

Caracterización Mineralógica de Arenas Silíceas y Minerales de la Arcilla en la Cantera Las Barrancas (Espirdo, Segovia)

/BEGOÑA AMANDI GUIOTE (1)

1) Facultad de Geología. Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais 2. 28040, Madrid, España.

INTRODUCCIÓN

En la cantera «Las Barrancas», localizada en el municipio de Espirdo (provincia de Segovia), hasta el año 2011 y por más de 30 años, se explotaron arcillas cerámicas rojas, para la fabricación de refractarios, y arenas silíceas. Dicha extracción se realizó a favor de una unidad areno-arcillosa de edad Cretácico Superior: la Formación «Arenas y Arcillas de Segovia» (Fig. 1a), donde destacan importantes niveles de arcillas caoliníticas versicolores que aparecen frecuentemente acarcavados, siendo resultado de procesos erosivos desencadenados y acelerados por las actividades extractivas mencionadas (Fig. 1b).

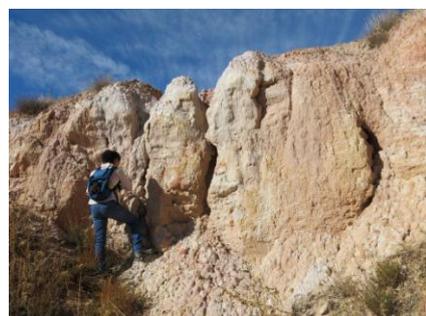


Fig. 1. A) Vista parcial del frente de explotación principal de la cantera; B) Niveles de arenas y arcillas beneficiables acarcavados.

Se ha llevado a cabo el estudio de 18 muestras de arenas y arcillas extraídas

de la cantera y sus inmediaciones con el objetivo de caracterizar en detalle la mineralogía los depósitos económicamente beneficiables.

METODOLOGÍA

La identificación de las fases minerales se ha realizado mediante difracción de rayos X (DRX) con el método de polvo policristalino, utilizando para ello el software EVA (Bruker) y la base de datos ICDD-PDF2.

La mineralogía de las muestras arcillosas se ha determinado mediante la preparación de agregados orientados (fracción limo <20 µm y fracción arcilla <2 µm): sin tratamiento, saturados con etilenglicol y calentados a 550°C. La identificación de los distintos filosilicatos presentes se realizó en función a los valores de $d(\text{Å})$ de sus reflexiones basales características en función de su respuesta a los distintos tratamientos aplicados.

También se llevó a cabo un análisis semicuantitativo de los minerales de la arcilla, utilizando el método de los «poderes reflectantes» propuesto por Schultz (1964), basado en tomar el pico correspondiente a la reflexión principal de cada mineral y calcular su área, con el fin de determinar su intensidad.

Min.	Poder Reflectante	$d(\text{Å})$	Ref.
Illita	0,65	5,00	Nieto (1983)
Kao	2,0	7,1	Biscaye (1965)
Q	0,5	4,25	Cosgrove y Sulaiman (1973)

Tabla 1. Poderes reflectantes y reflexiones utilizadas para el análisis semicuantitativo de los minerales de la arcilla (Illita, Kao: Caolinita y Q: Cuarzo) junto con los autores que los proponen.

RESULTADOS

Análisis mineralógico (DRX)

La composición mineralógica global de las muestras analizadas está formada mayoritariamente por cuarzo y filosilicatos, habiendo también presencia de cantidades variables de dolomita, hematites y calcita en alguna muestra (Tabla 2).

Para la identificación y cuantificación de los filosilicatos globales presentes en cada muestra, se empleó el Muscovite 2M1 como patrón genérico interno de laboratorio, siendo ajustado según la reflexión correspondiente al pico de 4,46 Å.

La mayoría de las muestras, presentan concentraciones superiores al 80% en sílice, a excepción de la muestra 1 correspondiente a un nivel dolomítico y las muestras 3 y 10, pertenecientes a niveles de arcillas versicolores, con un mayor porcentaje de filosilicatos que el resto (>40%).

Muestra	Q	Phy	
1	10,3		89,7 (Dol)
2	93,1	6,9	
3	58,3	41,7	
4	97,7	2,3	
5	92,7	3,9	3,4 (Hem)
6	82,7	17,3	
7	80,1	19,9	
8	88,5	11,5	
9	84,7	15,3	
10	57,6	42,4	
11	92,3	7,7	
12	91,4	24,2	
13	95,9	4,1	
14	95,3	4,7	
15	81		19 (Cal)
16	84	16	
17	80,4	19,6	
18	98,5	1,5	

Tabla 2. Concentraciones en % de los distintos minerales que constituyen las muestras analizadas (Q: Cuarzo, Phy: Filosilicatos, Dol: Dolomita, Hem: Hematites y Cal: Calcita)

palabras clave: Mineralogía, Arcillas, Caolinita, Illita, DRX	key words: Mineralogy, Clays, Kaolinite, Illite, XRD
--	---

Agregados orientados

La identificación de los minerales arcillosos mediante la preparación de agregados orientados, se realizó comparando los difractogramas resultado de los tratamientos aplicados a cada una de las muestras (Fig. 2).

La caolinita y la illita son los únicos minerales de la arcilla detectados en la casi totalidad de las muestras, tanto en la fracción <2 micras como en el intervalo 2-20 micras.

La illita se identificó por sus reflexiones características, ubicadas en 10 Å (d_{001}), 5 Å (d_{002}) y 3,31 Å (d_{003}), que no se modifican al glicolar ni al calentar el preparado. El área del pico a 5 Å se utilizó para determinar el porcentaje de illita, al ser esta reflexión de segundo orden más fácilmente diferenciable de otras. No se emplea la reflexión basal de primer orden a 10 Å debido a que se solapa con la reflexión basal principal de la paragonita (9,7 Å) y con reflexiones correspondientes a otras fases, como interstratificados de illita/esmectica y moscovita/paragonita.

La caolinita se identifica con los picos de intensidad de 7 Å (d_{001}) y 3,58 Å (d_{002}). Al ser tratadas con el etilén-glicol el tamaño de los picos disminuye y al calentarlas a 550° C se produce el colapso de la estructura cristalina de

este mineral. Normalmente, uno de los problemas más habituales en la cuantificación de la caolinita es el hecho de que la reflexión a 7 Å corresponde a la suma de clorita y caolinita. En este caso, dado que no se han identificado las demás reflexiones basales características de la clorita (d_{001} :14 Å, d_{003} : 4,7 Å y d_{004} : 3,5 Å; que no varían con el tratamiento etilén-glicol y al calentarse se vuelven más intensas o pueden desaparecer), el área correspondiente a la reflexión a 7 Å se emplea en la semicuantificación de la caolinita.

El cuarzo se identifica en los picos de intensidad correspondientes a las reflexiones de 4,25 Å (d_{001}) y 3,33 Å (d_{002}). Para semicuantificar su proporción, hay que tener en cuenta la superposición de las reflexiones a 3,33 Å del cuarzo y a 3,31 Å de la illita. Por ello, para realizar su evaluación se considera el área correspondiente a la reflexión a 4,25 Å del cuarzo, que no interfiere con ninguna otra reflexión de las fases presentes.

El análisis semicuantitativo reveló que el mineral más abundante en todos los agregados estudiados es la caolinita (Tabla 3). En las muestras correspondientes a los niveles de arcillas explotables (muestras 6-10, 12 y 13), generalmente siempre se encuentra en proporciones mayores al

85% en ambas fracciones. La illita y el cuarzo aparecen en menores cantidades que no suelen superar el 10%, teniendo estas muestras normalmente mayor contenido en illita salvo algunas arcillas especialmente ricas en sílice.

Al compararse el contenido mineralógico entre ambas fracciones (<20 µm y <2 µm) puede observarse una ligera tendencia en los contenidos en caolinita de las muestras, al aumentar frecuentemente en la fracción arcilla; y concentrándose preferentemente la illita y el cuarzo en la fracción tamaño limo.

Muestra	Caolinita	illita	Cuarzo
3_2	98,5	1,9	2,3
3_20	20,4	47,1	32,5
6_2	29,6	51,9	18,5
6_20	93,8	2,3	3,9
7_2	96,7	2,3	1,0
7_20	93,1	4,4	2,5
8_2	91,6	4,9	3,5
8_20	87,0	4,5	8,5
9_2	94,8	4,6	0,6
9_20	93,0	6,1	0,9
10_2	89,9	2,8	7,3
10_20	84,9	2,8	12,3
12_2	97,7	1,8	0,5
12_20	95,1	2,5	2,4
13_2	94,9	0,1	4,9
13_20	97,0	1,2	1,8
14_2	56,6	10,1	33,3
14_20	96,8	2,2	1,0
16_2	93,3	6,0	0,7
16_20	89,5	7,5	3,0
18_2	97,3	2,2	0,5
18_20	67,2	18,8	14,0

Tabla 3. Análisis semicuantitativo de minerales de la arcilla en las muestras (%). Los códigos de las muestras empleados son: núm.muestra_2 para la fracción tamaño arcilla (<2 µm) y núm.muestra_20 para la fracción tamaño limo (<20 µm).

CONSIDERACIONES FINALES

La mineralogía de la muestra total de las arenas está compuesta mayoritariamente por cuarzo, obteniendo valores superiores al 80% que reflejan una clara composición rica en sílice, tal y como era esperado, dada la extracción de arenas silíceas realizada desde la década de 1960 hasta los primeros años 2000. Para el caso de los minerales arcillosos, la caolinita es la fase más abundante en ambas fracciones granulométricas con concentraciones ligeramente superiores en la fracción tamaño arcilla. También se reconocen cantidades menores de illita y cuarzo en la mayoría de las muestras, que tienen mayor presencia en la fracción tamaño limo.

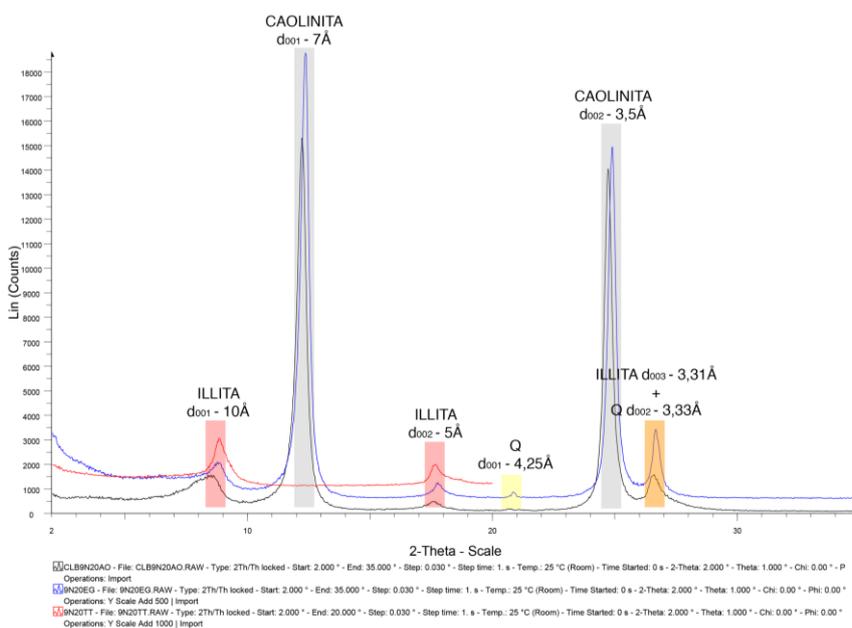


Fig 2. Ejemplo de comparación de difractogramas de los agregados orientados de una muestra estudiada para la fracción <20 µm: AO normal (negro), EG (azul), TT (rojo); y análisis cualitativo de las fases minerales.

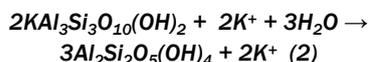
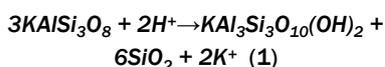
La persistencia del cuarzo en la fracción arcillosa puede explicarse por diversas razones. Según Tucker (1991), el cuarzo de origen detrítico se encuentra en la fracción tamaño limo, mientras que en la fracción menor de 2 µm puede encontrarse debido a un origen detrítico o autigénico. El cuarzo en estas muestras tiende a concentrarse en la fracción menor de 20 µm, pero con diferencias poco significativas respecto a la fracción tamaño arcilla. Por lo tanto, puede considerarse que parte del cuarzo presente en ambas fracciones es de origen detrítico, resultado de los procesos de meteorización sufridos por las rocas iniciales (granitos, gneises); mientras que la otra parte del cuarzo presente en la fracción tamaño arcilla puede ser de origen autigénico o diagenético.

La formación de la caolinita en estas muestras, puede ser en parte de origen detrítico y también ser arcillas originadas por procesos de neoformación, asociados a los procesos de alteración química de los minerales micáceos durante la diagénesis. Su neoformación es favorecida frente a otras asociaciones arcillosas por el hecho de que solo requiere de Si y Al como constituyentes esenciales (Porta et al., 1999).

El mecanismo de formación de caolinita a partir de la alteración de aluminosilicatos por la acción de aguas intersticiales ácidas ha sido ampliamente aceptado en la bibliografía. Tales condiciones se alcanzan en climas subtropicales durante la etapa de edafización y en los primeros estadios de la diagénesis, donde se puede producir un importante flujo de aguas meteóricas (Burley y MacQuaker, 1992; Bjorlykke, 1994). Durante el Cretácico, el clima en la plataforma Norcastellana fue subtropical y consiguientemente favorable para la formación de caolinita.

El requisito principal para el desarrollo de estos procesos es la disponibilidad de feldespatos en cantidades suficientes como para proporcionar los componentes necesarios para su formación vía hidrólisis, así como la existencia de un elevado flujo de aguas intersticiales, lo que implica una permeabilidad importante de los sedimentos. Las siguientes reacciones muestran la hidrólisis progresiva de feldespato potásico (1) y sericita (2)

para la formación de caolinita (e.g., Oyarzún y Oyarzun, 2011):



Al respecto, tanto la progresiva compactación mecánica como la cementación de los sedimentos no favorecen la formación de caolinita a medida que la diagénesis progresa. Soterramientos importantes del sedimento hubieran supuesto una mineralogía esencialmente diferente de la actualmente preservada, implicando la desaparición de caolinita y la formación de nuevos minerales como la clorita, no detectado en estas muestras.

Por lo tanto, la mineralogía de arcillas identificada consistente únicamente en una mezcla de caolinita mayoritaria e illita, siendo este último mineral de origen fundamentalmente detrítico, se corresponde con una asociación típica de depósitos que no han sufrido una intensa maduración diagenética.

AGRADECIMIENTOS

A los Doctores Elena Crespo y Roberto Oyarzun por ofrecerme este trabajo de fin de máster y supervisar el estudio. Al Dr. José Francisco Martín Duque por sugerir el área de estudio, explicar las características generales de la geología de la zona, y asesorar en distintos aspectos de este trabajo. Al Dr. José Fernández Barrenechea por su asesoramiento en la preparación y análisis de arcillas.

REFERENCIAS

- Biscaye, P. E. (1965): *Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. Geological Society of America Bulletin*, **76** (7): 803-832.
- Bjorlykke, K. (1994): *Fluid-flow processes and diagenesis in sedimentary basins. Geofluids: Origin, Migration and Evolution of Fluids in Sedimentary Basins. Geological Society Special Publication*, 127- 140.
- Burley, S. D. y MacQuaker, J.H.S. (1992): *Authigenic clays, diagenetic sequences and conceptual diagenetic models in contrasting basin-margin and basin-centre North Sea Jurassic sandstones and mudstones. Origin, Diagenesis and Petrophysics of Clay Minerals in*

- Sandstones. SEPM Special Publication*. **47**: 81- 110
- Cosgrove, M. E. Y Sulaiman, A. M. A. (1973): *A rapid method for the determination of quartz in sedimentary rocks by X-ray diffraction, incorporating mass absorption correction. Clay Minerals*, **10**: 51-55.
- Oyarzún, J. y Oyarzun, R. (2011): *Minería Sostenible: Principios y Prácticas. Ediciones GEMM - Aula2punto.net, http://www.aulados.net/GEMM/Libros_Ma_nuales/index_libros.html* 418 p.
- Porta, J.; López-Acevedo, M. Y Roquero de Laburu, C. (1994): *Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid*. 807 p.
- Nieto, F. (1983): *Las cloritas de las Cordilleras Béticas. Tesis doctoral. Universidad de Granada*, 249 p.
- Schultz, L. G. (1964): *Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale (No. 391-C)*.
- Tucker, M.E. (1991). *Sedimentary petrology: An introduction to the origin of sedimentary rocks. Blackwell Science. Oxford*. 260 p.