

LAS REDES DE DRENAJE DE LOS RÍOS ALBERCHE Y GUADARRAMA COMO INDICADORES ESTRUCTURALES DEL SISTEMA CENTRAL ESPAÑOL

C. Martín Escorza *

RESUMEN

Utilizando una metodología semicuantitativa, las redes de drenaje de los ríos Alberche y Guadarrama ponen de manifiesto que existen alineaciones circulares sobre las rocas graníticas y metamórficas de la Cordillera Central, cuya presencia hasta ahora se había detectado por análisis de imagen de satélite. Tales alineaciones se sitúan en el subsistema geológico de la Sierra del Guadarrama, en donde coexisten con alineaciones rectas ya conocidas. En el subsistema occidental, la Sierra de Gredos, se detectan alineaciones rectas. Las estructuras circulares de la Sierra de Guadarrama tendrían su origen en relación con procesos geodinámicos todavía desconocidos, ocurridos con posterioridad a la Orogenia Hercínica, pero antes del Oligoceno.

Palabras clave: *Redes de drenaje, alineamientos circulares, Sistema Central español.*

ABSTRACT

The network of the Alberche and Guadarrama rivers, obtained by a semiquantitative method, shows that on the granitic and metamorphic rocks of the Spanish Central System exist circular alignments, until now detected by analysis of satellite image. Such alignments are located in the sub-geological system of the Sierra de Guadarrama, and they coexist with to already known rectilinear alignments. In the sub-western system, Sierra de Gredos, are detected rectilinear alignments. The circular structures of Sierra de Guadarrama would have a relationship to geological processes still unknown after the Hercynian Orogeny but before of the Oligocene.

Key words: *River networks, circular alignments, spanish Central System.*

Introducción

En las zonas nucleares de la Cordillera Central se ha señalado la existencia de alineamientos de geometría recta y curvada, a partir de su análisis por varios métodos. Diferentes autores, a lo largo de la última mitad del siglo anterior, pusieron de manifiesto que existen impresas en el sustrato de esta zona lineaciones de ambos tipos y con una envergadura de decenas de kilómetros que se han interpretado como accidentes tectónicos principales. La revisión actual de las publicaciones que se han producido sobre el tema pone de manifiesto que en ellas se pueden diferenciar dos tendencias: las que determinaron sobre su cartografía sólo alineaciones rectilíneas y las que

señalaron, además de éstas, la presencia de alineaciones de geometría curva.

En una breve síntesis ambas tendencias están representadas por los siguientes trabajos basados a su vez en distintas metodologías:

Alineaciones rectas

a) Bischof (1975) mediante imágenes de satélite, presenta sus resultados en un mapa a escala ~ 1:1.600.000.

b) Garzón-Heydt *et al.* (1976) a través de las imágenes de satélite. Sus mapas están publicados a escala ~ 1:2.500.000.

* Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC, José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. escorza@mncn.csic.es.

c) Vegas *et al.* (1990) con imágenes de satélite, expresadas en un mapa publicado a escala ~ 1:2.000.000.

d) Sánchez Serrano *et al.* (1996) a partir de los datos de modelos digitales de terreno (MDT). Los mapas están publicados a escala ~ 1:1.000.000.

e) Sánchez Serrano (2000) con características semejantes al anterior.

Alineaciones rectas y curvas

a) Alía (1976, 1978) por medio de imágenes de satélite. Mapas publicados a escala ~ 1:1.200.000.

b) Señaladas en base a varios aspectos morfológicos por Pedraza (1976, 1981) con mapas a escala ~ 1:500.000 y 1:250.000, respectivamente.

c) Martín Escorza (1976, 1980a) obtenidas sobre imágenes de satélite, con mapas publicados a escala ~ 1:500.000 en ambos casos.

d) Ubanell (1977), utilizando imágenes de satélite, con mapas publicados a escala ~ 1:500.000.

e) Alía y Ubanell (1985), a través de las imágenes de satélite, sus mapas se publican a escala aproximada: 1:300.000 (ver fig. 3 del trabajo citado).

Las alineaciones rectas se interpretan por todos los autores citados como correspondientes a fracturas sobre el substrato mismo, o bien como reflejo de elementos de este tipo existentes en el basamento en el caso de las alineaciones sobre sedimentos.

Las alineaciones curvas se han atribuido: a) a la existencia de una megaestructura, la Bóveda Castellano-Extremeña (BCE), de alcance cortical e incluso mantélica, debido a la amplitud que abarca en superficie, con dimensiones hectokilométricas (Alía, 1976, 1978); b) las estructuras anulares de dimensión más reducida detectadas sobre parte de los ríos Jarama y Henares, como debidas a formar parte y ser consecuencia de la evolución de la BCE (Martín Escorza, 1976), o bien producidas en relación con hipotéticas intrusiones tardihercínicas existentes en el interior y que producen en el material suprayacente sistemas de fracturación con tendencia circular en la superficie (Martín Escorza, 1980a); c) las detectadas por Ubanell (1977) se achacan igualmente al cortejo de la BCE; d) en el trabajo de Alía y Ubanell (1985) se señala que, las estructuras curvas en áreas las sedimentarias de la zona NW de la Cuenca de Madrid, son debidas a la existencia de un sistema de fracturación entrecruzado que en superficie da la apariencia curvada, un fenómeno que los autores denominan «curvatura escalonada».

Según se manifiesta en la síntesis anterior, y aunque nunca se haya planteado formalmente como tal, las investigaciones en esta zona reflejan la existen-

cia de un interesante debate acerca de la existencia o no de alineaciones con geometría curvada. El objetivo de este trabajo se sitúa en el marco de esta discusión, y trata de contribuir con nuevos análisis a reforzar la hipótesis de que las alineaciones curvas, circulares o casi circulares, según la escala, son una realidad en estas zonas del centro de la Península Ibérica. En todo caso y como ya se ha expuesto, esta propuesta no es novedosa y, atendiendo a los trabajos realizados en otras zonas, tampoco puede ser considerada como excepcional y ni mucho menos anómala.

Ante la falta de un modelo que responda a las cuestiones planteadas de cuándo y por qué se pudieron originar las alineaciones curvas, en este trabajo se intenta señalar, lo más analíticamente posible, su existencia, conocer cuáles son y esbozar alguna hipótesis sencilla sobre su explicación.

Rasgos geológicos principales de la zona

Las redes de drenaje de los ríos Alberche y Guadarrama fluyen sobre dos tipos de substratos bien diferenciados: el del conjunto de rocas ígneas y metamórficas que básicamente constituyen la Cordillera Central y sus grandes plataformas morfológicas adyacentes; y el conjunto sedimentario constituido aquí por depósitos principalmente de tipo arcósico que forman parte del área occidental de la Cuenca cenozoica de Madrid.

Ambos conjuntos se encuentran separados nítidamente en estas áreas por la falla, de tipo inverso, que desde el SW, en las proximidades de Talavera de la Reina se prolonga hacia el NE, hasta más allá de Torreldones, definiendo un accidente tectónico casi recto de unos 400 km de longitud: la Falla de Talavera-Torreldones (FTT) ya conocida como inversa desde Royo Gómez (1934), aunque su significado y amplitud no sería reconocido hasta pasados unos cuarenta años (ver Pedraza, 1981). La actividad de la FTT es postdepósito arcósico neógeno, ya que le afecta hasta los niveles más superiores, pero parece que su cinemática es compleja, pues se observa un carácter «progresivo» o al menos en dos etapas (*op. cit.*).

Los dos sistemas fluviales aquí analizados atraviesan la FTT, la red de drenaje del Alberche a su paso por la falla dibuja una apretada forma en vértice que mereció un detallado estudio por Pedraza (1976); el Guadarrama pasa por encima de la FTT sin denotar especial complicación a la observación de superficie, aunque sí refleja el accidente en secciones verticales (Martín Escorza, 1987).

En la figura 1 se han representado la red de drenaje de ambos ríos y se han superpuesto, en sombrea-

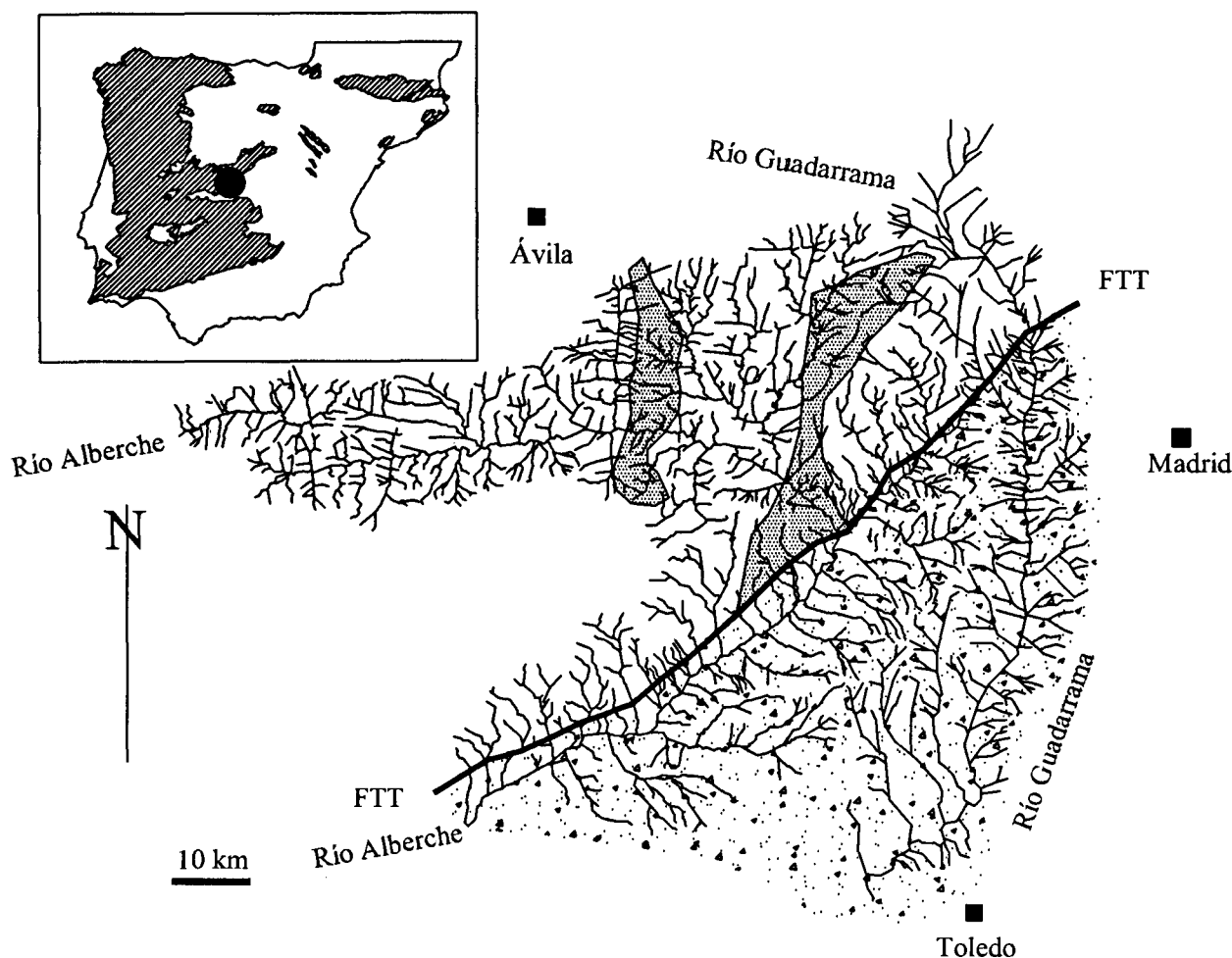


Fig. 1.—Redes de drenaje de los ríos Alberche y Guadarrama, representadas por los tramos rectos básicos que las componen, obtenidos a partir de los mapas a escala 1:100.000. Este diagrama contiene 4.117 de dichos tramos. La traza de la Falla Talavera-Torreldones (FTT) separa los conjuntos arcósicos, al Sur, que forman en esta área la Cuenca cenozoica de Madrid, de los granitos y rocas metamórficas de la Cordillera Central. En sombreado los dos afloramientos más notables de rocas metamórficas; el área granítica se ha dejado «en blanco»; y con una trama de puntos y polígonos se indica el área arcósica.

do, los dos afloramientos de rocas metamórficas más importantes existentes en el área: el de Cebreros–La Cañada, y el de Aldea del Fresno–El Escorial, ambos con su dimensión mayor orientada NS.

En la zona que abarcan ambos sistemas fluviales existe una pequeña cuenca sedimentaria en la cabecera misma del río Alberche, que no figura en los mapas de síntesis amplios, pero que ya fue mencionada y estudiada por Ubanell (1975).

Metodología

Los datos de inicio para la elaboración de las redes de drenaje de ambos ríos (Alberche y Guadarrama) parten de los ya obtenidos para su análisis morfológico por Martín Escorza

(1987) y Martín Escorza *et al.* (1992). En ambos casos se continuó con el método ya expuesto en 1987 y que ha sido aplicado después también a otros sistemas fluviales de la Península Ibérica (Alcalá y Martín Escorza, 1990; Martín Escorza, 1999). Consiste básicamente, en que sobre el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:100.000 se van trazando los segmentos rectos más cortos posibles que definen la red fluvial. A dichos segmentos los denominaremos segmentos rectos básicos (*srbs*).

Una vez realizada esta «poligonización» máxima, se van registrando las coordenadas de los extremos de cada segmento definido. La base de datos así formada puede enriquecerse con otro tipo de anotaciones como son: la cota de los puntos extremos, su «orden» jerárquico en el sentido de Strahler (1954) y el tipo de roca en el que se encuentra, etc. Introducidos estos datos en un sistema informático, se pueden ejecutar sobre ellos variados tratamientos por software ya elaborado o bien diseñado expresamente con programas propios, como, por ejemplo, se hizo para los casos citados.

La elección de los mapas a escala 1:100.000 para elaborar estos registros permite mantener un nivel alto de información

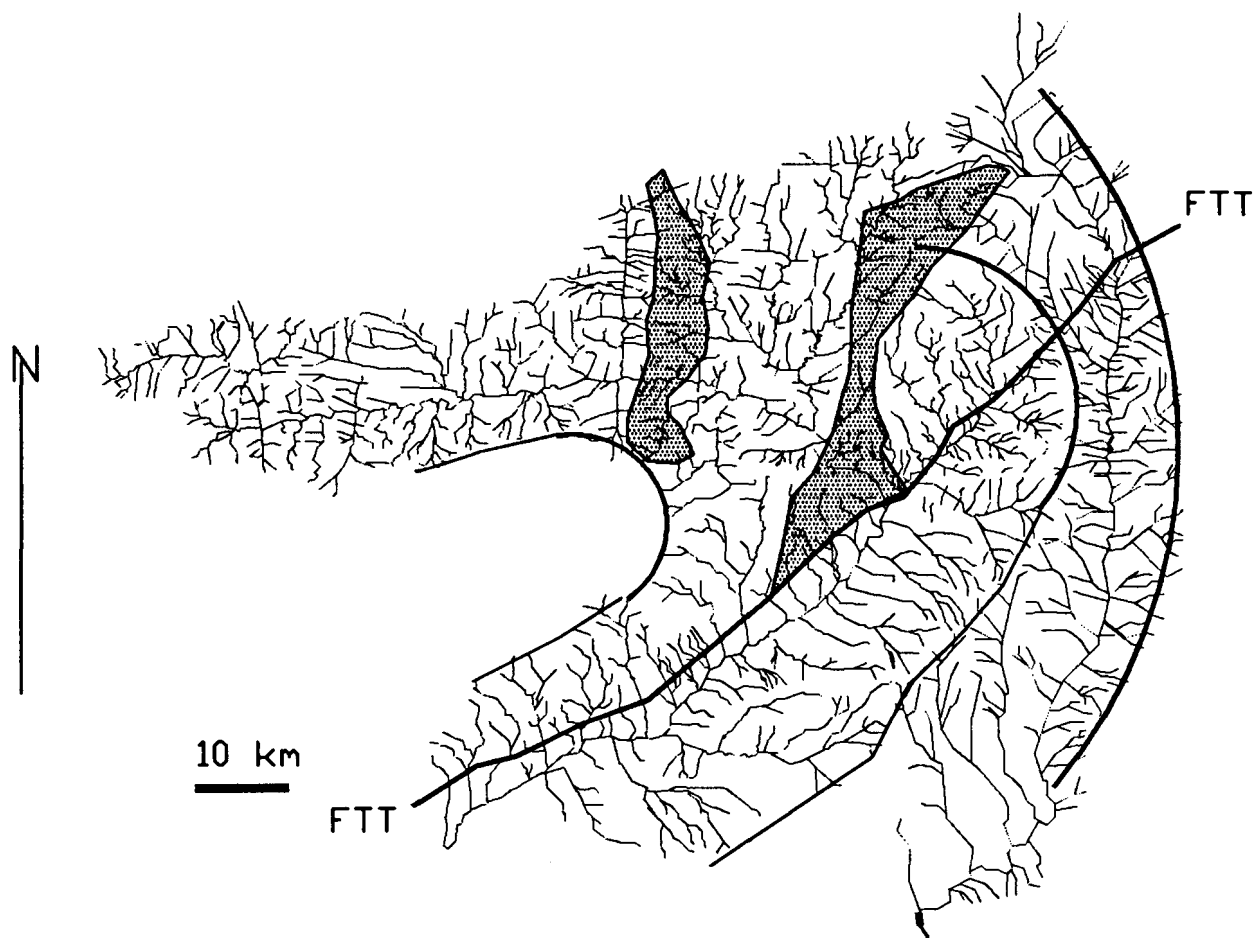


Fig. 2.—Alineaciones curvas y circulares que se detectan en ambas redes fluviales (Albarche y Guadarrama) a partir de sus bordes externos o divisoria de aguas.

respecto a la escala 1:50.000, y elaborar una toma de datos no demasiado tediosa, ya que el proceso se hace manualmente.

Para este trabajo, con la representación gráfica de las redes fluviales en pantalla y utilizando software adecuado, en este caso el Auto CAD, se pudieron ajustar con error mínimo las figuras rectas y circulares que aquí se exponen, además de poder obtener también con error mínimo, los datos dimensionales de dichas figuras. En este apartado queda de nuevo justificada la elección de la escala 1:100.00, ya que el análisis se hace con diagramas que tienen suficiente riqueza y densidad textural de los *srb*, lo cual permite detectar la presencia de alineaciones (acerca del significado de este término la discusión se amplía en O'Leary *et al.*, 1976).

Resultados

Este trabajo se ha dirigido a la búsqueda de elementos tectónicos con escala deca-kilométrica, discernibles en la cartografía de la red de drenaje analizada. Esa búsqueda se ha hecho detectando, más que

los mismos elementos tectónicos, su manifestación superficial a través del entramado que se obtiene con los *srb*. Es decir, se buscan diseños estructurales interpretables como debidos a procesos dinámicos profundos que se han reflejado en el dibujo que se obtiene con la cartografía detallada de los tramos que componen estas redes fluviales, ya que, como es bien conocido, la erosión y el trazado de las mismas es muy «sensible» a la presencia de rasgos estructurales a veces muy difíciles de detectar de otra manera.

Alineaciones definidas por los límites de las cuencas fluviales

Dichos límites coinciden con las divisorias de aguas de las cuencas de drenaje, y como se observa en la figura 2:

a) La cuenca fluvial del Alberche está delimitada por dos arcos en sus áreas occidental y oriental, que definen una bisectriz con orientación aproximada según SW-NE, paralela o casi paralela, a la que tiene en la zona la FTT. Estos arqueamientos están definidos por la envolvente que une los extremos de los tramos externos que componen su red fluvial. El curso principal del río también define este arqueamiento, aunque llega a desviarse, precisamente en el ápice, de la curva hacia el sur, «atraído» como parece por la línea FTT. En el «núcleo» central del arco cóncavo occidental la curva es un círculo cuyo radio es de ~ 20 km. También el arco convexo oriental es un círculo que tiene de radio ~ 55 km.

b) El borde oriental de la red del río Guadarrama presenta un arqueamiento convexo que envuelve la mayor parte de su perímetro exterior, que se define casi paralelo al occidental. Este gran arco oriental externo define una estructura circular con radio de ~ 115 km.

c) Además de los tres grandes arqueamientos señalados definidos por los bordes de los perímetros de estas cuencas fluviales (o sea, sus divisorias de aguas), se pueden señalar otros elementos estructurales lineales y curvos. En la figura 2 se han dibujado diferenciados en dos tipos: los lineamientos rectos y los curvos.

Alineaciones detectadas por la utilización de filtros

A partir de las coordenadas de los extremos de cada *srb* ($x_i, y_i; x_f, y_f$) se dispone implícitamente, mediante cálculo, de la orientación de cada uno de esos segmentos. Disponemos así de la posibilidad de seleccionar aquellos *srb* que tengan una orientación dada o cuyo valor esté dentro de un intervalo. En nuestro caso se han seleccionado tres conjuntos distintos de *srb* en función de su orientación:

a) Los que tienen un valor dentro del intervalo centrado en la dirección NS y se desvían de ella $\pm 30^\circ$. El resultado de ello se muestra en la figura 3.a'.

b) Los que tienen su orientación en el intervalo centrado en 60° (o 240°) y se desvían de ella $\pm 30^\circ$. El resultado es la figura 3.b'.

c) Los que tienen su orientación en el intervalo centrado en 120° (o 300°) y varían de él $\pm 30^\circ$. El resultado es la figura 3.c'.

Como se ve, las figuras 3.a', 3.b' y 3.c' son distintas entre sí. La superposición de las tres da lugar a la trama total, a la red fluvial completa de ambos ríos como se representa en las figuras 1 y 2. Así diferenciadas, sin embargo, sólo parecen mostrar en

común la forma del perímetro que las envuelve. Dentro de él los *srb* seleccionados en cada caso dibujan una trama diferente, como si cada uno de ellos fuera el resultado de la misma red, pero con diferentes puntos de vista propios y distintos. Esta variabilidad es consecuencia de haber aplicado los filtros direccionales.

En cada caso la trama obtenida nos evidencia alineaciones de geometría recta y curva que se destacan más nítidamente por medio de estas observaciones y se evidencian elementos que son difícil de ser detectados desde las figuras que recogen a todo el conjunto.

Es interesante observar cómo en cada caso se resaltan alineaciones que tienen características distintas. En las figuras 3.a', 3.b' y 3.c' se señalan las que considero son más notables. Su visualización se hace por medio de tres rasgos principales:

1. Alineación de varios trazados rectos o casi rectos que señalan en conjunto una alineación recta de varios kilómetros que deben corresponder a fracturas. Son el caso de las que tienen orientación NS en 3.a' y de las NNE-SSO en 3.b' y las NE-SO, NNO-SSE en 3.c'.

2. Alineación manifiesta por la unión de los bordes de «bandas» dentro de las cuales se observa una mayor densidad de *srb*. Se detectan bien en 3.a' y en 3.b'.

3. Alineaciones curvadas. Están presentes en los tres diagramas. Y en 3.c' se muestran formando círculos cerrados.

Discusión

La mayoría de los trabajos que se han referido a la fracturación de estas zonas de la Cordillera Central han utilizado imágenes de satélite. En ellas se pueden observar alineaciones y lógicamente son las que se han interpretado de forma habitual como las que definen en cada caso la existencia de una fractura. Esta metodología es correcta, sin embargo tiene, obviamente, sus limitaciones que ya son conocidas y en diferentes ocasiones mencionadas; se refieren principalmente a la propia definición de las imágenes, a su escala y al criterio selectivo del analista que las estudia. Todo ello da explicación al hecho de que en esta misma zona se hayan publicado croquis, diagramas o resultados distintos, como ocurre en otras muchas áreas del planeta estudiadas por este método.

La utilización de los tramos de drenaje, como se ha hecho en este trabajo, aunque ellos sean densos y numerosos, tampoco se exime de limitaciones. En efecto, es cierto que en estas rocas es habitual con-

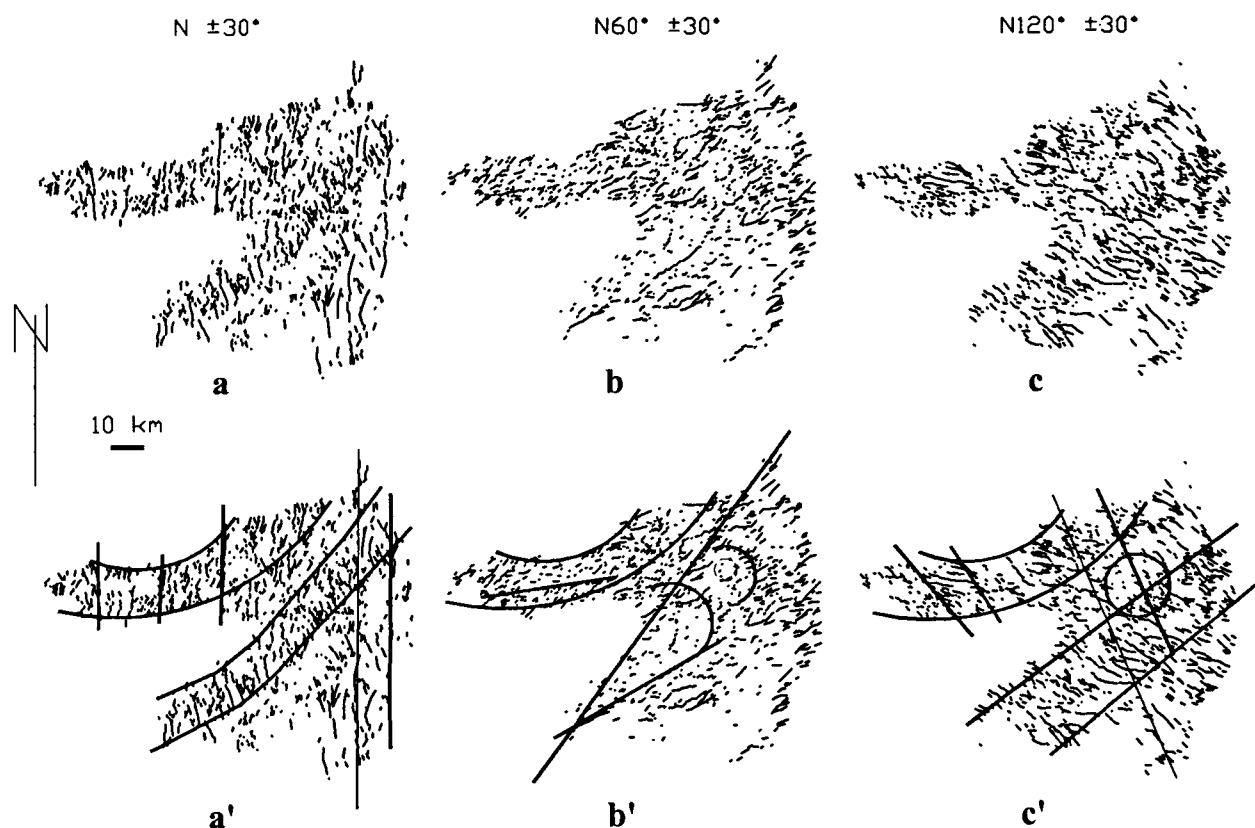


Fig. 3.—Las redes del Alberche y Guadarrama con los segmentos que la componen filtrados según sus direcciones en intervalos de 60° . En (a), los segmentos centrados en la orientación $NS \pm 30^\circ$; en (b) los que se encuentran en el intervalo centrado en $60^\circ \pm 30^\circ$; y en (c) los centrados en 120° (y 300°) $\pm 30^\circ$. En (a'), (b'), (c') se representan estos mismos filtrados de líneas con las estructuras rectas, curvas y circulares principales que dibuja su trama.

siderar que la red fluvial es «sensible» a la fracturación y aprovecha sus planos para erosionar y fluir; pero también hay otras fracturas sobre las mismas rocas que no quedan detectadas por las redes fluviales, por lo que las alineaciones que ellas puedan manifestar no tienen por qué ser completas. Quizá se pueda decir que las observables son las que están, pero también puede haber otras.

La ventaja de esta metodología está basada en la calidad y fiabilidad que ofrecen los mapas sobre los que se han tomado los datos; es decir, las más recientes ediciones del Servicio Geográfico del Ejército, que permiten reproducir el estudio en cualquier otro laboratorio o analista sin que deban obtenerse resultados muy diferentes.

En cualquier caso, no vale la pena contraponer las dos metodologías. Ambas son utilizables y damos por cierto que necesarias, pues pueden dar puntos de vista distintos de una misma zona, como, asimismo, pueden obtenerse por análisis a través de MDT y otros métodos.

La presencia de estructuras circulares, por ser quizá las más controvertida, sea la que necesite más de métodos que dependan menos de la interpretación personal del analista; por ello, los métodos semicuantitativos, como el aplicado aquí, pueden ser los más favorables, aunque ninguno estará exento de crítica.

¿Cuándo se formaron?

Las estructuras circulares aquí señaladas se definen sobre rocas graníticas y metamórficas que en ningún caso muestran tener una fábrica o textura interna producida durante la Orogenia Hercínica que haga posible determinar la presencia de estructuras de este tipo circular y de tal amplitud kilométrica sobre tales cuerpos rocosos. Lo que lleva a que su formación tuvo lugar cuando se encontraban dichas rocas ya sólidas y seguramente rígidas. Por otra parte, son cortadas por la FTT, como sucede

aquí a lo largo del borde sur y más al NE sobre estructuras también circulares ya mencionadas; y también son cortadas por las fallas del borde norte de la Cordillera.

Las fallas inversas que les cortan tanto en el borde sur como en el norte de la Cordillera Central habrían actuado al menos en el Mioceno inferior-superior (Capote *et al.*, 1990; Calvo *et al.*, 1991). Pero también dichas estructuras curvadas son cortadas por las de los rígidos borde de la cuenca de Amblés, al oeste de Ávila, originadas durante el Eoceno-Oligoceno junto con otras interiores a la Cordillera (Portero García y Aznar Aguilera, 1984), aunque la fauna encontrada en esos depósitos indican al menos una edad Oligoceno medio (Garzón Heydt *et al.*, 1981).

Es decir, que son estructuras presentes al menos desde el Oligoceno, quizá aun más antiguas, relacionadas con la compleja evolución geodinámica que desde el pre-Cenozoico al Eoceno tiene que ver con los movimientos de Iberia respecto a Eurasia (Vegas *et al.*, 1990).

¿Donde se forman?

Parece establecerse que la Sierra de Gredos está estructurada en grandes bloques romboidales o rectangulares (Vegas *et al.*, 1986, 1990; Martín Escorza, 1987). Y también parece manifiesto que a partir del límite oriental de Gredos, es decir, en su difuso entronque con la Sierra del Guadarrama, es donde se señalan estructuras curvadas a circulares.

Ambos subsistemas geológicos de la Cordillera, la Sierra de Gredos y la Sierra de Guadarrama, ya han sido señalados como diferentes por varios autores. Respecto a su estructuración estas diferencias se citan en Babín Vich y Gómez Ortiz (1997), y en cuanto a su historia geológica se acentúan más desde la aportación de Bruijue y Andriessen (2002).

La diferente disposición estructural y evolución geodinámica de ambas partes de la Cordillera Central deja disponibles los dos grandes tipos de alineaciones visibles en ellas pero separándose: en la Sierra de Gredos dominan las alineaciones rectas, según bloques rómbicos; y en la Sierra de Guadarrama las alineaciones rectas también presentes no llegan a ocultar la existencia de un entramado de estructuras circulares u ovaladas.

Conclusiones

La textura obtenida por el patrón de las redes de drenaje de los ríos Alberche y Guadarrama muestran la presencia de alineaciones rectas, ovaladas y

circulares. Las estructuras curvadas se definen en el substrato granítico-metamórfico de la Cordillera Central y están señaladas por bordes del perímetro de dichas redes o bien por alguna de las subcuencas que las componen.

La sensibilidad de la erosión fluvial hacia las estructuras existentes en las rocas de este tipo pone de manifiesto en esta zona diseños estructurales que deben hacerse corresponder con procesos que les han afectado en el pasado. Tales estructuras están cortadas por las fallas de borde y por las cuencas internas de la Cordillera, por lo que se propone una edad de precenozoica a eocena para la formación de dichas estructuras curvadas, considerando las edades que se han marcado para tales fallas y cuencas, y de acuerdo con procesos que ya han sido mencionados para estas áreas (Alía Medina, 1976, 1978; Portero García y Aznar Aguilera, 1984).

La existencia de las estructuras curvadas a circulares no parece extenderse por toda la Cordillera, su presencia parece ser peculiar de su mitad oriental, principalmente de la Sierra del Guadarrama, mientras que en la parte occidental, la Sierra de Gredos, tiene sus propias estructuras principalmente lineales según bloques romboidales (Vegas *et al.*, 1990).

Con este trabajo quedan expuestas desigualdades estructurales entre ambos conjuntos que son los que componen esencialmente la Cordillera Central. Las propuestas realizadas aquí clarifican algunas cuestiones que estaban difuminadas en diferentes opiniones y abren nuevas perspectivas para seguir investigando sobre ellas. Seguramente de forma más fructífera si, como se viene señalando desde diferentes trabajos recientes, podemos diferenciar no un «Sistema Central» con una historia, sino una Cordillera con dos subsistemas geológicos con evolución e historias propias.

Referencias

- Alcalá, B. y Martín Escorza, C. (1990). Geomorfología estructural del río Mijares (Teruel-Castellón). *1.ª Reunión Nacional de Geomorfología, Teruel, 1990*, pp. 17-26.
- Alía Medina, M. (1976). Una megaestructura de la Meseta Ibérica: la Bóveda Castellano-Extremeña. *Estudios Geol.*, 32: 229-238.
- Alía Medina, M. (1978). Geodinámica de la Meseta Ibérica. *Urania*, 289-290: 25-50.
- Alía Medina, M. y Ubanell, A. G. (1985). La influencia de estructuras tectónicas basamentales en la cobertera: Zona del río Jarama. *R. Acad. Cienc. Exac. Fís. Nat., Madrid*, 79: 635-645.
- Babín Vich, R. y Gómez Ortiz, D. (1997). La tectónica alpina en el borde norte del Sistema Central español y su enlace con la Cuenca del Duero. *Estudios Geol.*, 53: 221-228.

- Bischof, L. (1975). Das Störungsmuster Zentralspaniens nach Auswertungen von ERTS-1-Aufnahmen. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 36: 69-79. +1 Abb.
- Bruijne, C. H. y Andriessen, P. A. M. (2002). Far field effects of Alpine plate tectonism in the Iberian microplate recorded by fault-related denudation in the Spanish Central System. *Tectonophysics*, 349: 161-184.
- Garzón-Heydt, M. G., González Lodeiro, F. y Vegas, R. (1976). Estudio tectónico y microtectónico de la fracturación en un segmento del Sistema Central español. *Stud. Geol. Salmant.*, 10: 7-16.
- Martín Escorza, C. (1976). An Annular structural complex North of Madrid Detected by Landsat images. En: *Thematic mapping, land use, geological structure and water resources in central Spain*. Inst. Geog. Catastral. Madrid, pp. 30-44.
- Martín Escorza, C. (1980a). Las grandes estructuras neotectónicas de la Cuenca cenozoica de Madrid. *Estudios Geol.*, 36: 247-253.
- Martín Escorza, C. (1980b). Cabalgamiento del zócalo granítico sobre la cobertera neógena al este de Villacastín (Cuenca del Duero-Cordillera Central). *Estudios Geol.*, 36: 409-412.
- Martín Escorza, C. (1987). Estructura del río Guadarrama. Implicaciones neotectónicas. *VIII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Actas, pp. 419-425.
- Martín Escorza, C., Paricio, J. y Alcalá, B. (1992). Análisis morfoestructural de la red de drenaje del río Alberche (Meseta Ibérica). En: *Historia Natural'91*. A. Alemany (edit.), pp. 463-471.
- Martín Escorza, C. (1999). Rasgos morfológicos de la Cuenca del Cidacos (Soria-La Rioja). *Kalakorikos*, 4: 213-228.
- O'Leary, D. W., Friedman, J. D. y Pohn, H. A. (1976). Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 87: 1463-1469.
- Pedraza Gilsanz, J. de (1976). Algunos procesos morfogénicos recientes en el valle del río Alberche y Sistema Central español). La depresión de Aldea del Fresno-Almorox. *Bol. Geol. Min.*, 86: 1-12.
- Pedraza Gilsanz, J. de (1981). El borde meridional de la zona de transición entre las Sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Ibérico): evolución morfo-tectónica reciente. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 7: 667-681.
- Portero García, J. M. y Aznar Aguilera, J. M. (1984). Evolución morfotectónica y sedimentación terciarias en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tajo). *V Congreso Español de Geología*, t. 3: 253-263.
- Royo Gómez, J. (1934). Sobre la tectónica de los aluviones dados anteriormente como diluviales. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 34: 82.
- Sánchez Serrano, F., Gómez Ortiz, D., Bergamín de la Viña, J. F. y Tejero López, R. (1996). Identificación de elementos tectónicos del Sistema Central a partir de un modelo digital del terreno. *Geogaceta*, 19: 23-26.
- Sánchez Serrano, F. (2000). *Análisis de la topografía y deformaciones recientes en el centro de la Península Ibérica*. Tesis doctoral. Universidad Complutense. Madrid, 202 págs.
- Ubanell, A. G. (1975). Localización de una depresión terciaria en el curso alto del Alberche (Sistema Central español). *Bol. Geol. Min.*, 86: 478-484.
- Ubanell, A. G. (1977). Modelo de fracturación de la región central española basado en las imágenes obtenidas por satélite. *Stud. Geol. Salmant.*, 12: 195-206.
- Vegas, R., Vázquez, J. T., Suriñach, E. y Marcos, A. (1990). Model of distributed deformation, block rotations and crustal thickening for the formation of the Spanish Central System. *Tectonophysics*, 184: 367-378.

Recibido el 20 de enero de 2003.

Aceptado el 5 de junio de 2003.