

Aplicación de un método de análisis automático de lineamientos a las comarcas de la Llanura Manchega y del Campo de Montiel (provincia de Ciudad Real y Albacete, España central)

Application of a method for automatic lineament analysis to the "Llanura Manchega" and "Campo de Montiel" (provinces of Ciudad Real and Albacete, central Spain)

P.J. Rincón (*), G. Pascual (**), R. Vegas (*) y J.M. Martínez-Solares (**).

(*) Dpto. de Geodinámica, Fac. de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense; 28040, Madrid.
(**) Instituto Geográfico Nacional. C/ General Ibáñez Ibero nº3; 28003, Madrid

ABSTRACT

The experimental application of a method for automatic lineament analysis to the regions of "Llanura Manchega" and "Campo de Montiel" allowed us to obtain a statistic measure of the existing predominant directions. The verification of these results with previous analysis of fragile mesostructures and quantification of the spacial distribution of the fluvial net and structural lineaments is completely satisfactory. The possible geological applications of the method are considered extremely useful.

Key words: automatic lineament analysis, Llanura Manchega, Campo de Montiel, Campo de Calatrava

*Geogaceta, 20 (5) (1996), 1200-1202
ISSN:0213683X*

Fundamentos teóricos breves del método

Niño *et al.* (1993) y Pascual (1995) han desarrollado varios procedimientos con el fin de obtener de forma automática los mapas de lineamientos de una zona a partir de imágenes de satélite. Para nuestro estudio hemos adaptado dicha metodología desarrollándola mediante tres pasos sucesivos: (1) análisis previo de los datos; (2) tratamiento de los mismos con el fin de conseguir resultados en forma de "diagramas de rosas"; y (3) filtrado final que permite representar un mapa de lineamientos preferentes realizados.

A- Análisis previo: La metodología propuesta por Niño *et al.* está desarrollada originalmente para el análisis de imágenes SPOT, lo cual ha obligado a adaptarla a imágenes LANDSAT-TM. Se han usado las bandas LANDSAT cuatro, cinco y siete de las imágenes 200/33/1 y 200/33/3, según la notación del Instituto Geográfico Nacional.

Con objeto de no consumir excesivo tiempo de proceso se han extraído 24 ventanas de 512x512 píxeles a partir de las imágenes. Para cada una de estas ventanas se ha realizado un estudio de las componentes principales, técnica que nos permite reducir la redundancia espectral que existe entre los canales usados. A partir de los tres canales se determina un nuevo

conjunto que es combinación lineal de los originales. El cálculo de la varianza de los nuevos canales es lo que nos permite elegir el canal que tiene la máxima varianza y que denominaremos componente principal (CP1).

B- Diagrama de rosas: Una vez obtenido el canal de trabajo (CP1) corresponde realizar un estudio estadístico de la distribución de direcciones (lineamientos). En la literatura existen varios métodos de tratamiento estándar, como son el filtrado laplaciano (aplicación del operador de Laplace a un dominio espacial), el filtro Sobel (el cual funciona según la ventana utilizada), o el filtro Prewitt (usa pasos sucesivos de diferentes ventanas). En nuestro caso, para el cálculo de los 24 diagramas de rosas se ha empleado el filtrado en el dominio de Fourier (Pratt, 1978). En éste se define una función intensidad de la imagen dependiente de las coordenadas espaciales del píxel. La mayor parte del espectro de energía de esa función para una línea determinada es una línea girada 90°. La integración radial del espectro en una dirección (alfa) será una medida de la cantidad acumulativa de lineamientos en esa dirección (alfa-90°). De esta manera se construye el diagrama de rosas entre 0° y 180° cada 10° para cada una de las ventanas, con lo cual se obtiene una medida estadística de las direcciones predominantes para los lineamientos.

C- Realce de lineaciones: Para realizar las direcciones preseleccionadas a partir del diagrama de rosas se ha utilizado el filtro propuesto por Niño *et al.* (1993). El proceso de filtrado consiste en la convolución en el dominio de Fourier de una superficie "gausiana" orientada. Aplicando a la componente principal de la imagen (CP1) el filtro hiperbólico-Gausiano en cada una de las direcciones preferenciales del diagrama de rosas, se crea un conjunto de imágenes con las que se realiza un análisis de correlación. Tomándose dos a dos las imágenes del conjunto se determina si se aporta o no nueva información, eliminándose la redundante. Con ello se intenta crear una imagen que posea las características específicas de cada una de las imágenes. Finalmente se binariza la imagen obtenida mediante un método estadístico desarrollado también por Niño *et al.* (op. cit.).

Resultados obtenidos mediante la aplicación del método

Como zona de aplicación de esta metodología se han escogido gran parte de las comarcas manchegas de la Llanura Manchega, el Campo de Montiel, y el extremo nororiental de la del Campo de Calatrava; todas situadas entre las provincias de Ciudad Real y Albacete (Fig 1). De esta forma es posible contrastar los

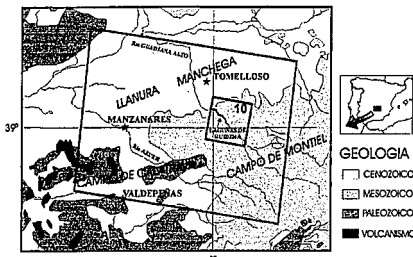


Fig. 1.- Esquema geológico general (I.G.N., 1992); situación de las unidades fisiográficas principales; situación del área estudiada mediante imágenes LANDSAT (ventana ejemplo resaltada).

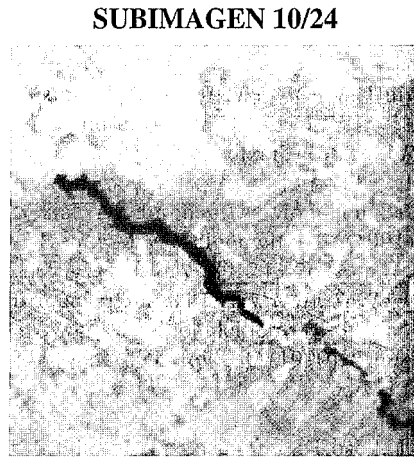
Fig. 1.- General geological sketch (I.G.N., 1992); location of the main physiographic units; location of the studied area by LANDSAT images (example window shown).

resultados del método con otras conclusiones ya existentes referidas al análisis de mesoestructuras frágiles (fallas y diaclasas) y al análisis de la fisiografía regional (red fluvial y macroestructuras frágiles). Estas comarcas se diferencian entre sí por los materiales que afloran en su superficie, de una gran diversidad litológico-temporal. Así, en el Campo de Calatrava predomina un basamento hercínico centroibérico; en el Campo de Montiel una cobertera tabular evaporítica y carbonatada de edad mesozoica; y en la Llanura Manchega los depósitos continentales terciarios y cuaternarios. Los cauces de los ríos Pinilla o Alto Guadiana (en el cual se desarrollan las Lagunas de Ruidera) y Azuer son los principales que disectan la zona de trabajo. Como ejemplo gráfico de aplicación del método se ha escogido la ventana que muestra la alineación de las Lagunas de Ruidera (Fig 2).

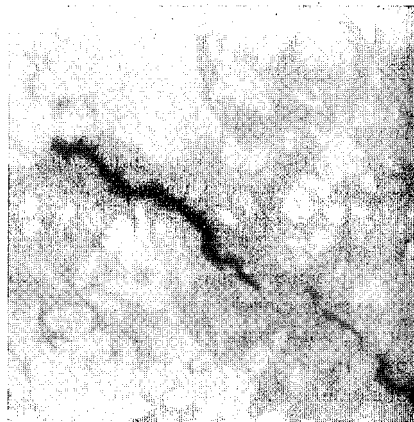
Para cada una de las 24 sub-imágenes se ha determinado el porcentaje de la frecuencia de los lineamientos en función de la orientación con intervalos de 10°, realizándose una separación posterior de las sub-imágenes en función de la litología (Tabla I). Los resultados generales (Fig 3a) revelan que la mayor parte de los lineamientos se disponen hacia N10°-40°E y hacia N100°-130°E. Los resultados parciales, obtenidos en función de la litología (figs. 3b, 3c y 3d), son idénticos en las comarcas de la Llanura Manchega y del Campo de Montiel, y muy similares sobre el basamento paleozoico del Campo de Calatrava.

Comprobación con los resultados obtenidos mediante el análisis de mesoestructuras frágiles

Dado que gran parte de los lineamientos deducidos previamente pueden co-



COMBINACION LINEAL BANDAS LANDSAT 4, 5 y 7



LINEAMIENTOS BINARIZADOS

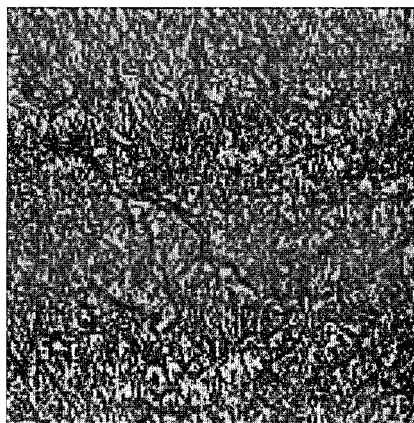


Fig. 2.- Ejemplo del procesado en una de las veinticuatro ventanas (Lagunas de Ruidera).

Fig. 2.- Example of the processing on one of the 24 windows.(Lagunas de Ruidera).

responderse con estructuras frágiles, se ha realizado una comprobación de los porcentajes anteriores con los concluidos a partir de 204 planos de diaclasado y 250 planos de falla estriados (Rincón, 1995, Fig 4A). Todas estas medidas han sido tomadas en materiales jurásicos carbona-

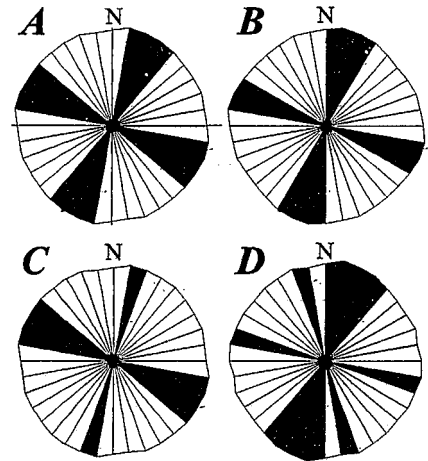


Fig. 3.- Resultados generales (A) para el total de las 24 sub-imágenes; y parciales (B, C y D) en función de las distintas comarcas: Llanura Manchega, Campo de Montiel y Campo de Calatrava, respectivamente.

Fig. 3.- General results (A) for the sum of the 24 sub-images; and partial ones (B, C and D) with regard to the different regions: Llanura Manchega, Campo de Montiel and Campo de Calatrava, respectively.

tados del Campo de Montiel, a excepción de 48 medidas de fallas realizadas en materiales jurásicos carbonatados aflorantes en la localidad de Campo de Criptana (muy próxima al Campo de Montiel). Del análisis mesoestructural se deduce la existencia de una bimodalidad casi idéntica entre los valores máximos de frecuencias en la disposición espacial de fallas y diaclasas, la cual es semejante a la obtenida en el apartado anterior.

Comprobación con los resultados obtenidos mediante la cuantificación de la distribución espacial de la red fluvial y de lineamientos estructurales

Se ha realizado además otra comprobación a partir de la cuantificación de la distribución espacial de dos rasgos fisiográficos fundamentales en la zona: (1) los lineamientos estructurales observables ópticamente a partir de ortoimágenes LANDSAT (Fig 4B); y (2) la red fluvial principal (Fig 4C). La distribución espacial de los primeros revela tres intervalos de orientaciones preferentes: N120°-130°E, N60°-70°E y N20°-30°E. De igual forma, la red fluvial principal tiende a orientarse mayoritariamente hacia las direcciones N110°-130°E y N150°-160°E. Así pues, parece existir una coincidencia clara en la distribución espacial de ambos rasgos fisiográficos, así como entre ésta

PORCENTAJES MEDIOS PARA LAS DISTINTAS LITOLOGÍAS SEGÚN LAS ORIENTACIONES (TABLA I).

	0°-10°	10°-20°	20°-30°	30°-40°	40°-50°	50°-60°	60°-70°	70°-80°	80°-90°	90°-100°	100°-110°	110°-120°	120°-130°	130°-140°	140°-150°	150°-160°	160°-170°	170°-180°
TOTAL	5,506	6,081	5,86	5,709	5,48	5,231	5,167	5,468	5,181	5,403	5,987	5,921	5,652	5,525	5,396	5,469	5,679	5,286
LA MANCHA	5,9	6,253	5,971	5,707	5,173	4,894	5,003	5,399	5,346	5,651	6,16	5,959	5,481	5,233	5,177	5,321	5,73	5,647
MONTIEL	5,225	5,884	5,723	5,656	5,665	5,437	5,286	5,512	5,142	5,255	5,966	6,012	5,799	5,754	5,502	5,531	5,595	5,058
CALATRAVA	5,897	6,603	6,24	5,96	5,337	5,053	5	5,427	4,977	5,51	5,68	5,407	5,36	5,137	5,413	5,52	5,953	5,51

y las distribuciones espaciales comentadas anteriormente.

Conclusiones

De la aplicación de un método de análisis automático de lineamientos a las comarcas de la Llanura Manchega, el Campo de Calatrava, y el Campo de Montiel se deduce, de un modo aleatorio, la existencia generalizada de lineamientos dispuestos mayoritariamente hacia N10°-40°E y hacia N100°-130°E. Los resultados individuales para cada una de las comarcas revelan similitudes totales entre las mismas.

Tanto los valores máximos de frecuencias en la disposición espacial de fallas y diaclasas medidas en la comarca del Campo de Montiel, como la cuantificación de la distribución espacial de las "macrolineaciones estructurales" observables en la zona de estudio a partir de ortoimágenes LANDSAT o de la red fluvial que la disecta, proporcionan valores muy similares a los obtenidos con el método. De esta manera puede considerarse como enormemente útil la aplicación geológica de esta nueva metodología, valorándose como fundamental su aleatoriedad.

Agradecimientos

Agradecemos al Servicio de Teledetección del Instituto Geográfico Nacional, especialmente a D. Pedro Vivas Wite, sus consejos y las facilidades proporcionadas en la adquisición de los datos.

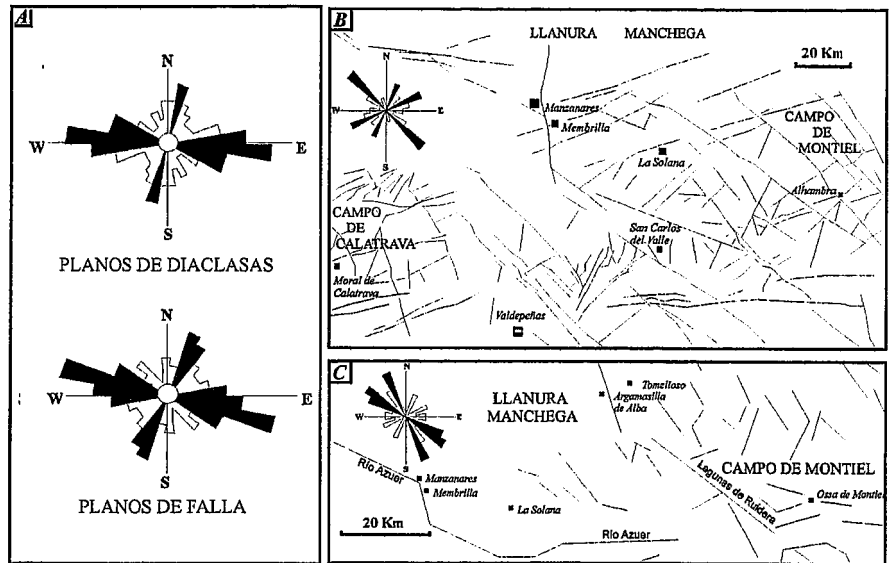


Fig. 4.- (A) Representación porcentual de las orientaciones de 204 planos de diaclasado y de 250 planos de falla estriados; (B) mapa síntesis de los "lineamientos estructurales" deducidos analógicamente a partir de las ortoimágenes de satélite LANDSAT nº 10-10 y 10-11, esc. 1:100.000; y (C) representación de las lineaciones fluviales principales (Rincón, 1995).

Fig. 4.- (A) Porcentual representation of the orientations of 204 joint planes and of 250 striated fault planes; (B) Synthesis map of the "structural lineaments" analogically inferred from LANDSAT orthoimages nº 10-10 and 10-11, scale 1:100.000; and (C) representation of the main fluvial lineaments (Rincón, 1995).

Referencias

I.G.N. (1992): *Análisis Sismotectónico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias*. Publ. Técn. nº 26.
 Niño, F.; Rivera, L.; Pion, J.C. (1993): *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 14, nº 14; 2617-2630.
 Pascual, G. (1995): *VIII Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica* (I.G.N.). Resúmenes; pp. 151.
 Pratt, W.K. (1978): *Digital Image Processing* (Chichester. John Wiley and Sons).