

ANALISIS QUIMICO DE ARCILLAS*

Miriam Delgado López, Rómulo Ochoa L.**

1. INTRODUCCION

Las arcillas varían ampliamente en su composición química y van desde las caolinitas relativamente puras hasta aquéllas que contienen un alto porcentaje de otros compuesto.

Los materiales arcillosos son aquellos que contienen cada uno de los minerales de arcilla sustancialmente en forma pura. Los materiales arcillosos más comunes son el caolín y la bentonita.

El caolín es aquella roca que está compuesta principalmente del mineral de arcilla caolinita. Este material tiene bajo contenido de hierro y usualmente es de color blanco.

El caolín tiene principalmetne usos cerámicos, utilizándose también como carga en la industria del papel, caucho, textiles y numerosas otras [1], [2].

* Extracto de la tesis de bachillerato, de M. Delgado "Análisis Químico de Arcillas", PUCP, Marzo, 1989.

** PUCP, Departamento de Ciencia, Sección Química

La bentonita es aquella arcilla que se deriva de las cenizas volcánicas y contiene no menos del 85% del mineral montmorillonita.

Se conocen dos clases de bentonita: la bentonita sódica, llamada a menudo Bentonita Wyoming, la cual se expande en agua y lleva al sodio como predominante ión intercambiable; y la bentonita cálcica, la cual se hincha poco en agua y lleva al calcio como principal ion intercambiable. El mayor empleo de la bentonita es como plastificante, particularmente de las bentonitas sódicas, en la fabricación de moldes de arena para la fundición.

Las bentonitas cálcicas constituyen la materia prima fundamental para la obtención de tierras activadas, utilizadas en la refinación de aceites [3-5].

La determinación de la composición química de la arcilla consiste en hallar el contenido de los principales óxidos constituyentes, expresado en porcentaje, además de las pérdidas por calcinación.

Los ensayos más comunes para la identificación de los minerales de arcilla son: la determinación del pH, el hinchamiento en agua y la prueba del azul de metileno.

El análisis químico completo de materiales silíceos, dentro de los cuales se consideran a las arcillas, llevado a cabo por los métodos clásicos consume demasiado tiempo y requiere además de experiencia.

El método clásico está basado generalmente en la técnica del análisis gravimétrico; ello implica separaciones y evaporaciones lentas y engorrosas, muchas de las cuales tienen que ser repetidas, para obtener una separación cuantitativa razonable a partir de una misma muestra.

Debido a estas desventajas, se han elaborado numerosos esquemas para el análisis rápido de silicatos y otras rocas; estos esquemas están basados en el reemplazo de los procedimientos gravimétricos por otras técnicas [6] más sencillas y más rápidas y, lo que es más importante aún estas determinaciones son hechas frecuentemente en la presencia de otros elementos, evitándose las tediosas y lentas etapas de separación.

El esquema de análisis que se ha elaborado en el presente trabajo, combina el método clásico para la determinación de la sílice con el complexométrico para la determinación de óxidos de aluminio, hierro, calcio y magnesio, con el colorimétrico para la determinación del óxido de titanio y finalmente con el fotométrico de llama, para la determinación de los óxidos de sodio y de potasio.

El método de análisis combinado se fundamenta en los trabajos de Pribil y Vesely [7], Bermejo [8] y en los métodos estándar de análisis de silicatos [9-11].

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Método de análisis elemental de las arcillas.— Determinación de la composición química.—

La determinación de la composición química de materiales silíceos por los métodos convencionales ha tenido la desventaja de ser éstos muy elaborados y tediosos.

Es por esta razón que muchos analistas han elaborado una variedad de esquemas de análisis que comprenden desde métodos sencillos como los volumétricos hasta los complejos como los instrumentales.

Esquema general de análisis

El procedimiento a seguir se esquematiza en la figura 1. La determinación de SiO_2 se ha realizado por el método convencional, es decir, no se ha modificado el procedimiento, por considerarse a este método como el de mayor aceptación en los laboratorios.

Las pruebas de precisión y reproducibilidad para la determinación complejométrica de Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO y MgO , permitieron la elección de este método, teniéndose como errores relativos desde 1,9% para la determinación de Al_2O_3 y Fe_2O_3 hasta de 0,1% para la determinación de CaO y MgO [12].

Finalmente se determinan Na_2O y K_2O por fotometría de llama y al TiO_2 por espectrometría UV-Visible, de acuerdo a las normas ASTM.

2.2 Aplicación a muestras de un yacimiento de bentonita

El método de análisis elaborado en el presente trabajo fue aplicado para evaluar al calidad de las muestras de un yacimiento de bentonita, provenientes de una mina de Huancayo (Natrogel S.A.). En este caso, se determinó los primeros cinco óxidos principales de la arcilla.

Los resultados se muestran en la Tabla Nº 1

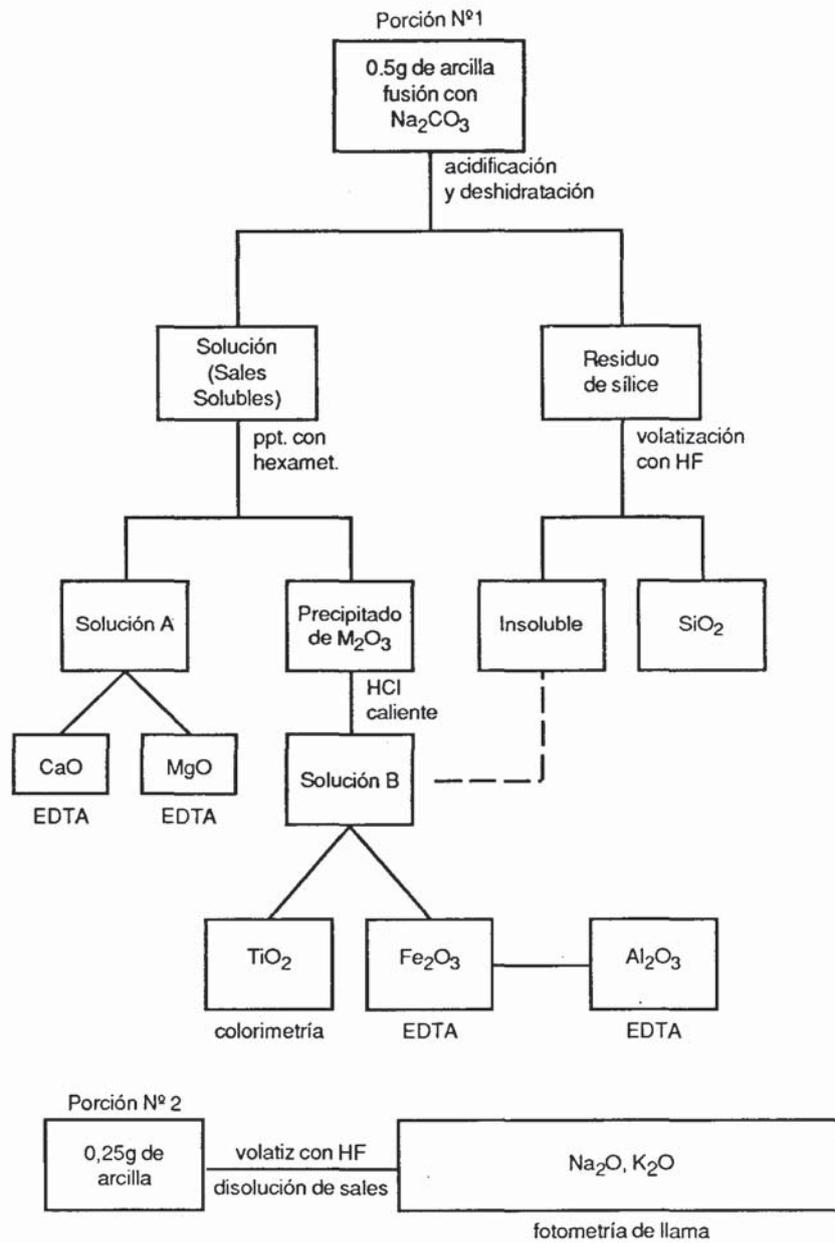


Figura 1: Esquema del método de análisis empleado en este trabajo.

Tabla N° 1 Análisis químico de muestras de un yacimiento de bentonita (Mina Mercedes, Huancayo, Perú).

Muestra	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	%Fe ₂ O ₃	%CaO	%MgO
01	51,46	9,56	0,99	5,27	3,47
02	48,08	14,02	1,28	12,45	2,66
03	52,36	11,70	5,03	6,45	3,03
04	59,80	16,57	5,19	8,80	0,89
05	53,52	14,02	4,63	11,38	4,63
06	54,12	15,29	5,27	8,47	5,27
07	52,70	16,57	8,46	4,99	8,46
08	54,62	17,84	0,66	3,02	1,77
09	57,51	18,48	3,75	7,68	3,75
10	60,94	21,67	5,91	3,55	2,00
11	58,62	15,29	3,03	9,31	9,71
12	38,38	19,12	1,40	24,96	3,43
13	57,88	15,29	2,87	8,58	6,29
14	46,18	15,29	2,71	4,78	1,06
15	53,53	19,12	5,27	13,01	7,05
16	65,86	12,75	5,19	5,89	5,89
17	61,35	12,75	3,67	10,66	7,38
18	45,32	15,29	1,80	16,45	8,26
19	41,94	10,20	2,06	5,30	3,91
20	56,32	10,60	2,83	16,77	4,04
21	55,28	11,47	1,24	7,57	3,63
22	62,86	15,29	2,16	6,45	2,82
23	61,67	12,75	1,60	5,05	3,39

2.3 Análisis químico completo de bentonitas y caolines

Se determinó la composición química de cuatro muestras de arcilla aplicando el método de análisis descrito en este trabajo, los resultados se muestran en la tabla N° 2

Tabla N° 2.- Composición química de bentonitas y caolínes nacionales

Muestra %	1	2	3	4
SiO ₂	65,22	67,12	46,99	50,36
Al ₂ O ₃	17,11	12,47	33,65	31,35
Fe ₂ O ₃	2,80	3,67	0,51	0,49
CaO	5,08	3,38	1,26	1,83
MgO	4,05	1,54	1,66	0,16
Na ₂ O	0,48	2,55	0,22	0,30
K ₂ O	0,29	0,35	0,10	0,05
TiO ₃	-	0,28	0,35	0,51
Pérdidas por calc. (1000°C)	5,05	7,27	14,35	13,67
Total	100,08	98,63	99,09	98,72

1. Bentonita Mercedes (Natrogel, Mina de Huancayo).
2. Bentonita Sódica (Siderperú)
3. Caolín A (Universidad Técnica de Cajamarca).
4. Caolín B (Universidad Técnica de Cajamarca).

Se hicieron las pruebas fisicoquímicas para las cuatro arcillas, los resultados se resumen en la tabla N° 3

Tabla N° 3.- Pruebas fisicoquímicas para las arcillas

Arcilla	Prueba	Hinchamiento (mL)	C.I.C (mcq/100g)	pH
Bentonita Mercedes	**	5	120	7,4
Bentonita Sódica		12	113	9,4
Caolín A		1	7	6,1
Caolín B		1	7	6,2

3. DISCUSION DE RESULTADOS.—

De las tablas N° 2 y 3 se distinguen por medio de los rangos de composición de cada componente, las arcillas bentonitas de las arcillas caolines.

Las características principales son primero, la relación de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, que es mucho mayor en las bentonitas que en los caolines. Otra característica importante es el bajo contenido de fierro y álcalis y la alta pérdida por calcinación que tienen los caolines respecto de las bentonitas.

Sin embargo, el análisis químico no es determinante para diferenciar una arcilla de otra, por lo que se realizaron las pruebas fisicoquímicas.

Las pruebas fisicoquímicas de la tabla N° 3 muestran que:

- Se pueden distinguir las bentonitas de los caolines en la prueba de hinchamiento. Como se espera teóricamente, los caolines se hincharán ligeramente mientras que las bentonitas lo harán considerablemente y dentro de ellas, la bentonita sódica es la que deberá mostrar mayor hinchamiento.
- Mediante la medición de la capacidad de intercambio catiónico, se identifica claramente la presencia de diferentes minerales de arcilla. Los minerales de montmorillonita tienen una alta capacidad de intercambio catiónico, y éstos constituyen en gran porcentaje a la arcilla bentonita.
- El pH es también característico para cada material arcilloso. Las bentonitas tienen pH superiores a 7 y los caolines inferiores a 7.

Así, junto con las pruebas fisicoquímicas de identificación de minerales de arcilla, el análisis químico constituye una técnica importante para la evaluación de las arcillas.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- 1) El esquema de análisis empleado para la determinación de la composición química resulta sencillo en especial para análisis completos en un menor tiempo.

- 2) Mediante la determinación de la composición química se establece la relación $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ para las bentonitas, la cual es mucho mayor que la de los caolines. Esto es particularmente importante cuando se trata de yacimientos puros o poco alterados.
- 3) Con la determinación de la composición química y con los ensayos fisicoquímicos se evalúa la calidad de un material arcilloso, según las especificaciones requeridas por la industria.

4.2 Recomendaciones

- 1) Las impurezas de contaminación, fierro, sales alcalinas y alcalino-térreas, carbonatos, etc., generalmente pueden ser separadas mediante tratamiento específico. El procedimiento usual para el tratamiento de las arcillas debe acondicionarse al contenido de impurezas registradas en los análisis químicos y definir hasta qué punto pueden ser perjudiciales para determinada aplicación.
- 2) Debe continuarse con el estudio de un mayor número de arcillas que se encuentran en el Perú, muchas de las cuales no han sido identificados. La integración de la investigación geológica, mineralógica y química, permitirá obtener la clasificación e identificación de las arcillas nacionales.

BIBLIOGRAFIA

1. Grim R., (1962), **Applied Clay Mineralogy**, Ed. McGraw-Hill Book-Company INC.
2. Singer F. y Singer S., (1979), **Cerámica Industrial** Vol. 1 Ed. Urmo, España, p. 42-43.
3. Grim R., (1953), **Clay Mineralogy**, Ed. McGraw-Hill Book Company INC, p. 361-364.
4. Gillson Joseph L. (1960) **Industrial Minerals and Rocks**, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, p. 87-88.
5. Kirk y Othmer, (1961), **Enciclopedia de Tecnología Química**. Tomo II, Ed. Utcha, México, p. 690-692.
6. Jeffery P. G., (1981), **Chemical Methods of Rock Analysis**, Ed. Pergamon Press, Oxford.
7. Pribil R. and Vesely, (1966), *Chemist Analyst*, **55**, 1
8. Bermejo F. y Prieto A., **Aplicaciones Analíticas de AEDT y sus análogos**, Universidad de Santiago de Compostela, España.
9. Welcher F., (1963), **Standard Methods of Chemical Analysis** Vol. IIB, Ed. Van Nostrand Reinhold Company, p. 2261-2264.
10. Publicación del American National Standard 1979, Norma ANSI/ASTM C323-556 (Reapproved 1976), Norma ANSI/ASTM C169-75.
11. Bennett H. and Reed R. A., (1971), **Chemical Methods of Silicate Analysis, A Handbook**, Ed. Prescot and London, Great Britain.
12. Ochoa L. Rómulo y Delgado L. Miriam, (1987), **Análisis Químico de Bentonitas**, trabajo presentado en el XV Congreso Peruano de Química.