

APLICACION DEL SISTEMA DE PROGRAMAS GEOQUIM A LA OBTENCION DE CRITERIOS PARA LA PROSPECCION GEOQUIMICA

I. Vinardell Grandal,¹ E. Alvarez Varela,¹ M. Iturralde-Vinent² y J.R. Fagundo Castillo¹

¹Centro Nacional de Investigaciones Científicas y ²Academia de Ciencias de Cuba

Recibido: 12 de Octubre de 1990

ABSTRACT. This work presents a system of algorithm and programs GEOQUIM written in Turbo Pascal language for IBM-compatible and NEC PC-9801F microcomputers, that allows the determination of perspective zones based on the comparison of two-sample subsets taken: one from a mineralized zone, and the other from a non-mineralized zone.

RESUMEN. Se presenta un sistema de algoritmos y programas GEOQUIM, implementados en lenguaje Turbo-Pascal para microcomputadoras IBM compatibles y NEC PC-9801F, que permite la determinación de zonas perspectivas sobre la base de comparar 2 subconjuntos de muestras tomados, 1 de una zona mineralizada y el otro de una zona no mineralizada.

INTRODUCCION

Aunque los métodos matemáticos han sido aplicados a la geología desde hace muchos años, no es hasta comienzos de este siglo que la geología cuantitativa o geomatemática adquieren un gran desarrollo, específicamente en los campos de la geofísica, geoquímica e hidrogeología.(1)

Con el desarrollo de la computación, el uso de los métodos matemáticos es aún mayor, empleándose en forma creciente los métodos estadísticos (2-4), métodos de pronóstico, análisis de tendencias, las técnicas de correlación y clasificación numérica y el análisis factorial de simulación (5-6), la modelación matemática y otros.(7-8)

En los trabajos de prospección geoquímica de yacimientos minerales, basados en el procesamiento de una gran cantidad de datos numéricos, se ha hecho también amplio uso de las leyes de la estadística.(9) En años recientes se han elaborado incluso sistemas expertos basados en los métodos de inteligencia artificial.

En este trabajo se presenta un ejemplo de aplicación del método de evaluación de las perspectivas minerales de una región, utilizando datos geoquímicos. La teoría en que se basan los algoritmos ha sido elaborada por Mishkurina e Iturralde (10) en muestras de jaguas del polígono Camagüey.

MATERIALES Y METODOS

El sistema GEOQUIM fue confeccionado en lenguaje Turbo-Pascal para microcomputadoras IBM compatibles y NEC PC-9801F con extensión de memoria. Los programas se estructuraron en forma interactiva, lo que facilita su explotación y la selección de los diferentes indicadores. Los ficheros de datos se confeccionan en Dbase III y después se convierten a ficheros estándar (con extensión .TXT). La estructura de estos ficheros debe cumplir lo siguiente:

- Tener como primer campo el identificador de la muestra, cadena de caracteres de longitud 10.
- Los restantes campos son numéricos, con 9 dígitos en total incluyendo el punto decimal y 3 dígitos decimales. Estos campos numéricos pueden ser 40 como máximo.

El método parte de seleccionar 2 áreas geológicamente análogas, una con mineralización conocida (subconjunto A) y otra estéril (subconjunto B). De cada área se toman de 50 a 100 muestras y se comparan las concentraciones de los elementos en cada una de las áreas, a fin de distinguir aquellos elementos cuya concentración difiere significativamente en A respecto a B. Dichos elementos se considerarán "indicadores", y serán utilizados como criterio para discriminar los subconjuntos A y B. Tales criterios son ulteriormente cuantificados a fin de poder determinar si una mues-

tra cualquiera CI pertenece a un patrón tipo A o B. Sobre esta base se elabora un mapa de isoclinas, pronóstico para una mineralización del tipo A.

En este ejemplo se utilizaron 2 ficheros, el "A" tomado de un área con perspectivas de hallazgos de oro y como "B" un área de la misma constitución geológica pero sin perspectivas de oro.

Aplicando este programa el usuario seleccionará aquellos elementos de "A" que lo distinguen de "B", y le asignará cierto peso. Dicha ponderación deberá tomar en cuenta la importancia que tiene cada elemento como índice de la mineralización de tipo "A". Así podrá determinar las semejanzas y diferencias entre ambos subconjuntos y cuantificarlas.

Para realizar la selección de los elementos indicadores se calculan los histogramas de frecuencia de aparición del elemento en ambos subconjuntos. Estos histogramas se visualizan superpuestos y sobre un mismo sistema de coordenadas en colores diferentes.

Para cada elemento indicador se seleccionarán 3 rangos de valores de los contenidos de este elemento para construir 3 subconjuntos con los valores de los contenidos del elemento:

- Exclusivos del conjunto "A".
- Exclusivos del conjunto "B".
- Que aparecen en ambos conjuntos.

Después de conocidos todos los elementos indicadores se determina la interrelación entre ellos. Para esto se puede usar la matriz de correlación previamente calculada y el gráfico de correlación.

Cuando se han evaluado los elementos y seleccionado los indicadores, estos últimos se clasifican en una escala relativa de valores, en la cual: el grado "0" corresponde a los intervalos donde el elemento es exclusivo del conjunto "B"; el grado "1" corresponde a los intervalos donde el elemento pertenece a la intersección de ambos conjuntos y; los grados "2", "3" y "4" se definen en el intervalo donde el elemento es exclusivo de "A", tomando en cuenta el comportamiento del elemento y su importancia relativa como indicador. Aquí juega un papel esencial la experiencia del usuario.

Usando dichos indicadores y la escala de grados que se le asignó, las muestras pueden calificarse mediante una cifra que es igual a la suma de los grados de todos sus indicadores. De ahí se deduce que habrá muestras de 3 categorías:

Categoría I

Toda muestra cuya calificación sea mayor que el máximo valor de la calificación del conjunto "B" y es indicadora de una zona menífera (positiva).

Categoría II

Toda muestra cuya calificación sea mayor que la mínima calificación del conjunto "A" y menor que la máxima calificación del conjunto "B" y sugiere que puede estar en el entorno de la zona mineralizadora.

Categoría III

Toda muestra cuya calificación sea menor que la mínima calificación del conjunto "A" y se corresponde al fondo natural de la región.

Al concluir el trabajo se obtiene el modo de asignar un valor numérico a cada muestra. En tanto dicho valor (calificación) sea mayor, una muestra será mejor indicador de una zona mineralizada de tipo "A".

Posteriormente se podrán calificar todas las muestras de un territorio dado y elaborar un mapa de isolíneas del grado de perspectividad, que servirá de base para elaborar el mapa pronóstico.

Ejemplo del empleo del sistema GEOQUIM

Para ilustrar la aplicación del sistema se utilizaron 2 ficheros: el "A", tomado de un área con perspectivas de hallazgos de oro; y uno "B", con la misma constitución geológica pero sin perspectivas de hallazgo.

Para cada área se tomaron los análisis espectrales de 12 elementos traza (B, Ba, Co, Cr, Mn, Pb, Sn, Ti, Cu, Ni, V y Zn) en muestras de flujo de dispersión y se procedió a comparar el contenido de cada elemento en los conjuntos "A" y "B" a fin de evaluar las diferencias.

En estos conjuntos resultaron indicadores los siguientes elementos: bario, plomo, titanio, cobre y vanadio. Ejemplificaremos utilizando el titanio y el cobre como indicadores, y el níquel como elemento no indicador.

El "cobre" aparece en la Figura 1 como indicador "positivo" de las áreas perspectivas de oro para contenidos mayores que 74,3.

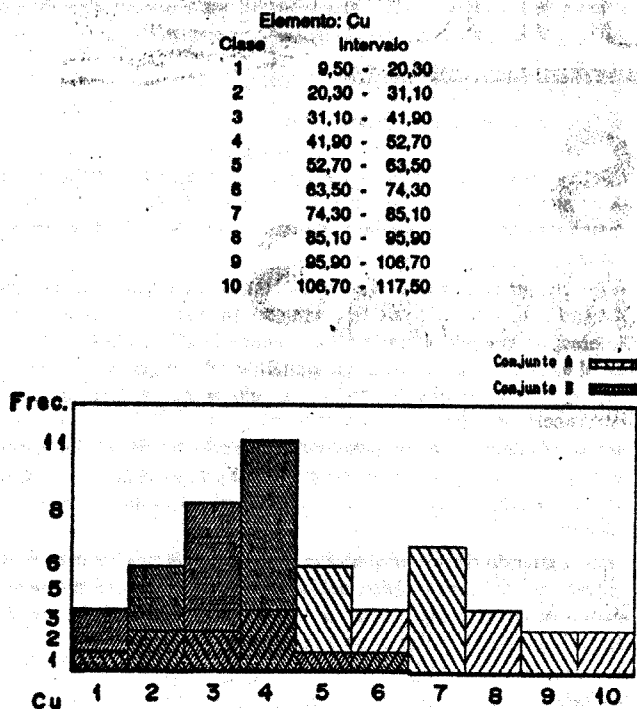


FIGURA 1. Intervalo de clases e histograma de frecuencia del elemento Cobre.

El "titanio", como se observa en la Figura 2, se destaca como indicador "negativo", cuya concentración mayor que 7 179,5 no es propia de áreas perspectivas.

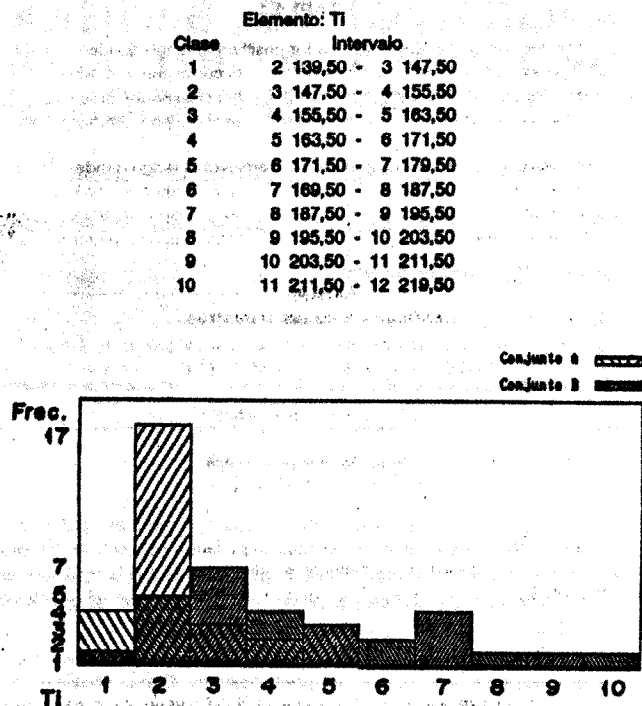


FIGURA 2. Intervalo de clases e histograma de frecuencia del elemento Titanio.

El "níquel" no es considerado indicador, ya que tiene concentraciones similares en ambas regiones, como se puede observar en el histograma de la Figura 3.

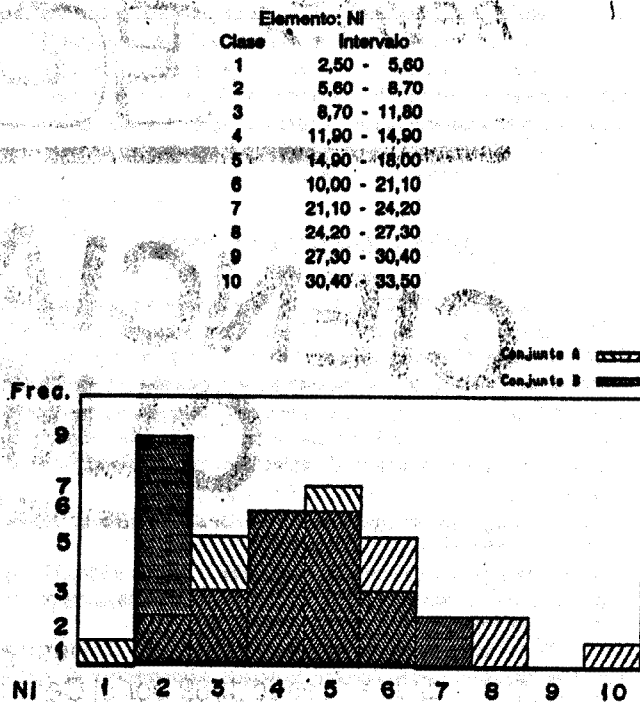


FIGURA 3. Intervalo de clases e histograma de frecuencia del elemento Níquel.

El gráfico de correlación de la Figura 4 indica que existe una correlación relativamente buena entre "cobre" y "titanio", lo cual refuerza el carácter indicador de ambos elementos.

En la Tabla 1 se muestra la calificación de los indicadores seleccionados y en la Tabla 2 aparecen las categorías asignadas a las muestras.

TABLA 1

Elemento indicador: Cobre (indicador positivo) al rango donde			
"B" es exclusivo	: 0 - 0	le corresponde grado 0	
"A" intersección "B"	: 0 - 74,3	le corresponde grado 1	
"A" es exclusivo	: 74,3 - 117,5	le corresponde grados 2 a 4	

Elemento indicador: Titanio (indicador negativo) al rango donde			
"B" es exclusivo	: 7 179 - 12 219	le corresponde grado 0	
"A" intersección "B"	: 2 139 - 7 178	le corresponde grado 1	
"A" es exclusivo	: 0 - 0	le corresponden grados 2 a 4	

TABLA 2

Calificación de las muestras

La calificación de "A"	--->	5 a 14
La calificación de "B"	--->	1 a 14

Toda muestra cuya calificación sea

> 14 pertenece	a la Categoría I
> 5 y < 14 pertenece	a la Categoría II
< 5 pertenece	a la Categoría III

De esta forma resulta que la muestra 62253 pertenece a la categoría I ya que la suma de los grados de sus elementos indicadores es igual a 14.

Muestra 62253: Ba(5) + Pb(5) + Ti(1) + Cu(2) + V(1) = 14 Categoría I

CONCLUSIONES

El sistema automatizado GEOQUIM, diseñado para la determinación de zonas perspectivas de yacimientos minerales sobre la

base de comparar 2 subconjuntos de datos geoquímicos, fue aplicado de manera exitosa para la búsqueda de una zona perspectiva para el hallazgo de oro. Como indicadores fueron utilizados los elementos B, Ba, Co, Cr, Mn, Pb, Sn, Ti, Cu, Ni, V y Zr en muestras de jagua y de sedimento de fondo en un área de interés geoquímico del polígono Camagüey.

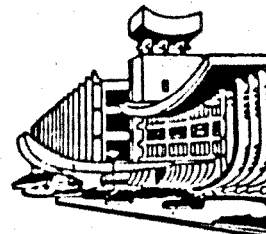
Mediante este método se elaboraron mapas pronósticos tomando como base muestras de jagua y de sedimento de fondo, con buenos resultados.

BIBLIOGRAFIA

1. DIAZ DUQUE, J.A.: En: "Consideraciones acerca de las tendencias actuales en la Geología Matemática". Centro Universitario Pinar del Río, 19, 1986.
2. MELLER, R.L. and J.S. KAHN: *Statistical analysis in Geological Sciences*, John Wiley and sons, New York 482p, 1987.
3. DAVES, J.C.: *Statistics and data analysis in Geology*, Interscience, New York, 318 p, 1973.
4. RODENOV, D.A.: *Soluciones estadísticas en la Geología*, Nedra, Moscú (en ruso) 231 p, 1981.
5. VALDES, J. y J.R. FAGUNDO: *Ingeniería Hidráulica* 2 (3): 275, 1981.
6. DE LA CRUZ, A. y J. VALDES: *Voluntad Hidráulica* #22, 25, 1985.
7. HARBAUGH, J.W. and D.F. MERRIAM: *Computer applications in stratigraphic analysis*, John Wiley and sons, New York, 283 p, 1988.
8. HARUANGH, J.W. y BONHAM: *La modelación matemática en la Geología y la exploración de yacimientos minerales* (en ruso), Ed. Nedra, Moscú, 168 p, 1970.
9. BONDARENKO, V.N., P.G. CHOLAKAN, R.I. KOGAN y G.L. RUBO: *Métodos estadísticos durante las búsquedas geoquímicas de los yacimientos minerales*, Editorial Oriente, 183 p, 1985.
10. MISHEKURINA, E. y M. ITURRALDE-VINENT: "Experiencias sobre la determinación de aureolas secundarias de oro mediante la mineralogía de jaguas en el polígono Camagüey. Serie Geológica MINBAS (en prensa).

REVISTA

CENIC



CIENCIAS QUIMICAS

Todas las firmas e instituciones pueden presentar sus anuncios

Publicaciones periódicas cuatrimestrales del Ministerio de Educación Superior que son editadas desde 1969 por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas.

Publican trabajos originales, comunicaciones cortas y reseñas bibliográficas y analíticas.