

## Referencias

- Blumenthal, M. (1927): *Eclog. Geol. Helv.* XX, 487-532.
- Durand-Delga, M. (1968): *C. R. Acad. Sc. Paris*, 266, 190-193.
- Egeler, C. G. y Simon, O. J. (1969): *Verth. Kon. Ned. Ak. Nat.*, 25, 90 p., Amsterdam.
- Elorza, J. J. (1979): *TESIS DOCTORAL. Universidad del País Vasco*, 364 p.
- Estévez, C. y Chamón, C. (1978). Hoja nº 1054 (Málaga-Torremolinos), 1: 50.000 *I.G.M.E.*
- Mon, R. (1969): *C. R. Acad. Sc. Paris*, 268, 1.008-1.011.
- Tubía, J. M. (1985): Estructura de los alpujárrides occidentales: Cinemática y condiciones de emplazamiento de las paridotitas de Ronda. *Publ. Esp. IGME*, 124 p., (1989), Madrid.
- Tubía, J. M. y Cuevas, J. (1987): *Geod. Acta*, 1, 59-69.
- Tubía, J. M. y Navarro-Villá, F. (1984): *El borde mediterráneo Español*, 33-34.

Recibido el 31 de enero de 1991  
Aceptado el 1 de marzo de 1991

## Alineamientos preferentes en el campo de dolinas de Villar del Cobo (Teruel)

### *Preferential lineaments in the Villar del Cobo dolinas (Teruel, Spain)*

C. Martín

\*Museo Nacional de Ciencias Naturales. Csic. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid

#### ABSTRACT

*Thinking about the central of the 414 dolinas that have been determined in Villar del Cobo (Teruel, Spain), the more frequent directions the linear elements wich connect this centres are shown clearly.*

**Key words:** *Lineaments, point pattern, dolinas, Iberian Range.*

*Geogaceta, 10 (1991), 143-145.*

#### Introducción

En las sierras de Javalambre y Albarracín se hayan campos de dolinas formadas preferentemente sobre calizas del Jurásico (Riba, 1959). Estos elementos morfológicos son parte de un amplio sistema kárstico que se está desarrollando desde el Mioceno y Plioceno (Gutiérrez y Peña, 1975; 1979, a, b; Gutiérrez *et al.*, 1982, 1989). En general estas dolinas tienen formas elípticas con dimensiones que pueden superar los 200 m y profundidades de hasta 20 m; se ha observado que las de mayor tamaño suelen encontrarse sobre materiales del Jurásico medio y superior (Riba, 1959).

La fracturación es considerada como un factor importante para el control y desarrollo de este proceso kárstico en estas áreas [(Gutiérrez y Peña, 1979, a, b; Gutiérrez *et al.*, 1982), en apoyo de tal influencia se señalan orientaciones de dolinas y uvalas que se manifiestan en la cartografía].

En este trabajo se pretende profundizar en la búsqueda de tales alineaciones en los campos de dolinas. Para ello se ha utilizado el amplio conjunto de dichos elementos existentes en las

cercanías de Villar del Cobo (Teruel), del que se dispone además de una buena base cartográfica (Gutiérrez y Peña, 1979, b).

#### Test de distribución

En el campo de colinas de Villar del Cobo se ha podido diferenciar a partir de la cartografía de Gutiérrez y Peña, 1979, b) un total de 414 de estas unidades geomorfológicas. Todas ellas presentan una forma elíptica; si bien en algunos casos el proceso de crecimiento ha provocado la yuxtaposición de dolinas próximas dando lugar a elementos multielípticos.

Un obligado primer paso en la búsqueda de pautas de alineamientos en todo este conjunto es demostrar que la distribución de todas las elipses-dolinas no responde al azar: es decir, hay que testificar la Hipótesis Nula. Para ello se ha hecho uso de la cartografía de Gutiérrez y Peña (1979, b) y se ha enmarcado el campo de dolinas en un rectángulo de aproximadamente 12x8 km sobre el que se ha superpuesto una malla cuadrada de 900 m de longitud. Este valor en la longitud de celdas o

cuadrantes de la malla se ha tomado al mostrarse como eficaz después hacer varias pruebas con otros valores, todos ellos en torno a las recomendaciones generales que sobre este tipo de análisis estadístico se dan respecto al número de clases de intervalos y número de puntos en cada celda (por ejemplo en: Krumbein and Graybill, 1965; Boots and Getis, 1988) y dimensiones de la celda (Pielou, 1977; Davis, 1986).

El análisis de Chi-cuadrado para esta retícula (Tabla I) nos señala con claridad que podemos desechar la Hipótesis Nula y considerar por tanto que las 414 dolinas de Villar del Cobo no se encuentran distribuidos al azar.

#### Orientación de las alineaciones intercentros

En un conjunto de puntos cuya distribución ha sido motivada por un campo de deformación tectónica el análisis de la orientación preferente de las alineaciones definidas entre cada uno de ellos y los vecinos más próximos nos provee un método de trabajo para la determinación de las direcciones

Tabla 1.—Resultado del contaje de la distribución de los centros de las dolinas del Villar del Cobo (Teruel) para una retícula con celdas cuadradas de 900 m de longitud. NPC = Número de Puntos por celda; NC = Número de Celdas; NP = Número de Puntos; PB. = Probabilidad teórica, osea  $P(x) = (e^{-\lambda} \cdot \lambda^x) / x!$ ; FE = Frecuencia esperada, osea  $N \cdot P(x)$ . Siendo  $\lambda = N^{\circ}$  puntos por celda.

x	O <sub>i</sub>	P(x)		E <sub>i</sub>	O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub>		(O <sub>i</sub> -E <sub>i</sub> ) <sup>2</sup> /E <sub>i</sub>	
NPC	NC	NP	PB	FE	PPC	FE	NC-FE	(NC-FE)/FE
0	59	0	0,02906	12,02960	59	12,0296	2206	183,3
1	10	10	0,10282	42,56748	10	42,5674	1060,6	24,9
2	7	14	0,18191	75,31198	7	75,3119	4665,5	61,9
3	6	18	0,21191	88,82949	6	88,8294	6860,7	77,2
4	4	16	0,13432	78,58010	6	134,1902	16432,6	122,4
5	2	10	0,07922	55,61014				
6	4	24	0,04004	32,79584	5	49,3736	1969	39,8
7	1	7	0,01771	16,57780				
8	2	16	0,00696	7,33235	7	11,2349	17,9	1,6
9	5	45	0,00246	2,88268				
10	0	0	0,00079	1,02010	5	0,3634	21,4	58,8
11	2	22	0,00023	0,32789				
12	2	24	0,00006	0,09646	5	0,0078	24,9	3192
13	1	13	0,00002	0,02608				
14	1	14	0,00000	0,00662	7	0,0037	48,9	13216,2
15	4	60	0,00000	0,00124				
16	3	48	0,00000	0,00000	7	0,0037	48,9	13216,2
17	0	0	0,00000	0,00000				
18	3	54	0,00000	0,00000	7	0,0037	48,9	13216,2
19	1	19	0,00000	0,00000				
>19	0	0	0,00001	0,00373				
117		414	,99999		X <sup>2</sup>		16978	

$\chi^2$  para  $\alpha = 0,05$  y  $df = (10-2) = 8 \rightarrow 15,51$

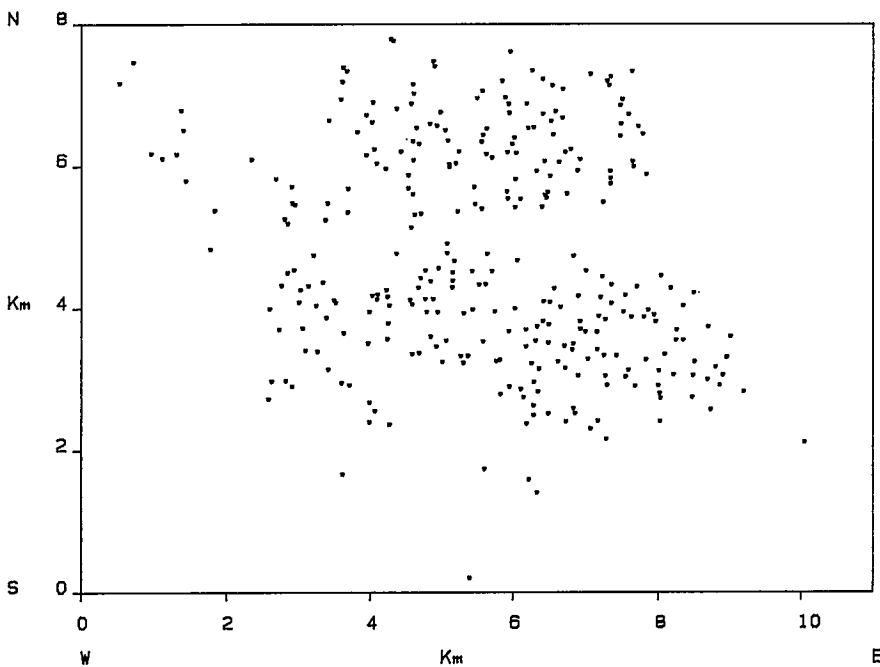


Fig. 1.—Situación relativa de los centros de las 414 dolinas determinadas sobre la cartografía de Gutiérrez y Peña (1979, b).

Fig. 1.—Location of the 414 central points that have been determined on the cartographic mapped of Gutiérrez and Peña (1979, b).

nes principales de la elipse de la deformación (Ramsay and Huber, 1983). Aunque el conjunto de dolinas consi-

deradas no es exactamente una muestra como la de objetos deformados, el principio metodológico expuesto ante-

riormente tiene en definitiva objetivos semejantes a los que se persiguen aquí. Y así, modificando en lo conveniente a Ramsay (1967) podríamos decir que: los alineamientos entre los centros de los objetos a analizar mostrarán una distribución relacionada con las orientaciones preferentes en que disponen dichos objetos.

La primera dificultad para determinar esas orientaciones preferentes es precisar la distancia límite para considerar a un punto en el cálculo. En este trabajo se propone la utilización del factor de control de distancia  $f$  definiéndolo como aquel que multiplicado por parámetros arbitrarios determinan esa distancia límite buscada. En este caso, puesto que las dolinas de Villar del Cobo son asimilables a elipses, se han considerado como parámetro geométrico la suma de las longitudes de los semiejes menores. Es decir, que para un determinado punto base  $i$  y un valor de  $f$  el alineamiento de dicho punto con otro cualquiera del conjunto será considerado para el cálculo si la distancia entre sus centros es menor o igual al producto entre  $f$  y la suma de los semiejes menores de la dolina base  $i$  y de la del otro punto considerado.

Osea, en el cálculo entrarán todos los  $k$ -alineamientos  $L_k$  tales que:

$$L_k \in d_{(i,j)} \leq f \cdot (b_i + b_j)$$

$$i = 1, 2, \dots (414-1)$$

siendo:

- $b_i$  = semieje menor de la dolina base  $i$ .
- $b_j$  = semieje menor de las otras dolinas, para todo  $j > i$ .
- $d_{i,j}$  = distancia entre el centro de la dolina base  $i$  y la dolina  $j$ .

Para las dolinas de Villar del Cobo se han realizado los cálculos haciendo variar  $f$  desde 1 a 100 cada 3. Los resultados, que se muestran en la figura 1, señalan que sólo cuando los valores de  $f$  son bajos, es decir, cuando los puntos están más cercanos, no se observan direcciones dominantes; sin embargo, ya a partir de valores de  $f$  más altos, como por ejemplo a partir de 30, las curvas van tomando máximos y mínimos definidos y ambos permanecen estables hasta los valores más superiores de  $f$ .

Las direcciones predominantes se encuentran en el intervalo  $95^\circ$ - $145^\circ$  y los mínimos entre los  $60^\circ$ - $80^\circ$ . La figura 2 muestra además como en la 'suite' de gráficas se ven picos que en valores de  $f$  más altos se amortiguan o

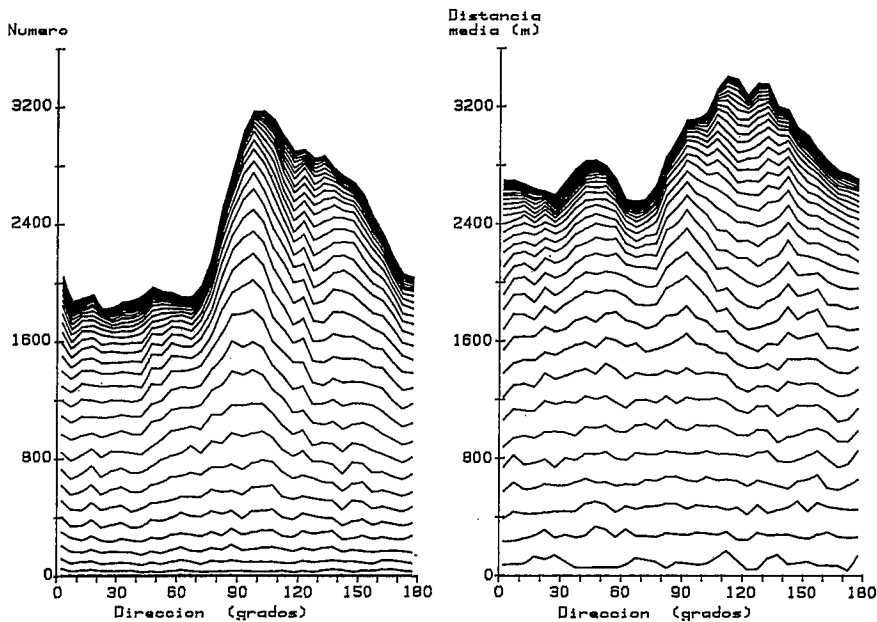


Fig. 2.—(Izda.): Variación según el valor de  $f$  (1, ..., 100, cada 3) del número de lineamientos que unen los centros de las dolinas en función de su orientación (de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , cada  $5^\circ$ ); (Dcha.): Variación de la longitud media que tienen esos mismos lineamientos.

Fig. 2.—Number (left) and long media (right) are plotted against the orientation ( $0^\circ$ , ...,  $180^\circ$ , step  $5^\circ$ ) for the all possible lineaments which connect the 414 dolina centres; as a function of factor  $f$  (1, ..., 100, step 3).

desaparecen; por ejemplo, los de 140-145 y 90-95 grados que en valores de  $f$  entre 30-50 llegan a ser direcciones máximas pero no se mantienen después. Por el contrario, en los valores más altos de  $f$  se marcan picos en orientaciones que en secuencias anteriores apenas se habían significado; puede observarse por ejemplo, en las orientaciones 130-135 y 110-115 grados.

### Discusión y conclusiones

La observación directa de la cartografía del campo de dolinas de Villar del Cobo muestra unas destacadas alineaciones NS de uvalas que pueden a su vez relacionarse con algunos otros centros de dolinas. Sin embargo, su fácil percepción a simple vista no es prueba para asumir que estos sean los alineamientos dominantes. En realidad determinar cuales son las alineaciones principales en un campo de dolinas es una cuestión difícil que está en la problemática del análisis de pautas en la distribución de puntos. Algunas soluciones ya propuestas para este objetivo concreto han utilizado las orientaciones de los alimentos determinados por al menos 3 dolinas (Messener, 1959; Weydert, 1972); aunque

su realización manual no ha permitido por ahora un análisis de su fiabilidad y estabilidad de los resultados en función de la distancia entre dichos puntos.

En nuestro caso, con el método propuesto, utilizando un factor de control de distancia, dicho análisis si ha sido hecho y nos encontramos con unos resultados globales que nos definen alineaciones más frecuentes y estables según direcciones ibéricas. Dichas direcciones están definidas en estas áreas de la Cordillera Ibérica fundamentalmente por los pliegues impuestos en las capas mesozoicas, mientras que la fracturación se presenta dominante en la dirección perpendicular tanto en observaciones a gran escala (Gutiérrez *et al.*, 1982; Simón, 1984), a escala local (Portero, 1983) y a escala puntual en los afloramientos jurásicos y cretácicos en zonas próximas (Alcalá y Martín, 1990).

Todo ello viene a concluir que la estructura del plegamiento es la que más influye en la orientación principal de los alineamientos en las dolinas de Villar del Cobo, imponiéndose a la que de forma más local puede ejercer la fracturación. Dicha influencia puede a su vez explicarse debido a que el desarrollo de las dolinas mues-

tran preferencia por determinadas litologías (Riba, 1959; Gutiérrez y Peña, 1979, a, b.; Gutiérrez *et al.*, 1982) y, siendo esta función de la estructura del plegamiento, es este último el factor que en definitiva domina en la distribución de las dolinas.

### Referencias

- Alcalá, B. y Martín, C. (1990): *I. Reunión de Geomorfología, Teruel*, 17-26.
- Boots, B. N. and Getis, A. (1988): *Point pattern analysis*. Scient. Geog. Sev. Vol. 8. Sage Publications Inc. London. 93 págs.
- Davis, J. C. (1986): *Statistics and data analysis in geology*. John Wiley & Sons. New York. Second Edit. 646 págs.
- Gutiérrez, M. y Peña, J. L. (1975): *Bol. Geol. Min.*, 86, 561-572.
- Gutiérrez M. y Peña, J. L. (1979, a): *Teruel*, 61-62, 1-8.
- Gutiérrez, M. y Peña, J. L. (1979 b): *Estudios Geol.*, 35, 651-654.
- Gutiérrez, M.; Peña, J. L. y Simón, J. L. (1982): *Reun. Mon. sobre el karst. Larra-82.*, 95-104.
- Gutiérrez, M. y Peña, J. L. (1989): En: *El karst en España*. Monografía nº 4, S.E.G. J. J. Durán y J. López-Martínez (Edit.) 151-162. Madrid.
- Holder, I. and Orton, C. (1976): *Spatial analysis in archaeology*. Cambridge Univ. Press. London.
- Krumbain, W. C. and Graybill, F. A. (1965): *An introduction to statistical models in geology*. McGraw-Hill Book Co. New York. 475 págs.
- Messener, G. (1959): *Annales de Spéléologie*, 14, 49-65.
- Pielou, E. C. (1977): *Mathematical ecology*. John Wiley Edit. New York.
- Portero, J. M. (1983): Cartografía de la Hoja Nº 565. En: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000 Tragacete*. I.G.M.E. Madrid.
- Ramsay, J. G. (1967): *Folding and fracturing of rocks*. McGraw-Hill Book Co. New York. 568 págs.
- Ramsay, J. G. and Huber, M. I. (1983): *The techniques of modern structural geology*. Vol. I. Starin Analysis. Academic Press. London, 307 págs.
- Riba, O. (1959): *Estudio geológico de la Sierra de Albarracín*. C.S.I.C. Madrid. 283 págs.
- Simón, J. L. (1984): *Compresión y distensión alpinas en la cadena Ibérica oriental*. Inst. Est. Turulenses. 269 págs. Teruel.
- Weydert, P. (1972): *Mémoires Documents*. Vol. 4 (1967), 'Phénomènes karstiques', 149-184.

Recibido el 31 de enero de 1991  
Aceptado el 1 de marzo de 1991