

## Aplicación del análisis canónico al estudio de la mineralización del yacimiento de Osor (Gerona) (\*)

por JUAN-ANTONIO CAMPÁ-VIÑETA (\*\*), CARLOS CUADRAS-AVELLANA (\*\*\*) y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS (\*\*)

### RESUMEN

El análisis canónico de la mineralización de Osor se ha efectuado con 78 muestras de 7 variables (la cantidad en ppm de los elementos-mineurs siguientes: Ba, Y, Fe, Zn, Cu, Mn, Si). Ha permitido establecer: 1) la mineralización en apariencia homogénea, presenta zonas de génesis diferentes; 2) en cada filón las condiciones de deposición varían con la profundidad; 3) dos filones, aparentemente iguales, muestran diferentes procesos genéticos.

### RÉSUMÉ

L'analyse canonique de la minéralization d'Osor a été effectuée avec 78 échantillons de 7 variables (la quantité en ppm des éléments-mineurs suivants: Ba, Y, Fe, Zn, Cu, Mn, Si). Il a permis d'établir que: 1) la minéralization, en apparence homogène, présente des zones avec une genèse différente; 2) dans chaque filon les conditions de déposition varient avec la profondeur; 3) deux filons, en apparence égales, offrent des différents processus génétiques.

### INTRODUCCIÓN

Como expusimos en un trabajo anterior (1), el análisis canónico tiene como fin el mostrar la diversidad de poblaciones y la existencia de determinados factores, bajo la influencia de los cuales se distribuyen los grupos o la diversidad de entidades.

La mineralización de Osor mostraba, en el análisis de la regresión, unas diferencias cuya significación era muy difícil explicar. Hacía falta comprobar si los grupos en que dividimos la mineralización eran homogéneos o, los que es lo mismo, si respondían a

\* Este trabajo forma parte de la Tesis Doctoral del primero de los que suscriben y ha sido realizado, en parte, con la Ayuda para el Fomento de la Investigación en la Universidad.

\*\* Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Universidad de Barcelona. Sección de Mineralogía, Instituto "Jaime Almera", C. S. de I. C. Barcelona.

\*\*\* Laboratorio de Cálculo, Universidad de Barcelona.

(1) CUADRAS-AVELLANA, C., CAMPÁ-VIÑETA, J.-A. y MONTORIOL-POUS, J., El análisis canónico y su aplicación en geología. Ver este número de *Acta Geológica Hispánica*.

un mismo proceso genético. Evidentemente, teníamos que disponer de un análisis que combinase el análisis de la varianza-covarianza con el factorial. Este análisis, cuyo programa, para ser tratado con el ordenador IBM 360, hemos puesto a punto (2), nos permite averiguar hasta qué punto las poblaciones son iguales o, en caso contrario, diferentes.

La mineralización consta de dos filones perfectamente diferenciados, denominados filón Norte y Sur respectivamente. Un primer análisis consistió en saber si estas dos unidades eran iguales.

En el filón Norte establecimos tres grupos o poblaciones correspondientes a las muestras de la parte alta, media y profunda. Con estas tres unidades efectuamos un segundo análisis canónico.

El filón Sur lo dividimos en dos partes correspondientes a la mitad de la mineralización. Con estos dos grupos efectuamos un tercer análisis canónico.

### DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS

Total. Con esta denominación se realizó el análisis canónico de la mineralización dividida en dos grupos, cuyo tamaño era de:

a) grupo Norte con 56 muestras de siete variables,

b) grupo Sur con 22 muestras de siete variables.

Norte. Ya hemos indicado que bajo esta denominación se divide el filón Norte en tres grupos, cuyos tamaños son:

a) grupo 1.º con 21 muestras y siete variables,

b) grupo 2.º con 18 muestras y siete variables,

c) grupo 3.º con 17 muestras e igual número de variables.

(2) CUADRAS-AVELLANA, C., CAMPÁ-VIÑETA, J.-A. y MONTORIOL-POUS, J., El programa CANØN para IBM 360. Ver este número de *Acta Geológica Hispánica*.

La localización de los grupos es como sigue:

Grupo 1.º formado por muestras localizadas en las plantas 6 y 8.

Grupo 2.º formado por muestras localizadas en los subniveles de la planta 8.

Grupo 3.º formado por muestras de la planta 10.

Sur. Como indicamos el filón sur ha sido dividido en dos grupos:

a) grupo 1.º con muestras localizadas en las plantas 1r, 2r, 3r, 4r, 5r, 6r;

b) grupo 2.º con muestras localizadas en las plantas 7r, 8r, 9r, 10r.

#### VARIABLES QUE HAN INTERVENIDO EN EL ANÁLISIS CANÓNICO

Todas las muestras han aportado al análisis canónico siete variables que corresponden a los porcentajes de elementos menores contenidos en ellas.

Los elementos analizados y que han intervenido como variables han sido los siguientes: Ba, Y, Fe, Zn, Cu, Mn y Si.

#### RESULTADOS

*Total.* En la tabla I, se expone la matriz de varianza-covarianza de las variables. La distancia (al cuadrado) de Mahalanobis es 15.74655. Puesto que 15.74655 es mayor que 14.067 (valor  $\chi^2$  teórico con un 5 % de probabilidad de equivocación, con siete grados de libertad), podemos aceptar que los dos grupos son distintos con una probabilidad de equivocación del 5 %.

Como tenemos dos grupos, tendremos un único eje canónico, cuyo vector dirección en el espacio de las siete variables es: 0.00004, -0.00124, 0.00006, -0.00009, 0.03126, -0.00029, -0.00002. En este eje, las coordenadas canónicas de los grupos y del origen son:

grupo 1.º: 1.17207  
 grupo 2.º: 0.17360  
 origen: 0.89045

Los radios de los grupos son:

grupo 1.º: 0.2198

grupo 2.º: 0.3507

En la figura 1 podemos ver la disposición de los dos grupos a lo largo del eje canónico. Evidentemente se trata de dos diferentes grupos, hecho que nos explicaría las diferencias del análisis de la regresión.

*Norte.* En la tabla II, se expone la matriz de varianzas-covarianzas de las variables. La distancia (al cuadrado) generalizada de Mahalanobis es 23.22278, con 14 grados de libertad. Puesto que con 14º de libertad el valor teórico de  $\chi^2$  es de 23.68, mayor que el obtenido pero muy próximo a él, se puede afirmar que se trata de tres grupos diferentes, con una probabilidad del 90 % afirmativa. Téngase en cuenta que sólo para grupos grandes se sigue una distribución  $\chi^2$ .

Al tener tres grupos, hallaremos dos ejes canónicos ortogonales, cuyos vectores dirección en el espacio de la siete variables serán:

1) -0.00006, 0.01726, -0.00004, 0.00215, 0.00305, 0.00040, 0.00001

2) 0.00014, 0.00530, 0.00000, 0.00058, -0.01829, -0.00018, 0.00003.

En estos ejes, las coordenadas canónicas de los grupos y del origen son:

grupo 1.º: 1.66511 0.02382  
 grupo 2.º: 1.67541 0.71626  
 grupo 3.º: 2.92241 0.33875  
 origen: 2.05010 0.34199

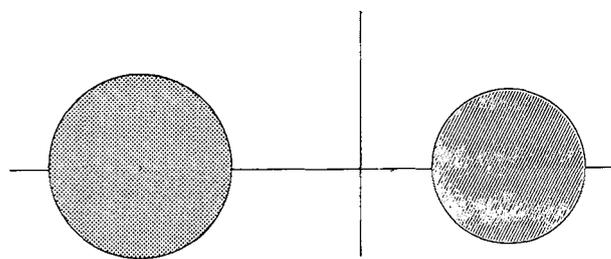


Fig. 1

TABLA I  
 POOLED DISPERSION MATRIZ

FILA 1 14511292.00000	21557.80078	-1715959.00000	211211.25000	30851.37891	1097702.00000	769090.68750
FILA 2 21557.80078	562.68286	-45603.95703	-2704.49902	42.83688	1790.53516	-115385.93750
FILA 3 -1715959.00000	-45603.95703	53023344.00000	78.6490.31250	26.98779	-178399.31250	50365376.00000
FILA 4 211211.25000	-2704.49902	786490.31250	167758.75000	3041.51563	128981.37500	3230469.00000
FILA 5 30851.37891	42.83688	26.98779	3041.51563	1311.81079	17248.00000	290887.75000
FILA 6 1097702.00000	1790.53516	-178399.31250	128981.37500	17248.00000	733259.12500	2566216.00000
FILA 7 769090.68750	-115385.93750	50365376.00000	3230469.00000	290887.75000	2566216.00000	445809920.00000

TABLA II  
POOLED DISPERSION MATRIX

FILA 1 20334336.00000	29601.71484	-2682643.00000	239655.56250	43065.35547	1478934.00000	-2151613.00000
FILA 2 29601.71484	625.32959	-61820.80859	-2498.23218	72.68604	1231.35791	-106900.18750
FILA 3 -2682643.00000	-61820.80859	74993504.00000	1126256.00000	9005.98438	-22238.01563	70299264.00000
FILA 4 239655.56250	-2498.23218	1126256.00000	122433.31250	2848.70630	130770.25000	2559923.00000
FILA 5 43065.35547	72.68604	9005.98438	2848.70630	1517.07300	20162.10938	263937.31250
FILA 6 1478934.00000	1231.35791	-22238.01563	130770.25000	20162.10938	901177.62500	2262099.00000
FILA 7 -2151613.00000	-106900.18750	70299264.00000	2559923.00000	263937.31250	2262099.00000	480459520.00000

Los radios de los grupos son:

grupo 1.º: 0.3589

grupo 2.º: 0.3877

grupo 3.º: 0.3989

En la figura 2, podemos ver la disposición de los tres grupos. Dos de ellos se disponen a lo largo de una línea paralela a un eje canónico, indicándonos la dependencia de los dos grupos con un mismo factor. El grupo restante al disponerse en una región alejada, no representa ninguna dependencia con los dos anteriores.

Sur. En la tabla III, se expone la matriz de varianzas-covarianzas de las variables. La distancia (al

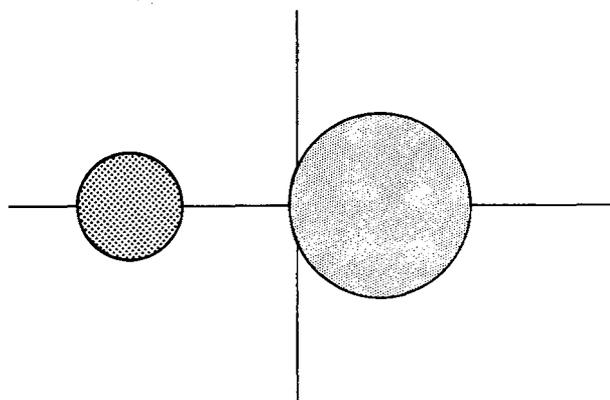


Fig. 3

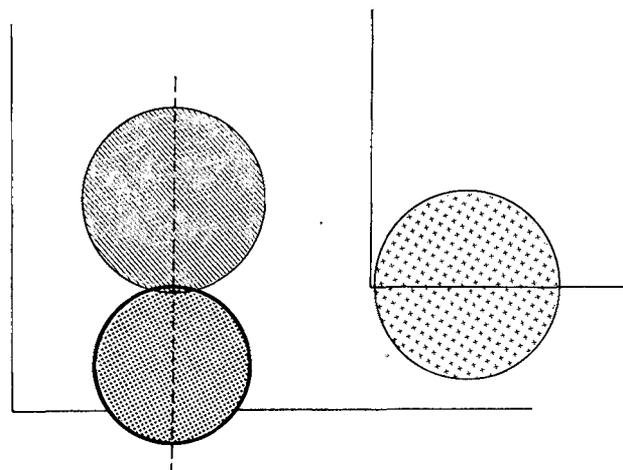


Fig. 2

cuadrado) generalizada de Mahalanobis es 24.94661. Puesto que 24.94661 es mayor que 18.475 (valor  $\chi^2$  teórico con el 1% de probabilidad de equivocación con 7 grados de libertad), podemos aceptar que los dos grupos son diferentes con una probabilidad de equivocación del 1%.

Como tenemos dos grupos, tendremos un único eje canónico, cuyo vector dirección en el espacio de siete variables es: 0.00483, 0.00847, 0.00094, -0.00009, 0.06869, -0.01166, -0.00005. En este eje, las coordenadas canónicas de los grupos y del origen son:

grupo 1.º: 2.19405

grupo 2.º: 0.02821

origen: 1.30802

TABLA III  
POOLED DISPERSION MATRIX

FILA 1 1552.07666	36.58890	-4952.18750	-2267.75513	123.62213	45.22218	-94955.25000
FILA 2 36.58890	449.30493	-5266.08594	-4973.80469	-133.01575	74.04953	-195613.00000
FILA 3 -4952.18750	-5266.08594	856691.18750	173429.62500	-3602.54980	-1971.84546	4519888.00000
FILA 4 -2267.75513	-4973.80469	173429.62500	249994.00000	874.75439	354.30396	3896528.00000
FILA 5 123.62213	-133.01575	-3602.54980	874.75439	449.22266	99.00458	289694.50000
FILA 6 45.22218	74.04953	-1971.84546	354.30396	99.00458	1289.33862	43948.70703
FILA 7 -94955.25000	-195613.00000	4519888.00000	3896528.00000	289694.50000	43948.707033	41998592.00000

Los radios de los grupos son:

grupo 1.º: 0.4562

grupo 2.º: 0.5483

En la figura 3, podemos ver la disposición de los grupos a lo largo del eje canónico.

#### CONCLUSIONES

El análisis canónico nos ha permitido averiguar que:

a) La mineralización de Osor, aparentemente homogénea, presenta zonas con distinta génesis.

b) Dentro de cada unidad mineral (filón) las condiciones de deposición varían en profundidad, presentando las zonas bajas factores de génesis diferentes que las zonas altas. Ello no quiere decir, en principio, que los factores que controlan la génesis de la mineralización de Osor no tengan parentesco, sino que puede admitirse, y el estudio del análisis factorial lo afirmará, que son factores íntimamente relacionados pero diferentes.

c) Dos filones de la misma mineralización, aunque aparentemente iguales, tienen diferente proceso de génesis.