

Identificación de elementos tectónicos del Sistema Central a partir de un modelo digital del terreno

Identification of tectonic features in the Spanish Central System by means of a digital elevation model

F. Sánchez Serrano, D. Gómez Ortiz, J. F. Bergamín de La Viña y R. Tejero López.

Dpto. de Geodinámica, Fac. CC. Geológicas, Univ. Complutense de Madrid. 28040 Madrid.

ABSTRACT

A digital elevation model has been used for the identification of tectonic features in the Spanish Central System (Central Spain). An artificial shading image has been carried out choosing the appropriate lighting azimuth to emphasize the structures to be identified. This method allows the recognition of known tectonic features and new ones. This is a useful tool in the interpretation of the Alpine structure of the area.

Key words: *digital elevation model, Spanish Central System, Alpine structure.*

*Geogaceta, 19
ISSN: 0213683X*

Introducción

Un modelo digital del terreno (MDT) es una representación de la topografía de una zona en un formato numérico para su manejo mediante un ordenador. Sirve como base para la elaboración de otro tipo de cartografía (mapas topográficos, mapas de pendientes, sombreados artificiales, etc.). En nuestro caso, hemos utilizado un modelo tipo "raster", que consiste en una malla de datos igualmente espaciados, en la que cada nodo tiene unos valores de X e Y (situación geográfica) y Z (altitud) conocidos. Este modelo, en forma de fichero numérico, se maneja mediante un sistema de información geográfica (SIG), que lo traduce en una imagen (en pantalla o en copia en papel), y permite su tratamiento para dar lugar a los diversos resultados antes mencionados.

El objeto de este estudio es llevar a cabo una interpretación estructural a partir de la morfología del relieve de una amplia zona. La zona escogida para ello (Fig. 1) ha sido el centro de la Península Ibérica, abarcando gran parte del Sistema Central, el borde occidental de la Cordillera Ibérica y parte de las cuencas del Duero y el Tajo.

Metodología

En el caso de nuestro MDT, la elaboración se ha realizado en tres pasos:

digitalización, interpolación y transformación a formato digital. La digitalización se ha llevado a cabo a partir de la cartografía a escala 1:50.000 del Servicio Cartográfico del Ejército (serie L). Se han digitalizado todas las curvas de nivel maestras, y los puntos singulares de cota conocida (vértices geodésicos, fondos de valle, etc.). La densidad media de datos obtenida es de 15 puntos por km², en un área de 75.000 km². A partir de estos datos irregularmente espaciados, se ha interpolado una malla regular, en fragmentos de 900 km², mediante el método "kriging", usando un variograma lineal, con un espaciado de 1.000 metros y un radio de búsqueda de 15 km dividido en octantes. La malla obtenida se ha sometido a un suavizado por intercalación de nodos, hasta alcanzar una resolución de 250 metros. El resultado se ha transformado a formato SIG raster, reuniéndose en un solo archivo de 802 filas por 1201 columnas, con una resolución espacial de 250 metros. El SIG utilizado ha sido IDRISI for Windows 1.0.

El modelo digital del terreno permite su tratamiento para la obtención de diversos tipos de información georreferenciada, basada en los datos topográficos. Uno de ellos, el de mayor impacto visual, es la elaboración de imágenes de sombreado artificial, en las que se simula el efecto de una superficie topográfica iluminada desde una fuente cuyo azimut y elevación puede elegirse

en función de los elementos del relieve que quieran ser resaltados. La imagen resultante resalta los rasgos fisiográficos del relieve por medio de diferentes grados de iluminación, representados gráficamente mediante una escala de grises. Los rasgos morfológicos que mejor se resaltan son los que presentan una orientación oblicua a la dirección de la iluminación. Mediante técnicas de tratamiento de imagen (estiramiento del histograma) se puede mejorar su contraste para conseguir una mejor representación visual (Fig. 2).

Interpretación

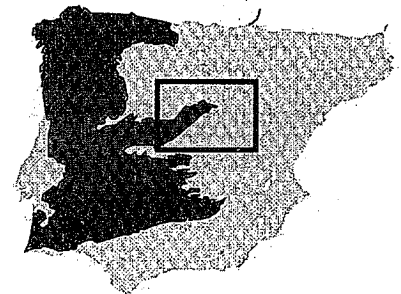


Fig. 1.- Situación del área de estudio. En gris oscuro el Macizo Ibérico.

Fig. 1.- Situation of the study area. Dark grey: Iberian Massif.

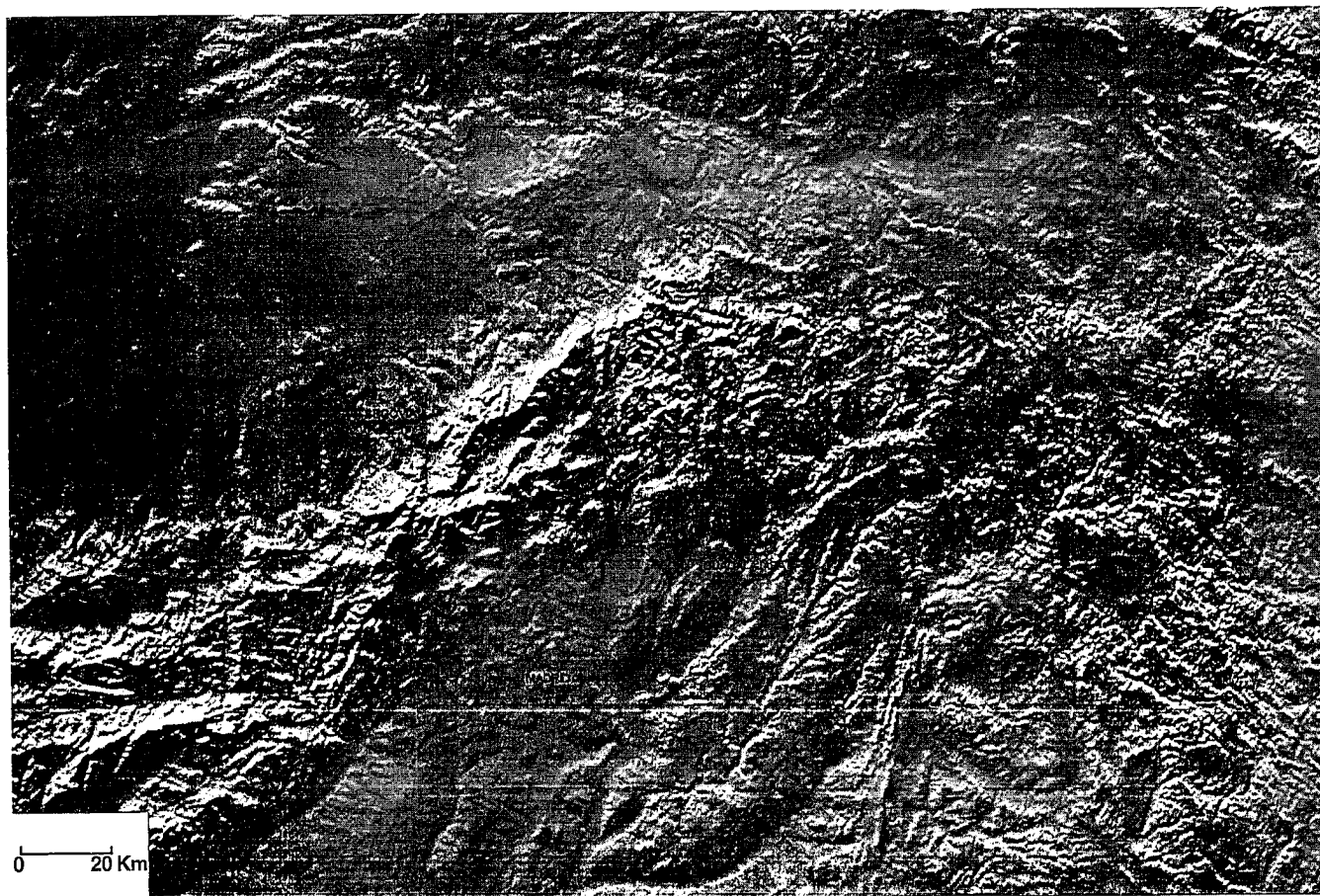


Fig. 2.- Mapa de sombreado artificial obtenido a partir del modelo digital del terreno. La dirección de iluminación es N 345 E.

Fig. 2.- Artificial shading image obtained from the digital elevation model. Lighting azimuth is N 345 E.

La morfología que queda reflejada en los mapas sombreados está directamente relacionada con las estructuras geológicas con manifestación superficial, especialmente las estructuras tectónicas. Eligiendo adecuadamente la dirección de iluminación, en función del conocimiento de los principales rasgos estructurales de la zona, se pueden resaltar las estructuras de una determinada orientación. La interpretación se ha centrado, para esta primera aproximación, en la estructura del Sistema Central y su relación con las cuencas adyacentes (Sánchez, F. *et al.*, 1995). Para ello se ha elegido una dirección de iluminación desde el norte, que es ligeramente oblicua a la orientación dominante del relieve (NE-SO), para resaltar de manera óptima dichos rasgos morfológicos como ya se ha indicado anteriormente. De esta manera, se observan claramente una serie de rasgos lineales relacionados con tramos rectos de los ríos, alineaciones de cumbres y líneas de cambio brusco de pendiente. Los principales rasgos

lineales han sido resaltados mediante trazos como se observa en la figura 3.

Gran parte de estas lineaciones pueden estar relacionadas con estructuras geológicas. Dichas estructuras serían de carácter regional debido a la gran extensión de la zona analizada. Se trata fundamentalmente de fallas, contactos litológicos, alineaciones tectónicas, grandes pliegues, etc. Se ha elaborado una rosa de direcciones a partir de todas las lineaciones identificadas en la figura 3, obteniéndose cuatro orientaciones principales (Fig. 4). El diagrama muestra una orientación predominante norte-sur y N 130 E, siendo menos frecuente la dirección N 70 E. Esta rosa ha sido elaborada teniendo en cuenta la longitud de las lineaciones y no frecuencia de las mismas.

Algunas de estas lineaciones coinciden con estructuras tectónicas ya conocidas, como por ejemplo el borde sur del Sistema Central, la falla de El Herradón-Casillas o la sierra de Altomira. Por el contrario, existen otras muchas lineaciones que pueden

interpretarse como manifestaciones morfológicas con una clara influencia tectónica, como por ejemplo el trazo rectilíneo que presentan algunos ríos como el Duero y el Tajuña, o la disposición de algunas zonas llanas en relación a los relieves circundantes. A continuación se explican algunos ejemplos concretos.

Se ha realizado un esquema (Fig. 5) en el que se encuentran localizadas algunas de las estructuras identificadas, conocidas o no, pasando a comentar los siguientes casos.

- Sierra de Altomira (1)

Se trata de una cadena alpina constituida fundamentalmente por cabalgamientos y pliegues asociados de dirección N-S, sobre materiales mesozoicos. Morfológicamente, se manifiesta claramente como una alineación de relieves muy constantes orientados N-S, estrechos pero de gran longitud, destacando sobre las llanuras adyacentes. Puede advertirse su prolongación hacia el norte, más allá de lo que constituye su límite geográfico.

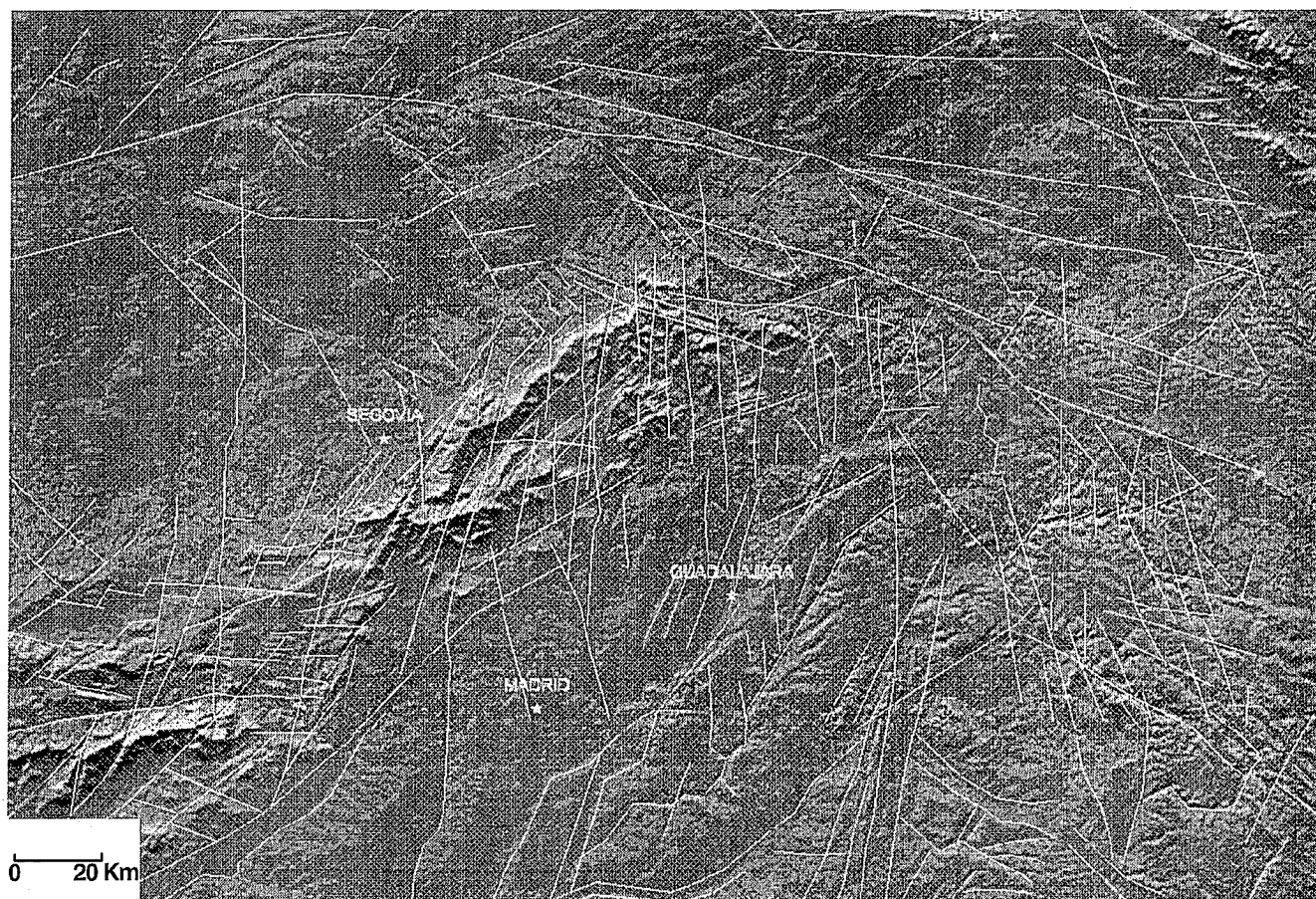


Fig. 3.- Principales lineaciones obtenidas a partir del análisis del mapa de sombreado artificial.

Fig. 3.- Main lineaments obtained from the analysis of the artificial shading image.

- Bordes del Sistema Central (2a y 2b)
Presentan rasgos claramente diferentes. El borde sur (2a) tiene una manifestación morfológica muy clara, expresada como un escarpe neto de dirección NE-SO que representa el límite entre materiales ígneos y metamórficos al norte y detríticos al sur, apreciándose un claro contraste de relieve entre ambos. Este borde ha sido definido como una importante falla alpina (De Vicente, G. *et al.*, 1992). El borde norte (2b), sin embargo, no tiene una manifestación morfológica tan neta como la falla del borde sur, sino que presenta una transición más gradual entre los relieves más importantes de la sierra y las llanuras de la cuenca del Duero. Esto representa la asimetría característica del Sistema Central.

- Estructura de las cuencas (3a y 3b)
La cuenca de Madrid (3a), situada al sur del Sistema Central, presenta una red de drenaje con una clara influencia tectónica. Pueden apreciarse dos orientaciones principales, una paralela al borde del Sistema Central (ríos Alberche, Henares, Tajuña y Tajo) y otra oblicua a

él (ríos Guadarrama, Manzanares y Jarama). La primera de las orientaciones está relacionada con los cabalgamientos principales alpinos que definen la estructura del Sistema Central, mientras que la segunda está asociada a los desgarres oblicuos a dicha cadena (De Vicente, G. *et al.*, 1994).

La zona sudoriental de la cuenca del Duero (3b) presenta un predominio de las orientaciones oblicuas al Sistema Central, mientras que las de dirección paralela a él están mucho peor representadas. La principal característica de esta zona es el trazo rectilíneo que presenta el río Duero, con una orientación muy constante N 130 E, relacionado con los desgarres dextrosos que definen la estructura de la Cordillera Ibérica, como el caso de la falla de Somolinos.

Estas diferencias entre las dos cuencas ponen de manifiesto también la asimetría estructural de esta zona de deformación alpina del centro peninsular, como se ha indicado anteriormente en el caso del Sistema Central.

- Diferencias morfoestructurales dentro del Sistema Central

La división en tres zonas del Sistema Central (Capote, 1983) se corresponde con diferencias morfoestructurales reflejadas en

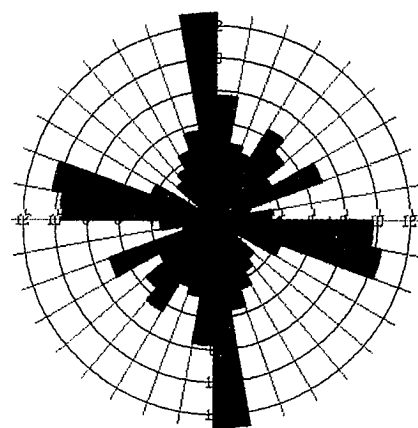


Fig. 4.- Rosa de direcciones de las lineaciones obtenidas.

Fig. 4.- Rose diagram of the obtained lineaments.

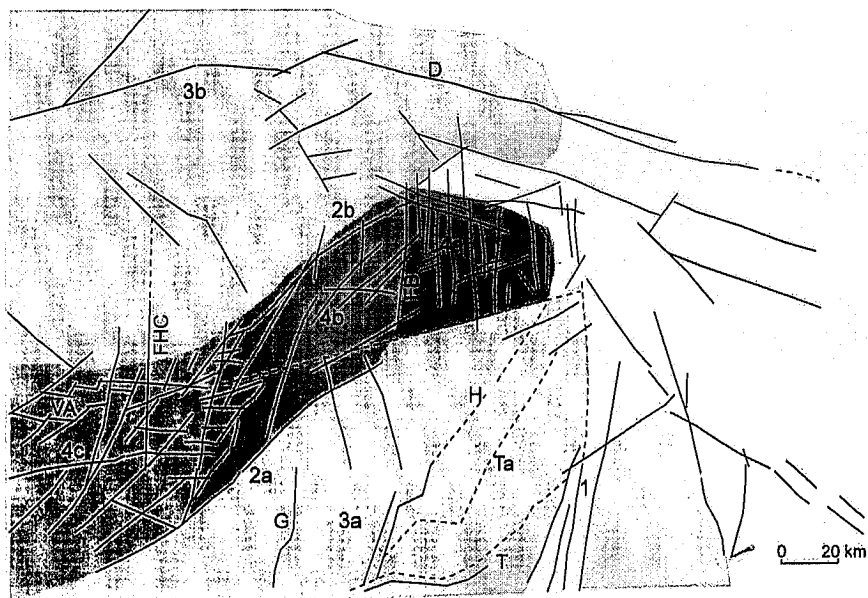


Fig. 5.- Esquema estructural del área de estudio. 1: Sierra de Altomira. 2a: Borde sur del Sistema Central. 2b: Borde norte del Sistema Central. 3a: Cuenca del Tajo. 3b: Cuenca del Duero. 4a: Sector oriental del Sistema Central. 4b: Sector centro del Sistema Central. 4c: Sector occidental del Sistema Central. T: Río Tajo. Ta: Río Tajuña. H: Río Henares. G: Río Guadarrama. D: Río Duero. FB: Falla de Berzosa. FHC: Falla del Herradón-Casillas. VA: Valle de Amblés.

Fig. 5.- Structural sketch of the study area. 1: Altomira Range. 2a: Southern boundary of the Spanish Central System. 2b: Northern boundary of the Spanish Central System. 3a: Tajo Basin. 3b: Duero Basin. 4a: Eastern sector of the Spanish Central System. 4b: Central sector of the Spanish Central System. 4c: Western sector of the Spanish Central System. T: Tajo river. Ta: Tajuña river. H: Henares river. G: Guadarrama river. D: Duero river. FB: Berzosa fault. FHC: Herradón-Casillas fault. VA: Amblés valley.

el mapa de sombreado artificial. El sector oriental (4a) corresponde con Somosierra, y presenta un relieve típico de zonas de materiales metamórficos de grado bajo y medio (cuarcitas y pizarras) con un predominio importante de fracturas de dirección N-S y NE-SO, que le dan un aspecto característico. Se encuentra separada del sector central por la importante falla de Berzosa, de dirección N-S. Este sector (4b) corresponde a la sierra de Guadarrama, y se caracteriza por presentar fallas de dirección NE-SO, que limitan claramente la alineaciones de cumbres y valles. Junto al borde sur, presenta un característico pedimento sobre materiales cristalinos en el que se destacan algunos

“montes islas”. Su relieve es característico de zonas constituidas por materiales metamórficos de alto grado y rocas graníticas. El sector occidental (4c) está constituido por la Sierra de Gredos, en la que los materiales graníticos predominan sobre los metamórficos de alto grado. Presenta una morfoestructura condicionada por el predominio de fracturas de dirección E-O sobre las NE-SO, lo que determina la dirección general del relieve. A destacar la presencia de la importante falla de El Herradón-Casillas, que con dirección N-S se prolonga una gran distancia por el interior de la cuenca del Duero. Otro rasgo tectónico importante es el valle de Amblés, fosa tectónica interior definida por

fallas orientadas NE-SO y E-O, con un claro reflejo morfológico.

Conclusiones

Los modelos digitales del terreno se revelan como una herramienta útil en la identificación de elementos estructurales con manifestación morfológica. Su tratamiento para la obtención de mapas de sombreado artificial, constituye un apoyo al estudio estructural de amplias zonas, y como complemento a los trabajos de campo, interpretación de imágenes de satélite y fotografía aérea. En función de la resolución del modelo, es aplicable tanto a estudios de carácter regional como a la interpretación de detalle de zonas más reducidas.

En cuanto a su aplicación a la zona escogida en el trabajo, se han identificado los principales rasgos estructurales alpinos del Sistema Central, así como lineaciones de claro origen estructural en el interior de las cuencas adyacentes, cuyo conocimiento puede ser de gran utilidad para ampliar el conocimiento sobre la estructura alpina de esta zona. Se espera continuar trabajando con esta metodología en el futuro integrando sus resultados con aquellos obtenidos a partir de estudios de carácter geofísico y tectónico.

Agradecimientos

Ese trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos de la DGICYT PB-91 0397 y PB-94 0242.

Referencias

Capote, R. (1983). *Libro jubilar J.M. Ríos*. Tomo I: 467-476
 De Vicente, G. et al. (1992): *III Congreso Español de Geología*, 1, 284-288.
 De Vicente, G. et al. (1994): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. 19, 175-190.
 Sánchez, F. et al. (1995): *EUG 8 Strasbourg. Abstract supplement to TERRA nova*, 1995.
 Idrisi for Windows 1.0. Clark University 1995.