

TRATAMIENTO ESTADISTICO DE DATOS GEOQUIMICOS APLICADO AL ESTUDIO DE UN YACIMIENTO DE CAOLIN (Prov. de Río Negro - ARGENTINA)

Marfil, S.^{1,2}; Maiza, P.^{1,3}; Salomón R.^{1,4} y Pieroni D.¹

1. *Dpto. de Geología. Universidad Nacional del Sur. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca. Argentina. Te: 054-0291-4595184. FAX: 054-0291-4595148. Email: smarfil@criba.edu.ar*

2. *Investigador Adjunto CIC*

3. *Investigador Principal CONICET*

4. *Técnico Asociado CIC*

RESUMEN

Se realizó el análisis multivariado por el método de componentes principales, aplicado a los datos geoquímicos provenientes de un yacimiento de caolín de la zona de Los Menucos (Prov. de Río Negro - Argentina). Se analizaron 18 muestras obtenidas de una labor ubicada en la parte superior.

Se trabajó con matriz de covarianza analizando en forma independiente los elementos mayoritarios y los traza. Se analizó la correlación entre los diferentes elementos y la vinculación de esa variación con la mineralización a fin de utilizar los resultados como guía para explorar otros sectores del yacimiento.

ABSTRACT

The multivariate analysis was performed by the principal components method and was applied to geochemical data from a kaolin deposit in the area of Los Menucos (province of Río Negro, Argentina). Eighteen samples from the upper part of the quarry were analyzed. A covariance matrix was used to analyze major and trace elements independently. The correlation between different elements and how this variation is linked to mineralization were investigated to use the results as a guide to explore other sectors of the deposit.

INTRODUCCION

Mina Blanquita es un yacimiento de caolín ubicado a 30 Km al SE de la localidad de Los Menucos (Prov. de Río Negro - Argentina). (Figura 1). Se muestreó la labor principal constituida por una cantera a cielo abierto de aproximadamente 15 metros de profundidad colectándose 18 muestras del frente mineralizado. Del cuerpo explotado se han extraído unas 10.000 toneladas de caolín con un porcentaje de alúmina superior al 28 %, con un contenido de hierro menor del 0.5 %. Los minerales presentes son caolinita predominante (Maiza, 1972), con menor contenido de dickita y escasa alunita, (Marfil et al. 1999).

Desde el punto de vista geológico la zona caolinizada está desarrollada en tobas riolíticas de textura variable, por lo general porosa, contenidas en lavas riolíticas, cuyos niveles superiores están silicificados. Forman parte del Complejo Marfil (Cortés 1982), cuya edad es Triásico medio a Jurásico medio.

En un trabajo previo se estudió la petrografía y mineralogía del yacimiento, (Marfil et al. op. cit), estos resultados fueron utilizados en la interpretación del análisis estadístico.

El método estadístico utilizado propone un tratamiento y visualización de los resultados geoquímicos que permiten su extrapolación a áreas vecinas con el objetivo de predecir el comportamiento de la mineralización.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un muestreo vertical y horizontal del frente de la labor principal ubicada en la parte superior del yacimiento. Se colectaron 18 muestras las que fueron analizadas como roca total por ICP.

El estudio estadístico se realizó por el método de componentes principales (Johnson et al. 1982) con el propósito de establecer la variación de los elementos mayoritarios y traza y su relación con la mineralización. El método consiste en simplificar la estructura de las variables, a partir de la construcción de una matriz de

covarianza. Se definen nuevas variables que son combinación lineal de las originales, de forma tal que cada una concentre la mayor variabilidad y que sean linealmente independientes.

Para el análisis de los elementos mayoritarios se utilizó el contenido de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , S y la pérdida por ignición (LOI). (Tabla 1).

De los elementos traza se consideró el contenido de V, Cr, Ni, As, Sr, Zr, Ag, Ba, Pb, Bi, Th y Sc. (Tabla 2).

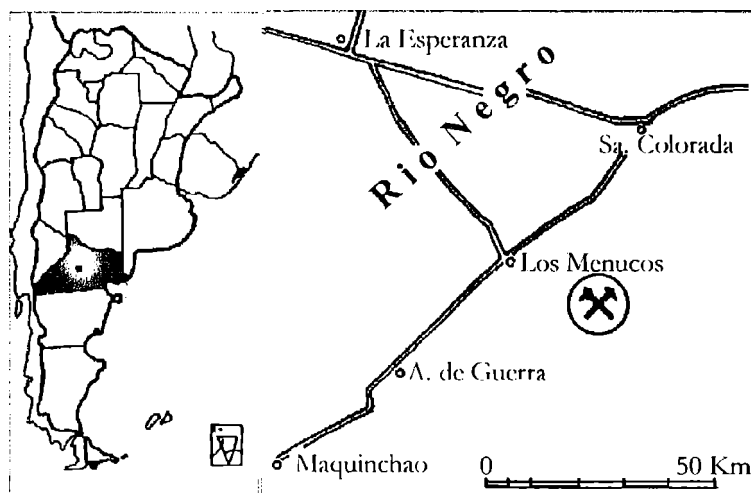


Figura 1 (Mapa de ubicación)

Tabla 1. Análisis químico de elementos mayoritarios sobre roca total (%).

Muestra	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	S	LOI
1	60.29	28.37	0.11	0.07	0.09	0.04	0.103	0.18	0.15	10.99
2	84.78	10.84	0.14	0.04	0.06	0.01	0.247	0.10	0.05	4.22
3	79.53	14.40	0.11	0.04	0.05	0.01	0.237	0.12	0.10	5.59
4	82.86	11.14	0.13	0.02	0.05	0.03	0.235	0.05	0.03	4.51
5	63.46	25.86	0.06	0.09	0.19	0.08	0.212	0.27	0.15	10.01
6	65.37	24.98	0.07	0.06	0.06	0.10	0.125	0.17	0.09	9.26
7	56.60	31.36	0.11	0.06	0.07	0.03	0.051	0.24	0.14	11.91
8	61.42	27.28	0.11	0.04	-	0.12	0.150	0.24	0.27	10.79
9	55.23	22.56	0.73	6.28	0.23	0.08	0.118	0.23	0.34	13.48
10	56.84	24.38	0.66	4.85	0.19	0.05	0.055	0.28	0.19	12.84
11	66.55	23.15	0.40	0.29	0.19	0.02	0.097	0.25	0.19	9.38
12	63.60	26.10	0.18	0.11	0.15	0.03	0.202	0.08	0.11	9.87
13	70.69	20.15	0.17	0.08	0.23	0.02	0.225	0.12	0.11	8.09
14	73.43	18.44	0.26	0.08	0.26	0.07	0.201	0.07	0.11	7.32
15	72.32	18.51	0.32	0.19	0.32	0.12	0.201	0.09	0.11	7.58
16	46.28	37.21	0.43	0.11	0.17	0.08	0.081	0.64	0.34	14.60
17	58.24	29.46	0.25	0.12	0.17	0.06	0.205	0.33	0.19	11.48
18	73.92	16.76	0.80	0.70	0.17	0.06	0.230	0.17	0.16	7.24

Tabla 2: Análisis químico de los elementos traza (ppm).

Muestra	Ba	Sr	Sc	Zr	V	Cr	As	Ag
1	203	2315	12	47	75	64	686	21
2	90	1083	7	105	41	145	293	16
3	265	1716	8	101	57	93	503	16
4	100	335	5	110	28	85	215	12
5	432	1603	12	90	126	113	243	5
6	235	1023	9	65	67	32	140	12
7	140	3009	12	34	111	33	445	11
8	485	1898	11	65	164	0	218	5
9	9041	1300	7	47	274	55	213	2
10	488	1509	7	33	126	58	166	1
11	1067	1479	17	58	82	170	295	6
12	372	1441	7	87	48	42	701	4
13	824	882	7	95	98	142	181	3
14	180	1390	8	88	71	74	624	1
15	214	1213	9	92	140	103	707	11
16	676	4457	10	52	249	56	650	-
17	1010	1929	7	79	76	88	585	3
18	714	1293	5	91	100	93	172	1

RESULTADOS

Elementos Mayoritarios

A partir de los datos de la tabla 1 se construyó una matriz de covarianza y se calcularon los autovalores y autovectores de dicha matriz. En la tabla 3 se muestra la correlación entre las variables y los dos primeros CP así como el porcentaje de reconstrucción de cada una, en el plano de las dos primeras componentes.

Tabla 3: Mayoritarios - Correlación entre variables y las dos primeras CP - Porcentaje de reconstrucción de cada variable en el plano (%Rec.).

Variables	1CP	2CP	% Rec.
SiO ₂	0.99583	0.09057	99.99
Al ₂ O ₃	-0.96660	0.25558	99.96
Fe ₂ O ₃	-0.18827	-0.72088	55.51
TiO ₂	0.76376	0.17000	61.22
P ₂ O ₅	-0.78843	0.04794	62.41
LOI	-0.97905	-0.20058	99.96
S	-0.76249	-0.34709	70.19
CaO	-0.26775	-0.95726	98.80
Na ₂ O	-0.11931	-0.32516	12.00
K ₂ O	-0.35934	-0.05432	13.21

De los resultados de la tabla 3 surge que el porcentaje de reconstrucción para sílice, alúmina, calcio y la pérdida por ignición es prácticamente del 100 %, están bien representadas el hierro, titanio, fósforo y azufre, y no existe variabilidad en los contenidos de sodio y potasio. Esto representa el 99.93 % de la varianza total del modelo, por lo que se resolvió trabajar con las dos primeras CP y se descartaron las variables sodio y potasio.

La primer componente representa la relación SiO₂ + (TiO₂) vs. Al₂O₃+ LOI + (S) esto explica el 95.52 % de la varianza total.

En la segunda componente se representa el $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO}$, aunque ésta explica sólo el 4.41 % de la varianza total.

En el gráfico de la figura 2 se representan las coordenadas centradas de las muestras para las dos primeras CP.

De su observación surge que las muestras con valores positivos de Y1 son las más ricas en SiO_2 , pobres en Al_2O_3 y las que manifestaron menor pérdida por ignición.

Estas muestras corresponden a las zonas con menor alteración y a la zona silicificada. A medida que los valores se hacen más negativos nos acercamos a las muestras más ricas en alúmina y con mayor pérdida de peso, que se corresponden con las zonas más ricas en caolín. La muestra 08, situada a la izquierda del gráfico corresponde a la veta de caolín puro.

La variación en el contenido de hierro y calcio es independiente de la mineralización. Esto queda confirmado ya que estas dos variables están representadas en la segunda CP que es independiente de la primera. Aunque cabe destacar la mayor variabilidad está expresada en la primer componente.

Del gráfico surge que hay dos muestras muy ricas en hierro + calcio, que corresponden al nivel inferior del perfil realizado, donde el elevado contenido de hierro queda manifestado en la fuerte coloración rojiza del material. Puede observarse además que el contenido de hierro y calcio varía en forma similar tanto en las muestras ricas como pobre en caolín.

La independencia de los contenidos de estos elementos con la mineralización puede traducirse en la distribución heterogénea del primero en el yacimiento y de un proceso de carbonatación posterior a la mineralización evidenciada en la presencia de carbonato de calcio.

La interpretación de los resultados fue posible sobre la base del estudio petrográfico mineralógico previo, realizado sobre secciones delgadas y DRX de cada una de las muestras (Marfil op cit).

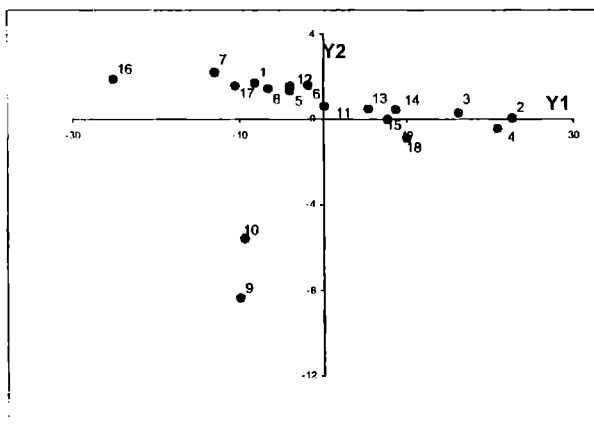


Figura 2. Coordenadas centradas de los elementos mayoritarios en el plano de las 2 primeras componentes

Elementos traza

A partir de los datos de la tabla 2 se construyó la matriz de covarianza y se calcularon los autovalores y autovectores de dicha matriz.

En la tabla 4 se muestra la correlación entre las variables y los dos primeros CP así como el porcentaje de reconstrucción de cada una, en el plano de las dos primeras componentes, el que representa el 93.88 % de la varianza total.

De las variables utilizadas sólo serán consideradas en el análisis el V, Sr, Zr, Pb y As. Los elementos restantes no muestran variabilidad por lo que no influyen en el análisis.

La primer componente está representada por una relación entre al V + Sr + Pb vs. Zr y la segunda aunque con mucho menor variabilidad representa el contenido de As + Sr vs Cr + Sc + Ba.

Tabla 4: Elementos traza - Correlación entre variables y las dos primeras CP - Porcentaje de reconstrucción de cada variable en el plano.

Varia- bles	1CP	2CP	% de recons- trucción
V	0.71637	0.06162	51.70
Cr	-0.39915	-0.29076	24.38
Ni	-0.49605	-0.15356	26.96
As	0.38116	0.49415	38.95
Sr	0.85603	0.51423	99.97
Zr	-0.70109	-0.16710	51.94
Ag	-0.03794	0.10125	1.17
Ba	0.23717	-0.30816	15.12
Pb	0.93083	-0.36293	99.92
Bi	-0.01215	0.29845	8.92
Th	0.03360	-0.01235	0.13
Sc	0.46618	-0.24908	27.94

En el gráfico de la figura 3 se muestra las coordenadas centradas de los individuos para los dos primeros componentes, donde es posible observar que las muestras con valores positivos de Y1 son las que tienen mayor contenido de V, Pb y Sr y se corresponden con las muestras más ricas en caolín.

Las muestras situadas a la izquierda del gráfico tienen elevado contenido de Zr.

La segunda componente representa el 18 % de la varianza total del modelo, además las variables están muy mal representadas, aunque al no estar correlacionada con la primer componente la variación en los elementos involucrados es independiente de la mineralización.

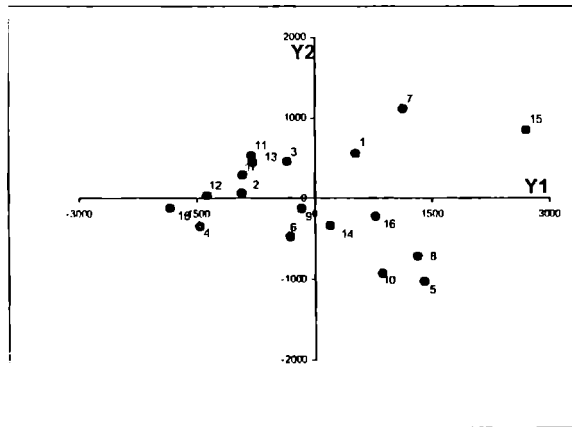


Figura 3. Coordenadas centradas de los elementos traza en el plano de las 2 primeras componentes

CONSIDERACIONES

De los resultados del análisis estadístico, apoyado sobre la base del estudio petrográfico - mineralógico previo surgen las siguientes consideraciones:

- Los elementos mayoritarios son más útiles que los trazas para definir zonas con mineralización de caolín. De los elementos utilizados la alúmina, sílice y la pérdida por ignición son los más representativos.
- El contenido de calcio y de hierro son independientes del proceso de mineralización. Esto puede explicarse con una distribución heterogénea en diferentes niveles de óxidos y hidróxidos de hierro y por un proceso de carbonatación posterior a la mineralización respectivamente.
- La mayoría de los elementos traza no muestra mayor variabilidad. Los más representativos para definir las zonas más ricas en caolín son el V, Sr y Pb.

CONCLUSIONES

1. El contenido de sílice, alúmina y la pérdida de peso, pueden ser utilizados en la exploración de nuevos sectores dentro del yacimiento para evaluar su riqueza.
2. El hierro y el calcio varían en forma independiente del grado de alteración de la roca y están asociados a procesos de movilización del hierro y carbonatación respectivamente.
3. Los elementos traza muestran poca variabilidad, de ellos podrían utilizarse el V, Sr y Pb cuyos contenidos aumentan con el enriquecimiento en caolín.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la CIC de la Prov. de Bs. As., al CONICET y a la UNS por el apoyo brindado.

REFERENCIAS

- Cortés, J. M. (1981). El substrato precretácico del extremo noreste de la provincia del Chubut. Asociación Geol. Argentina. XXXVI. Nº 3. 217-235.
- Johnson, R. D. and D. Wichern (1982). Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall. New Jweary. Cap. 10. 461-530.
- Maiza, P. (1972). Los yacimientos de caolín originados por la actividad hidrotermal en los principales distritos caoliníferos de la Patagonia, República Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur.
- Marfil S. A.; D. Pieroni y P. J. Maiza (2000). Dickita y alunita en mina Blanquita. Los Menucos. (Prov. de Río Negro). V Congreso de Mineralogía y Metalogenia. MINMET 2000. La Plata. 281-286.