotados pueden engrosar en la vertical para así acomodar la reducción de anchura, lo cual es característico de un régimen transpresivo (Sanderson *et al.*, 1991).

Los mecanismos de acomodación de extensión, que se producen en los bloques rotados entre las fallas antitéticas, tienen gran interés en el control estructural de las mineralizaciones auríferas del área. Las zonas en las que puede localizarse una determinada concentración mineral están relacionadas con las proximidades a las fallas que sufren mayor rotación y que consiguientemente presentan mayores desplazamientos (fig. 3 C). En estas zonas se produce una transferencia de extensión, dando lugar a cataclisis y a un importante desarrollo de venas de cuarzo de orientación preferente NW-SE, aunque también hay venas de orientaciones NNE y NE-SW (figs. 3C y 4A). Igualmente se favorece un mayor flujo hidráulico y si las condiciones físico-químicas son idóneas se puede producir una determinada concentración mineral. Por consiguiente, desde un punto de vista metalogénico, este modelo puede explicar la variación en la localización y concentración de las mineralizaciones auríferas.

En un modelo de bloques rígidos de este tipo se generan espacios libres o zonas de dilatación entre bloques, que pueden ser zonas favorables para la localización de mineralizaciones. También van a ser zonas potencialmente favorables los "pull-aparts" que se pueden generar en determinadas estructuras (fallas antitéticas NW-SE y sintéticas NE-SW, fig 3 C).

Se ha calculado la orientación de los tensores de esfuerzo a partir de las orientaciones de las venas mineralizadas del sector sur del sinclinal de La

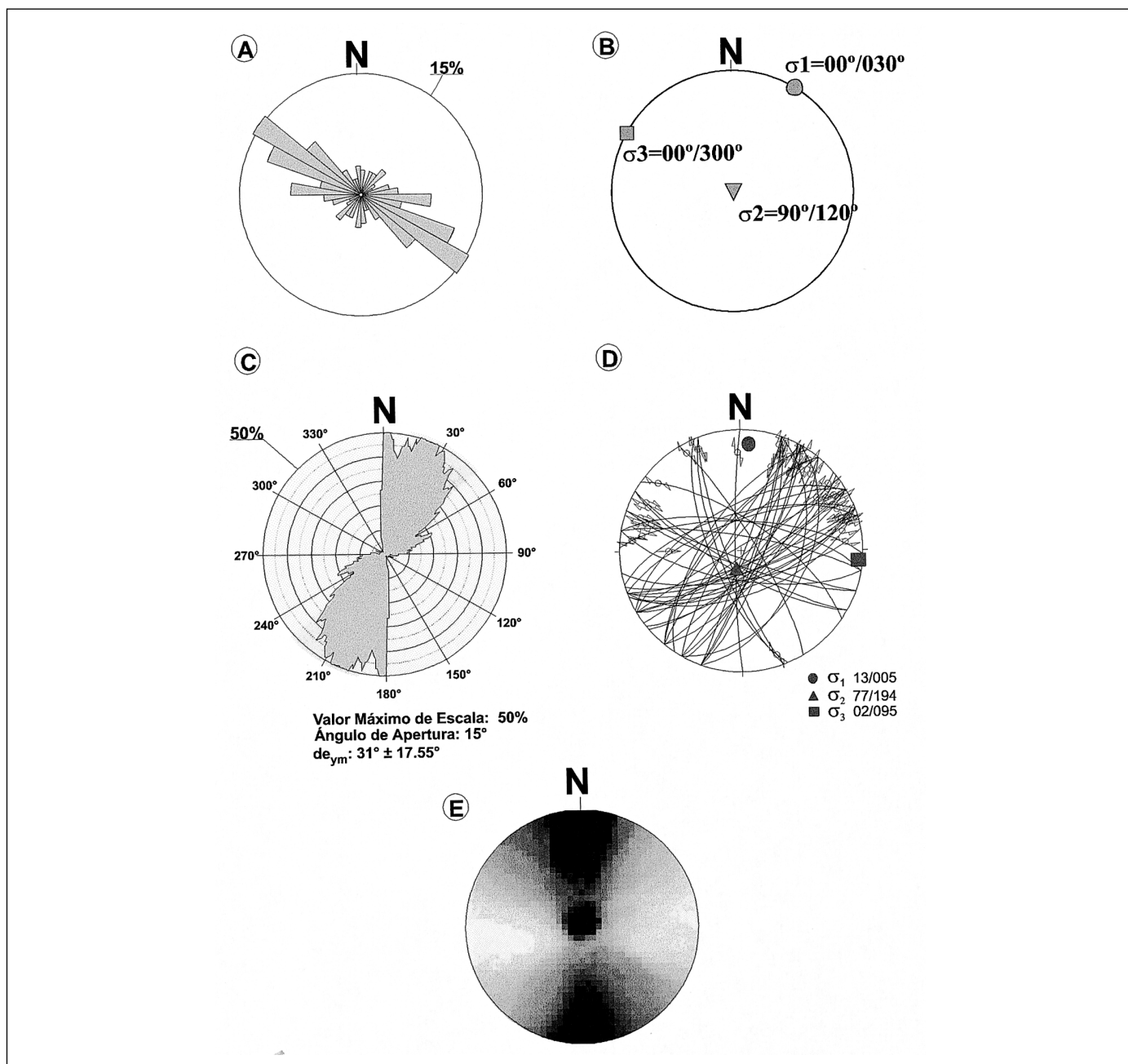


Fig. 4. Análisis geométrico y tensorial de fallas y venas mineralizadas en el área de La Codosera.

A) Diagrama en rosa de orientaciones de venas mineralizadas (n = 172 venas).

B) Orientación media del tensor de esfuerzos ($\sigma_1=00^\circ/030^\circ$, $\sigma_2=90^\circ/120^\circ$ y $\sigma_3=00^\circ/300^\circ$) calculado a partir de las orientaciones de las venas mineralizadas.

C) Dirección media de máximo acortamiento horizontal ($de_{ym} = 31^\circ \pm 17.55^\circ$) obtenida a partir de la aplicación del Modelo de Deslizamiento (Reches, 1983; De Vicente, 1988) a las fallas con estrías que se han encontrado en la zona.

D) Planos de fallas, estrías y tensores de esfuerzo ($\sigma_1=13^\circ/005^\circ$, $\sigma_2=77^\circ/194^\circ$ y $\sigma_3=02^\circ/095^\circ$), diagrama de Angelier.

E) Diagrama de diedros rectos (n = 53 fallas).

Fig. 4. Geometric and stress tensor analysis from faults and mineralized veins at La Codosera area

A) Mineralized vein orientations rose-diagram (n = 172 veins).

B) Mean orientation of stress tensor ($\sigma_1=00^\circ/030^\circ$, $\sigma_2=90^\circ/120^\circ$ and $\sigma_3=00^\circ/300^\circ$) calculated from mineralized vein orientations.

C) Mean orientation of the maximum horizontal shortening ($de_{ym} = 31^\circ \pm 17.55^\circ$) from the application of the Slip Model (Reches, 1983; De Vicente, 1988) to the striae faults.

D) Fault planes, slickensides and stress tensor ($\sigma_1=13^\circ/005^\circ$, $\sigma_2=77^\circ/194^\circ$ and $\sigma_3=02^\circ/095^\circ$) Angelier diagram.

E) Right dihedral diagram (n = 53 faults).

Codosera, considerando que éstas son fracturas modo I y II (según Pollard y Segal, 1987) o una combinación de ambas. Para el cálculo se ha utilizado el programa Joints (vs. 1.10, de Rincón y Jurado, 1998) así como un programa para el cálculo de diagramas E/K' (De Vicente, 1988). La orientación media del tensor de esfuerzos calculado ($\sigma_1=00^\circ/030^\circ$, $\sigma_2=90^\circ/120^\circ$ y $\sigma_3=00^\circ/300^\circ$ - fig. 4 B) explica la mayor parte de las venas medidas (150 de 172), y es congruente con la dirección media de máximo acortamiento horizontal ($\text{de}_{\text{vm}}=31^\circ \pm 17.55^\circ$ -fig. 4 C-) obtenida a partir de la aplicación del Modelo de Deslizamiento (Reches 1983; De Vicente 1988) a las fallas con estrías que se han encontrado en la zona.

La aplicación conjunta de otros métodos de análisis poblacional de fallas, como el de los Diedros Rectos (Angelier y Mechler 1977) y el de Angelier (Angelier 1984, 1989) a la población de fallas con estrías, ha permitido calcular también las orientaciones de los ejes de esfuerzo ($\sigma_1=13^\circ/005^\circ$, $\sigma_2=77^\circ/194^\circ$ y $\sigma_3=02^\circ/095^\circ$ -fig. 4 D-) corroborando que son congruentes con los obtenidos a partir de las venas, y que los tensores relacionados con las fallas y los asociados con el emplazamiento de las venas mineralizadas en Au corresponden a ejes de esfuerzos de tipo desgarre (σ_1 y σ_3 subhorizontales y σ_2 vertical -figs. 4 B/D/E -).

Las orientaciones de los ejes de esfuerzo y la dirección del máximo acortamiento horizontal NE-SW (hacia la ZCBC) son del mismo orden de magnitud que las obtenidas para otros grupos filonianos mineralizados en otras áreas próximas de Extremadura (e.g. las mineralizaciones de W-Sn asociadas a la Banda de Cizalla de Montánchez, -Gumiel *et al.* 2001). Por otra parte, la orientación del tensor medio de esfuerzos obtenido en el área de La Codosera justifica que predominen las estructuras mineralizadas de dirección NW-SE (fig. 4 A), que además coinciden con la dirección de máxima extensión horizontal (e_x -fig. 3 C-). La reactivación tardihercínica de estructuras de extensión (fallas) que se originaron en una etapa de deformación previa es fundamental para la circulación de fluidos mineralizadores, lo que se produciría en un régimen transpresivo que afectó a toda la zona.

Por último, hay que recordar que las principales áreas con mineralizaciones de oro (Roberts *et al.*, 1991), incluida la mina de antimonio de San Antonio (Gumiel y Gallego 1991) están situadas en las proximidades, o en estructuras de segundo orden asociadas a las principales fallas NW-SE antitéticas que muestran fuertes desplazamientos (fig. 1 A). Un factor importante para la canalización y el flujo de fluidos

mineralizadores a través de las fallas es la conectividad de estas estructuras con la zona de cizalla principal (ZCBC).

Agradecimientos

Agradecemos a D. J. Sanderson y S. Roberts los comentarios y sugerencias que han enriquecido el trabajo. Parte de los datos fueron obtenidos a partir del proyecto financiado por la CEE (MA1M-0032-C) y de varios proyectos de investigación minera financiados por el IGME.

Referencias

- Abalos, B. 1989. Structural Geology of the Ribera del Fresno window (Badajoz-Córdoba Shear Zone). *Rev. Soc. Geol. España*, 2, 103-112.
- Abalos, B. y Eguiluz, L. 1990. El corredor blastomilonítico de Badajoz-Córdoba: un complejo orogénico de subducción/colisión durante la Orogenia Pan-Africana. Cinemática, dinámica e historia de levantamiento del apilamiento de unidades tectónicas. *Geogaceta*, 7, 71-73.
- Angelier, J. 1984. Tectonic analysis of fault slip data sets. *Jour. Geophys. Res.*, 89 (7), 5835-5848.
- Angelier, J. 1989. From orientation to magnitudes in paleostress determination using fault slip data. *Journal of Structural Geology* 11 (1/2), 37-50.
- Angelier, J. y Mechler, P. 1977. Sur un méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. Géol. France* 7, 1309-1318.
- Burg, J. P., Iglesias, M., Laurent, P. H., Matte, P. H. and Ribeiro, A. (1981): Variscan intercontinental deformation: The Coimbra-Córdoba shear zone (SW Iberian Peninsula). *Tectonophysics* 78, 161-177.
- Campos, R. y Gumiel, P. 1990. Estudio gravimétrico en Extremadura, (Zonas de La Codosera-Alburquerque y Albalá) y su aplicación a la exploración de yacimientos minerales. *Bol. Geol. Min.*, 101-1, 122-134.
- De Vicente, G. 1988. Análisis poblacional de fallas. El sector de enlace Sistema Central-Cordillera Ibérica. *Tesis Universidad Complutense*. Madrid, 331 pp.
- Diez Balda, M. A. 1986. El Complejo esquistograuváquico, las series paleozoicas y la estructura hercínica al Sur de Salamanca. *Acta Salmant. Sec. Ciencias. Salamanca* 52, 1-162.
- Diez Balda, M. A., Martínez Catalán, J. R., González Lodeiro, F. e Iglesias, M. 1977. La deformación Hercínica en los materiales Paleozoicos y Precámbricos al sur de Salamanca. *Studia Geologica* 12, 91-108.
- Diez Balda, M.A., Vegas, R. y Gonzalez Lodeiro, F. 1990. Structure. Part IV Central Iberian Zone. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Eds Dallmeyer, R.D. y Martinez Garcia, E. *Springer Verlag, Berlin*, 172-188.

- Garfunkel, Z. y Ron, H. 1985. Block rotation and deformation by strike-slip faults 2. The properties of a type of macroscopic discontinuous deformation. *Journal of Geophysical Research* 90, 8589-8602.
- Gumiel, P. y Gallego, M. 1991. Other prospects. In: *Development of new multi-disciplinary techniques for mineral exploration in several areas of the western Iberian Peninsula*. Eds. P. Gumiel, C. Antón-Pacheco y R. Campos. *Publicaciones Especiales del Bol. Geol. Min.*, 43-54.
- Gumiel, P. y Campos, R. 2001. Transpresión en el segmento norte de la Zona de Cizalla de Badajoz-Córdoba y su influencia en la localización de las estructuras con mineralizaciones de oro del área de La Codosera. *Junta de Extremadura. Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas*, 1-21 (D.L.CC.110.2001).
- Gumiel, P., Campos, R., González-Casado J.M. y Giner J. 2001. Análisis de la deformación en la Banda de Cizalla de Montánchez mediante el estudio de venas mineralizadas asociadas. *Rev. Museo Geológico de Mérida* (Libro Homenaje a D. Francisco Hernández-Pacheco), 6.
- McGowan, J.A. 1991. Hercynian Transpressional tectonics at the southern margin of the Central Iberian Zone, Western Spain. *Unpublished Ph.D thesis*. University of Southampton, 210 p.
- McKenzie, D. y Jackson, J. 1986. A block model of distributed deformation by faulting. *Journ. Geol. Soc. London* 143, 349-353.
- Oen Ing Soen 1970. Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal. *Bol. Geol. Min.*, 81, 271-98.
- Ortega, E. 1988. Geology and metallogeny of the Almaden area, Centro-Iberian Zone, Spain. In *Second European Workshop on Remote Sensing in Mineral Exploration*. CEC Report EUR 11317, 145-173.
- Pollard, D. D. y Segall, P. 1987. Theoretical displacements and stresses near fractures in rock: with applications to faults, joints, veins, dikes and solution surfaces. In: *Fracture Mechanics of rock*, Academic Press, Atkinson B.K. Ed. 277-349.
- Reches, Z. 1983. Faulting of rocks in three-dimensional strain fields II. Theoretical analysis. *Tectonophysics* 95, 133-156.
- Ribeiro, A., Quesada, C. y Dallmeyer, R.D. 1990. Geodynamic evolution of the Iberian Massif. Part VIII. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (eds Dallmeyer, R.D. & Martínez García, E.). *Springer Verlag*, Berlin, 399-410.
- Rincón, P. J. y Jurado, J.L. 1998. Programa Joints (vs 1.10) (no public.).
- Roberts, S., Sanderson, D.J., Gumiel, P. y Dee, S. 1991. Tectonic and fluid evolution of auriferous quartz veins from the La Codosera Area, SW Spain. *Economic Geology*, 86, 1012-1022.
- Ron, H., Freund, R., Garfunkel, Z. y Nur, A. 1984. Block rotation by strike-slip faulting: structural and paleomagnetic evidence. *Journal of Geophysical Research*, 86, 6256-6270.
- Sanderson, D.J., Roberts, S., Mc Gowan, J.A. y Gumiel, P. 1991. Hercynian transpressional tectonics at the Southern margin of the Central Iberian Zone, West Spain. *Journ. Geol. Soc. London*, 148, 893-898.
- Wernicke, B. y Burchfiel, B.C. 1982. Modes of extensional tectonics. *Journal of Structural Geology*, 4, 105-115.

Recibido: Junio 2001

Aceptado: Agosto 2001