

# Notas Geocientíficas



# CARACTERIZACIÓN DE DOS ARCILLAS COLOMBIANAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y SU RELACIÓN CON ASPECTOS DE ORIGEN Y TRANSFORMACIÓN

Carriazo, J.<sup>1</sup>; Molina, R.<sup>1</sup>; Moreno, S.<sup>1</sup>

## RESUMEN

Dos arcillas naturales procedentes del departamento de Córdoba (Colombia) fueron purificadas mediante técnicas convencionales que incluyen separación mecánica y tratamientos químicos. Los materiales se caracterizaron por difracción de rayos X (DRX) y por análisis químico. Uno de estos materiales se identificó como una arcilla esmectítica, mientras que el otro mostró características vermiculítico-aluminosas. El mayor contenido de cationes sodio en la primera arcilla es un factor determinante que explica la mayor capacidad de expansión de este material. La presencia de pequeñas impurezas de cuarzo, illita, calcita, caolinita y posibles materiales alofónicos, reflejan los ambientes de origen y meteorización de los minerales primarios y sugieren, que la formación de las arcillas caracterizadas en el presente trabajo, fue el resultado de la transformación de minerales micáceos.

**Palabras clave:** Arcillas, minerales de arcilla, esmectita, caracterización de arcillas, meteorización.

## CHARACTERIZATION OF TWO COLOMBIAN CLAYS BY X-RAY DIFFRACTION AND THEIR RELATIONSHIP WITH ORIGIN AND TRANSFORMATION ASPECTS

### ABSTRACT

Two natural clays extracted from soils of Colombia (department of Córdoba) were purified by means of conventional methods which include operations of mechanical separation and chemical treatments. The obtained materials were characterized by X-ray diffraction (XRD) and elemental chemical analysis. One of these materials was identified as a smectite type clay, whereas the other material showed characteristics of aluminous vermiculite type clay. The greater sodium cations content in the first clay than in the second clay is a determining factor to explain the difference on expansion capacity between these materials. The presence of small quantities (impurities) of quartz, illite, calcite, kaolinite and the possible presence of allophonic material reveal the origin and weathering environments of the primary minerals and suggest the formation of the characterized clays from the transformation of micaceous minerals.

**Keywords:** Clay, clay minerals, smectite, characterization of clays, weathering.

---

<sup>1</sup> Centro de Catálisis Heterogénea. Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia.  
Autor de correspondencia: jcarriazog@unal.edu.co

## INTRODUCCION.

Las arcillas tienen gran importancia en la agricultura y en general en las ciencias del suelo. Estos materiales determinan en gran parte la fertilidad de los suelos controlando la disponibilidad de nutrientes (catiónicos y aniónicos) mediante reacciones de intercambio iónico, así como también condicionan la retención de agua y las propiedades de textura.

El término arcilla se refiere a la fracción de suelo con tamaño menor a 2 micras, cuya composición comprende especies de naturaleza química diversa: minerales de arcilla (filosilicatos cristalinos, FIGURA 1), aluminosilicatos amorfos (alofana), óxidos e hidróxidos metálicos, carbonatos, sulfatos, materia orgánica, entre otros. Los minerales de arcilla son esencialmente aluminosilicatos hidratados que pertenecen a la familia de los filosilicatos (Newman, 1987; Mott, 1988). Átomos de magnesio o hierro pueden sustituir al aluminio en grado variable. Los cationes alcalinos y alcalino-térreos se encuentran comúnmente como iones de compensación de carga sobre la superficie del mineral (Grim, 1953). Todas estas características permiten tener una amplia variación en la composición química de los minerales de arcillas, lo cual determina gran parte del comportamiento químico del suelo.

### Origen de los filosilicatos.

Las arcillas, y por tanto los minerales de arcilla, son producto de los procesos de meteorización de rocas. La meteorización conduce a una variación en cuanto a la composición y al tamaño de las rocas y minerales que sufren este proceso; dichos procesos de degradación se ven favorecidos por factores de tipo físico, químico y biológico.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

Se extrajeron dos arcillas naturales del departamento de Córdoba (Colombia). Las arcillas (denominadas en adelante G y R) provienen de las localidades de “San Sebastián” y “Ciénaga de Oro”, respectivamente. Ambas muestras fueron purificadas empleando métodos convencionales (Kunze, 1965): separación de arenas y limos, disolución de sales solubles y carbonatos, remoción de materia orgánica, remoción de óxidos de hierro libre y separación de fracciones por tamaño de

partícula (mediante centrifugación a diferentes velocidades) para obtener partículas menores a 2 micras.

### Caracterización de las muestras.

El análisis químico elemental de las arcillas se llevó a cabo empleando la técnica de fluorescencia de rayos X, en un equipo *SDX, Siemens SRS 330*.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se determinó empleando una solución de acetato de amonio 2M, a temperatura ambiente y con intercambio con cada material durante 12 horas. Luego, las muestras se lavaron con agua destilada, hasta que las soluciones quedaron libres de acetato. Finalmente el contenido de amonio en las muestras se determinó por micro Kjeldahl.

Los análisis de difracción de rayos X se desarrollaron en un equipo *Brucker AXS D5005*, provisto de un anticátodo de Cu (radiación  $K\alpha$ ). La suspensión de arcilla se depositó sobre una placa de vidrio para obtener una película orientada (técnica de placa orientada) y luego, se secó a 70°C. Igualmente, se tomaron los difractogramas de las muestras tratadas con solución de etilenglicol, después de ser secadas a temperatura ambiente y ser calentadas a 300°C.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados del análisis químico de las arcillas naturales son presentados en la TABLA 1. La composición química de las arcillas está en el rango de los valores reportados por Newman (1987) y Besoain (1985) para algunas esmectitas sódicas. Estos resultados sugieren que las arcillas G y R son esmectitas. Igualmente se puede notar una diferencia significativa en el contenido de ciertos componentes menores como hierro, magnesio y sodio, siendo mayor la cantidad de sodio en la muestra R que en la G, la cual a su vez posee mayor contenido de Mg.

Los resultados de capacidad de intercambio catiónico muestran valores relativamente bajos (53 y 87 meq/100g para R y G, respectivamente) con respecto a aquellos usualmente reportados para arcillas tipo esmectita. Dichos valores probablemente se deben a la presencia, sobre ambos materiales, de fases contaminantes tales como cuarzo, caolinita y calcita,

TABLA 1. Composición química (%) de las arcillas naturales.

Arcilla	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	CaO	CuO
R	20,2	45,6	6,9	1,8	3,9	0,1	0,06
G	20,8	46,6	9,3	2,3	1,6	0,1	0,06

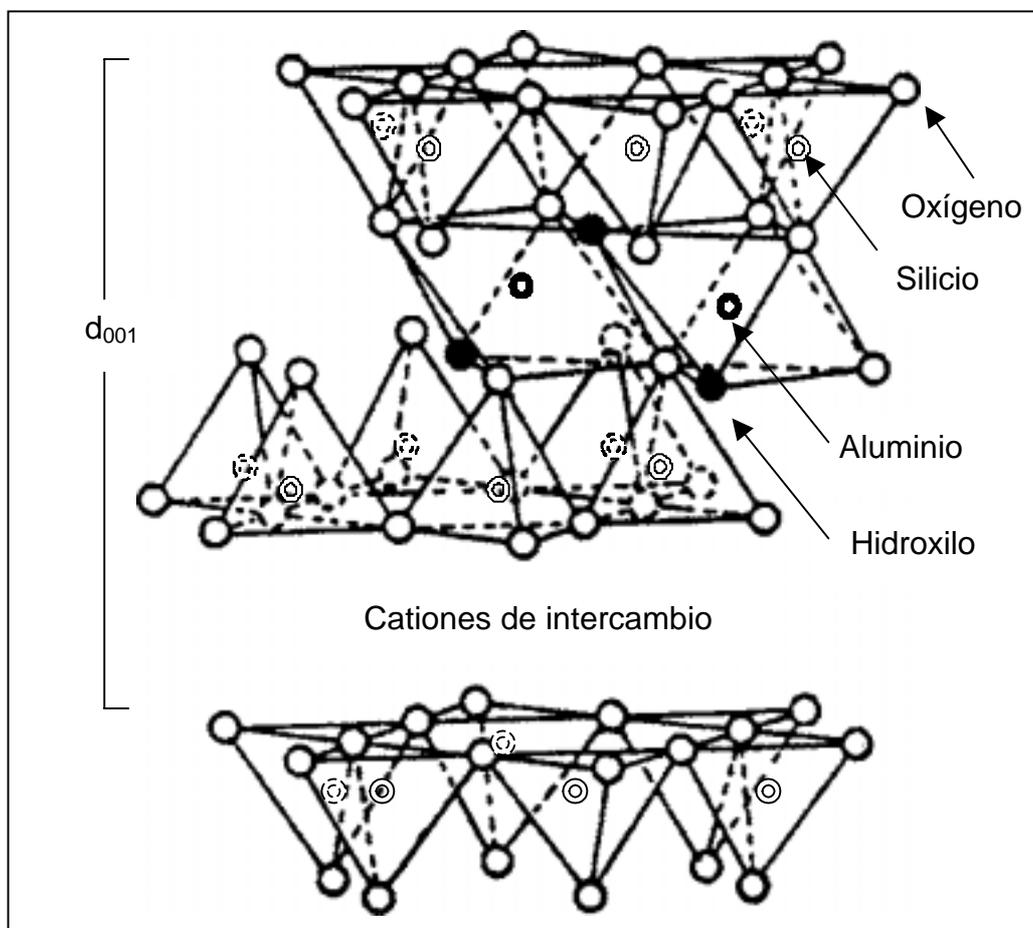


FIGURA 1. Esquema de un mineral de arcilla tipo 2:1.

identificadas por difracción de rayos X. La arcilla R tiene una menor CIC que la arcilla G, aunque semicuantitativamente se calculan porcentajes similares de esmectita en ambas muestras a partir de los difractogramas de rayos X, lo que probablemente puede explicarse teniendo en cuenta que la arcilla R, contiene mayor cantidad de minerales amorfos (como por ejemplo alófanos), los cuales son imposibles de detectar por difracción de rayos X (Grim, 1953; Besoain, 1985). Dicho resultado se confirma al someter las muestras a un proceso de desgasificación a 200°C

y en atmósfera de nitrógeno, revelándose una mayor pérdida de agua para la arcilla R (3.4%) que para la arcilla G (2.8%) lo cual, en principio, debe estar relacionado con la presencia de materiales alofánicos (Russell y Fraser, 1994).

Los patrones de difracción de rayos X de las muestras R y G (FIGURA 2) revelan señales características pertenecientes a arcillas tipo esmectita, como también señales características de fases contaminantes, principalmente caolinita ( $d$ : 7.20 Å, 4.45 Å, 3.52 Å,

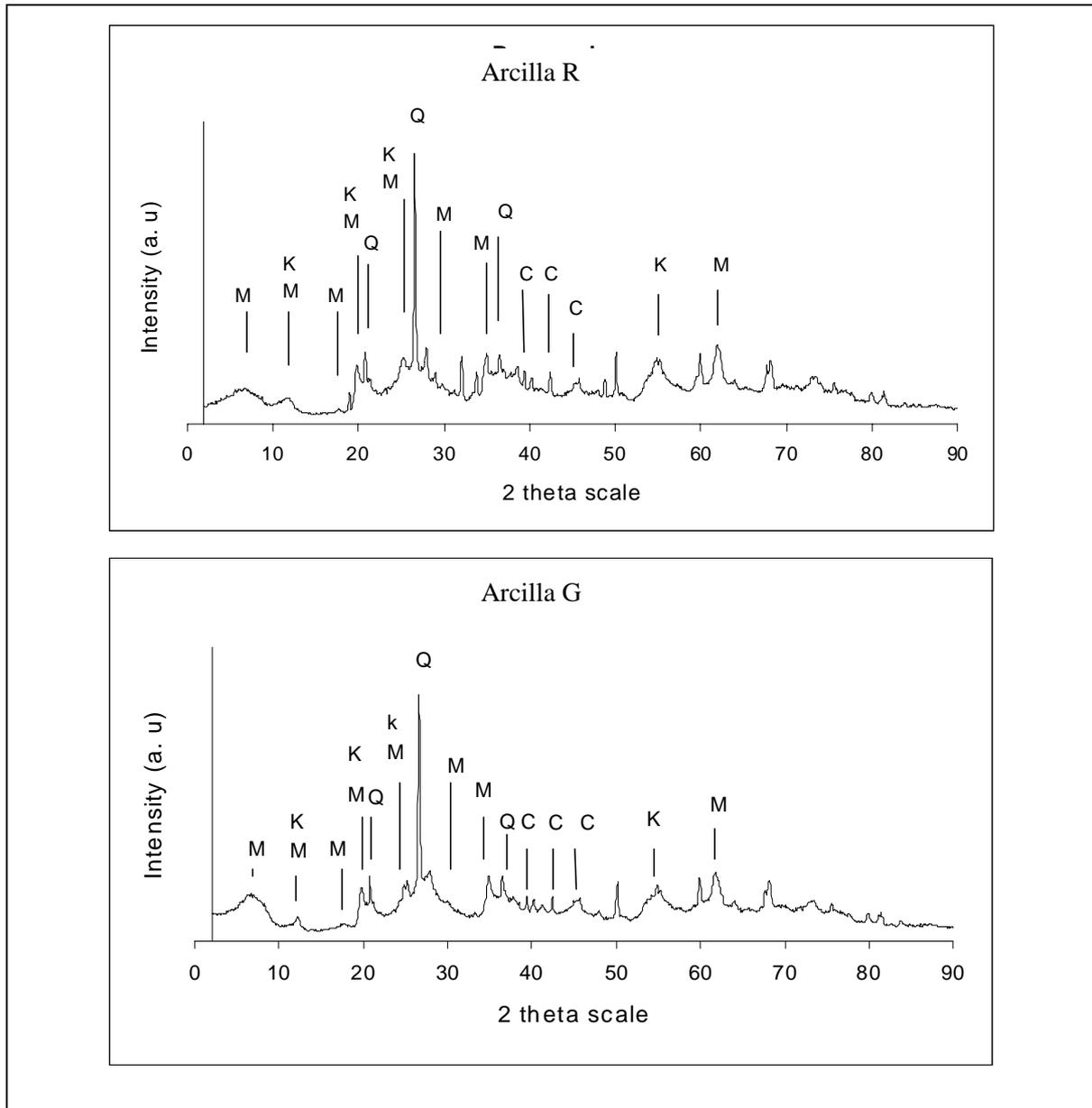


FIGURA 2. Difractogramas de las arcillas naturales R y G. M = esmectita, K = caolinita, Q = cuarzo, C = calcita.

2.28 Å, 1.67 Å) y cuarzo ( $d$ : 4.27 Å, 3.35 Å, 2.45 Å). Los resultados de difracción de rayos X están de acuerdo con los reportados en la literatura para una arcilla tipo esmectita (Grim, 1953; Besoain, 1985; Brown, 1961; Moore and Reynolds, 1997) y confirman las conclusiones preliminares obtenidas por análisis químico elemental.

Los patrones de difracción de rayos X de las arcillas R y G saturadas con solución de etilenglicol y luego

secadas a temperatura ambiente evidencian una importante diferencia. Los espaciados basales ( $d_{001}$ ) de R y G fueron de 17.5Å y 13.0Å respectivamente (FIGURA 3). Estos resultados indican que la arcilla R posee una mayor capacidad de expansión que la arcilla G, lo cual está de acuerdo con el análisis químico que muestra un mayor contenido de sodio para la arcilla R; como catión sodio tiene un mayor radio de hidratación que el magnesio (Jolivet, 1994), se facilita la capacidad de expansión de la arcilla.

Por otra parte, los resultados de difracción de rayos X de las muestras con etilenglicol y tratadas térmicamente permiten identificar plenamente el tipo de arcilla, puesto que puede existir dificultad en los análisis de rutina para distinguir las montmorillonitas de algunos tipos de clorita que muestran expansión de 14 a 17 Å después de la glicolación (Brown, 1961; Moore y Reynolds 1997). La distinción puede hacerse evaluando el comportamiento de las muestras cuando se calientan a 300°C (Moore y Reynolds, 1997); si la arcilla es una montmorillonita, colapsa a 10 Å ( $d_{001}$ ) después del calentamiento, pero si la arcilla es una clorita, se obtiene un espaciado de 14 Å. Thorez (2003) aplica un procedimiento similar al anterior para diferenciar esmectitas de vermiculitas y cloritas, el cual consiste en observar los espaciados  $d_{001}$  de la arcilla en tres condiciones: natural (sin ningún tratamiento), saturada con etilenglicol y calcinada. La secuencia simple de identificación (natural – glicolada – calcinada) es la siguiente:

14 Å – 14 Å – 14 Å	14 Å – 14 Å – 10 Å	14 Å – 17 Å – 10 Å
Clorita	Vermiculita	Esmectita

Así, en los ensayos realizados con las arcillas R y G, ambas colapsaron a 10 Å después del tratamiento con etilenglicol y calentamiento a 300°C. Estos resultados confirman que la arcilla R efectivamente es una esmectita, mientras que la arcilla G, (con etilenglicol ~13 Å) probablemente ha sido producto de un proceso de “vermiculitización” durante la meteorización de los minerales. Sin embargo, los resultados del análisis químico muestran porcentajes altos de alúmina y

porcentajes bajos de hierro y/o magnesio propios de esmectitas. Aunque la división entre esmectitas y vermiculitas es un tanto arbitraria, dicho resultado podría indicar que lo más probable, es que la arcilla G se haya formado como vermiculita dioctaédrica (vermiculita aluminosa) (Thorez, 2003). Igualmente las DRX revela una pequeña fracción illítica (figura 3) en ambos materiales, R y G (secuencia: 10 Å – 10 Å – 10 Å en la metodología de Thorez, 2003), lo cual indica que ambos, son producto de la alteración (meteorización) de minerales micáceos.

La presencia de materiales primarios como cuarzo e illita, refleja la degradación de las rocas iniciales mediante procesos de meteorización, por transformación. La presencia de illita refleja la alteración gradual de materiales micáceos hasta su transformación en minerales esmectíticos. La formación de esmectita o vermiculita (aluminosa) está relacionada con la presencia de cationes como magnesio y calcio en las rocas parentales que dieron origen a estas arcillas. La presencia de calcita, determinada por DRX, revela la existencia de calcio en los ambientes de origen de estas arcillas. Igualmente, la existencia de materiales tipo esmectita o vermiculita está relacionada con drenajes pobres en los lugares donde se formaron estos minerales.

La presencia de material alofánico en las arcillas R y G, indica la probable influencia de cenizas volcánicas en los lugares de origen (más en el material parental de R que en el de G) bajo condiciones de ambientes relativamente húmedos.

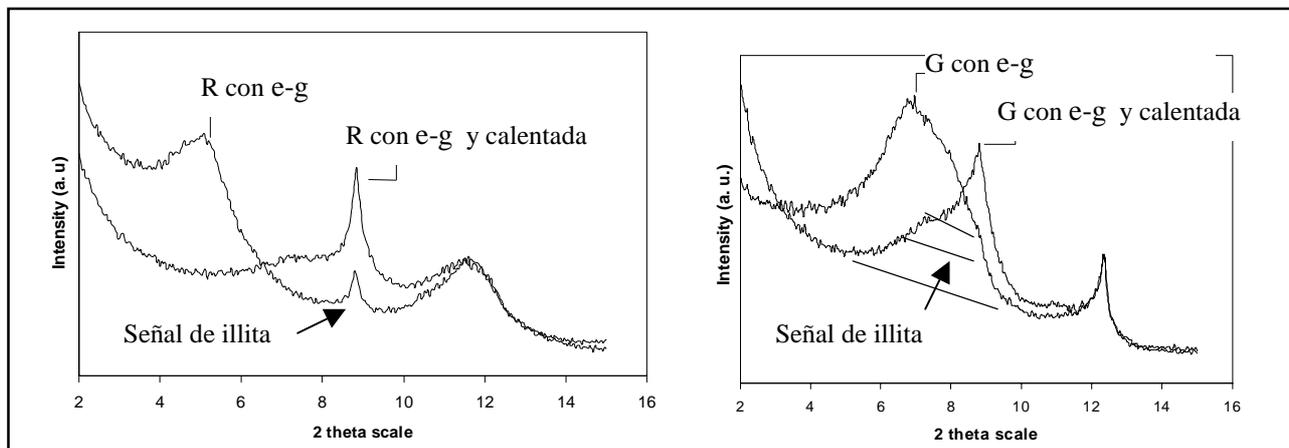


FIGURA 3. Difractogramas de las arcillas naturales saturadas con etilenglicol (e-g) y calentadas a 300°C después de la saturación.

## CONCLUSIONES.

Los resultados de difracción de rayos X y análisis químico elemental evidencian que la arcilla R es de tipo esmectítico y que la arcilla G, es de carácter vermiculítico aluminoso, ambos materiales conteniendo impurezas como cuarzo, caolinita y calcita, y una pequeña fracción illítica, los cuales proporcionan información sobre los procesos de degradación de los materiales parentales y las condiciones ambientales de los minerales. El origen de estas arcillas (R y G) parece estar relacionado estrechamente con rocas sedimentarias que mediante procesos de meteorización por transformación permitieron la formación de estos minerales.

## REFERENCIAS

- Besoain, E. (1985). Mineralogía de Arcillas de Suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José de Costa Rica, p p. 392-397.
- Kunze, G. W. (1965). Pretreatment for mineralogical analysis. In: Methods of Soil Analysis. Part 1, ed. 5. Edited by: Black, C. A., American Society of Agronomy Inc. Publisher, U.S.A., 1205p.
- Brown, G. (1961). The X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals. Mineralogical Society, London, 544p.
- Grim, R. (1953). Clay Mineralogy. McGraw-Hill, U.S.A., 384p.
- Jolivet, P. J. (1994). De la Solution à L'oxyde. Inter Editions (CNRS Editions), Paris, 387p.
- Moore, D. M.; Reynolds, R. C. (1997). X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford University Press, New York, 378p.
- Mott, C. J. B. (1988). Clay Minerals. An Introduction. Catalysis Today, 2, 199-208.
- Newman, A. C. D. (1987). Chemistry of Clays and Clay Minerals. Min. Soc., U.S.A., 480p.
- Russell, J. D.; Fraser, A. R. (1994). Infrared Methods. in: Clay Mineralogy: Spectroscopic and Chemical Determinative Methods (M. J. Wilson, editor). Chapman and Hall, London, 367p.
- Thorez, J. (2003). Practical XRD analysis of clay minerals. Seminario-taller (volumen 1). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, pp. 36-47.

---

---

Trabajo recibido: Abril 13 de 2004  
Trabajo aceptado: Junio 15 de 2004

***CAMBIAMOS!***

**Correos  
de Colombia**



Pensando en ofrecerle el mejor servicio

Nuestras Líneas de Atención al Cliente

429 8487 - 263 3484 - 295 6896

018000 111210 / 111313

Fax: 4163026

Subgerencia de Mercadeo

334 0304

División de Mercadeo Regional D.C.

4297320

**[www.adpostal.gov.co](http://www.adpostal.gov.co)**