
ALGUNOS ASPECTOS QUIMICOS Y MINERALOGICOS DE LAS ARCILLAS DE UN YACIMIENTO DE TABIO EN LA SABANA DE BOGOTA

Sergio Gaviria Melo e Inés Bernal de Ramírez*

Departamento de química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

SUMARIO

Se tomaron varias muestras de arcillas de un yacimiento en Tabio (Sabana de Bogotá) y se analizaron químicamente utilizando el método tradicional gravimétrico y el método de absorción atómica. Para el estudio mineralógico, las muestras fueron pretratadas por el método de Jackson para separar la fracción arcillosa y luego analizadas por espectroscopía infrarroja y por difracción de rayos X. El principal mineral identificado fue caolinita pseudomonoclínica. También se encontró illita, pero en menor proporción. Los resultados obtenidos por espectroscopía infrarroja fueron confirmados por el método de difracción de rayos X.

ABSTRACT

Several samples of a clay deposit located in Tabio (Sabana de Bogotá) were subjected to chemical analysis by using both traditional gravimetric and atomic absorption methods. Mineralogical studies were done on pretreated samples according to Jackson's method to separate the clay fraction. They were analyzed by infrared spectroscopy and x-ray diffraction techniques. Pseudomonoclinic caolinite was the main mineral identified. Also, illite was present but in minor proportion. X-ray diffraction analysis confirmed infrared spectroscopy results.

INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte del programa de estudio de arcillas colombianas que desarrolla el Departamento de Química y que ha tenido la colaboración del Laboratorio Químico de Ingeominas. Tiene por objeto contribuir al estudio de arcillas

en la Sabana de Bogotá, teniendo en cuenta la importancia de las reservas que existen en esta región. Este material es de gran importancia industrial y no ha sido sometido hasta el presente a un estudio detallado con el fin de aprovecharlo como materia prima en diversas industrias especializadas. Actualmente, la mayor parte del material arcilloso se utiliza empíricamente como materia prima en la industria de la construcción.

Con base en los estudios de composición química y mineralógicos, y de acuerdo con las características y comportamiento, objeto de otros trabajos, será posible mejorar la calidad de estos materiales para diversos usos por medio de mezclas y tratamientos específicos para cada caso.

Para el presente estudio se escogieron muestras procedentes de un yacimiento localizado en el valle del río Chicú municipio de Tabio; más exactamente de la ladrillera Sila situada en la vereda de Riofrío, sobre la variante Riofrío-Zipacquirá a la altura del Km. 5 de la carretera Cajicá-Tabio. Esta zona corresponde a la formación Tilatá y se puede localizar en el mapa-croquis geológico de la Sabana de Bogotá que aparece más adelante. Dicho yacimiento se encuentra situado sobre un cono aluvial compuesto principalmente de gravillas y conglomerados cuya capa de arcilla es delgada y rica en hierro. Las reservas probadas en la región son de 43 millones de metros cúbicos (1).

Desde el punto de vista estratigráfico, la Sabana de Bogotá ha sido descrita por Burgl (2), Hubach (3) y Van der Hammen (4). Los estudios sobre arcillas se encuentran compilados por Carter et al. (1). De acuerdo con estos trabajos, la zona en estudio pertenece a la formación Tilatá que se ubica en las regiones marginales y en los valles un poco más altos de los afluentes del río Bogotá y aflora en niveles más altos que la propia planicie de la Sabana. Está constituida por arcillas, arenas y cascajos principalmente(1).

PARTE EXPERIMENTAL

Los espectros de absorción atómica fueron tomados en un espectrofotómetro Perkin-Elmer, Modelo 306, con lámparas de cátodo hueco y accesorios para llama acetileno-aire y acetileno-óxido nítrico.

Los espectros infrarrojos fueron obtenidos en un espectrofotómetro Perkin-Elmer, Modelo 467 y utilizando pastillas de KBr.

Los difractogramas de polvo se tomaron utilizando una cámara Debye-Scherrer de 57.3 mm en una unidad de difracción de rayos X 12045-Norelco (10).

Los colores fueron determinados por comparación (5) y la textura por el método del Hidrómetro de Bouyoucos (6).

Análisis químico

Las determinaciones de SiO_2 y R_2O_3 fueron hechas por los métodos tradicionales gravimétricos (7).

Los elementos Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti y Mn fueron determinados por absorción atómica. Para este análisis, las muestras fueron tratadas por el método de HF (8).

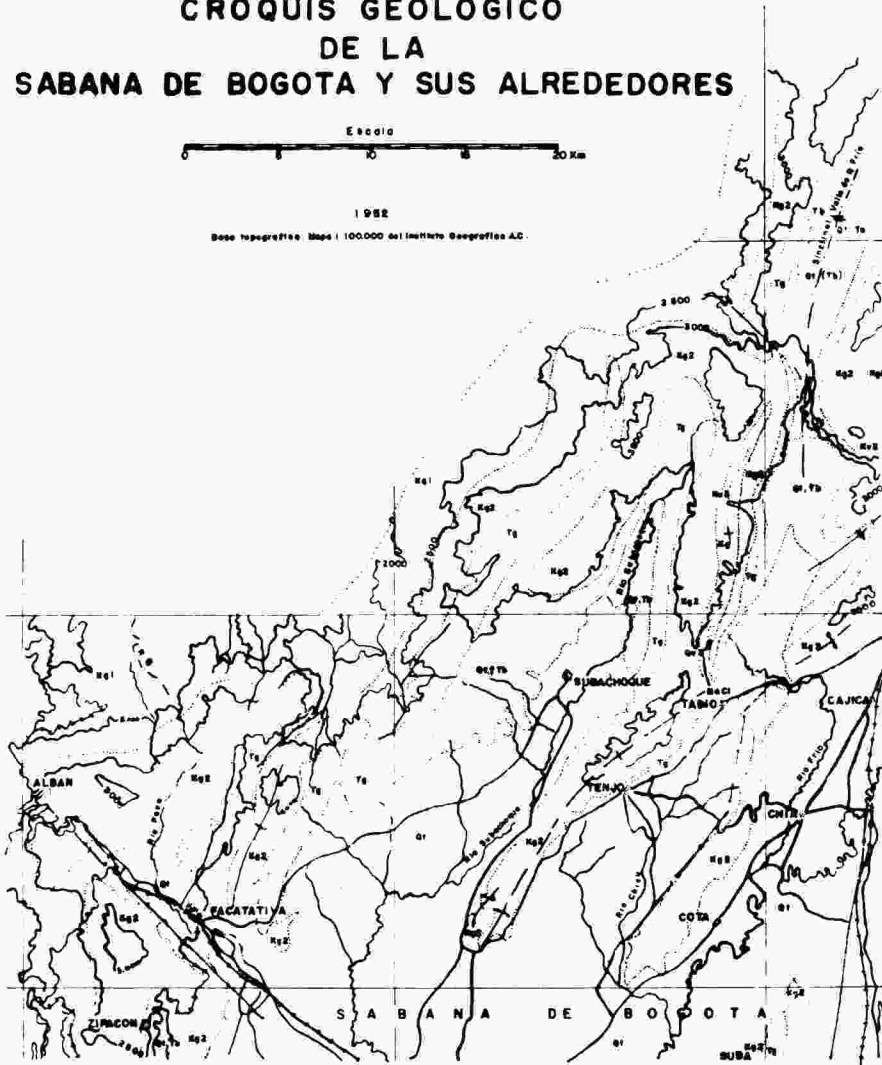
MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS
SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL

CROQUIS GEOLOGICO DE LA SABANA DE BOGOTA Y SUS ALREDEDORES



1982

Base topografica: Mapa 1:100,000 del Instituto Geografico A.G.



CONVENCIONES

Qt	Holoceno y Pleistoceno	= Formación Sabana	
Ts	? Pleistoceno	= Formación Tilatá	
Tu	Oligoceno – p. p. Eoceno	= Formación Usme	
Tb	p. p. Eoceno – Paleoceno "Superior"	= Formación Bogotá	
Tg	Paleoceno "Inferior" – Maestrichtiano "Superior"		}
Kg2	Maestrichtiano "Inferior – p.p. Coniaciano	= Guadalupe Superior	
			}
Kg1	p.p. Coniaciano – Turoniano	= Guadalupe Inferior	
Kv3	Cenomaniano Superior (G = fósiles)	= Formación Villeta Superior (Chipaque)	
Kv2	Cenomaniano – ? Albiano Superior	= Formación Villeta Medio (Une)	}
Kv1	Albiano – Barremiano	= Formación Villeta Inferior (Fómeque)	
Kc	Hauteriviano – Valanginiano – ? Portlandino		}
Qm	? Paleozóico Inferior – ? Precámbrico		}
	Excarnas de Sal		

RESULTADOS Y DISCUSION

Las Tablas 1 y 2 muestran la identificación de las muestras de acuerdo a su profundidad, color y textura.

La Tabla 3 resume los resultados de los análisis químicos. En cuanto al Si, Al y Fe, se compararon los resultados por los dos métodos (gravimétrico y absorción atómica) y los más concordantes fueron reportados en la tabla citada.

Con base en la composición química de las 14 muestras originales, se tomaron 8 para continuar el trabajo. Las tres muestras más superficiales y las tres más profundas presentaron características similares y en cada caso se tomó la muestra intermedia: la No. 2 y la no. 13. De las muestras del perfil intermedio, se tomaron las No. 4, 5, 6 y 7 porque presentan variaciones en su composición química, principalmente en los contenidos de Fe. Las muestras 8 y 9 son similares, lo mismo que las 10 y 11. Se tomaron entonces las muestras 8 y 11, respectivamente.

El siguiente paso consistió en someter las muestras a tratamiento para reposar y purificar la fracción arcillosa. Se utilizó el método de Jackson (9), que consiste en remover las sales solubles y carbonatos, materia orgánica, óxidos de hierro libres y aluminosilicatos amorfos con el fin de separar en una etapa posterior las diferentes fracciones granulométricas (10, 11). En cada una se tomó la fracción fina y se hizo el espectro infrarrojo en pastilla de KBr. Se tomaron, así mismo, espectros minerales patrón para comparación. Figs. 1, 2 y 3.

Por último, se tomaron los difractogramas en polvo, cuyo estudio comparativo se observa en las Tablas 4, 5, 6 y 7.

Elementos mayores

Todas las muestras presentan un alto contenido en SiO_2 (mayor del 60%), con valores máximos del 75%.

El Al_2O_3 es el segundo elemento en importancia y varía del 11 al 23%. Los resultados muestran que a medida que aumenta el porcentaje de SiO_2 disminuye el contenido de Al_2O_3 .

Todas las muestras contienen cierto porcentaje de hierro que se expresa como Fe_2O_3 . Se comprobó que el hierro se encuentra casi totalmente en estado de oxidación + 3. El Fe_2O_3 varía desde 1,5 hasta 6,5%. Los valores para FeO en todas las muestras están por debajo de 0,15%. Los compuestos de hierro originan las diversas coloraciones de las muestras. Las muestras superiores presentan una coloración amarillo claro (nos. 1 a 4) y contienen de 2 a 3% de Fe_2O_3 . En las muestras intermedias, comprendidas entre los Nos. 5 y 9, el color es amarillo naranja y el contenido de hierro aumenta de 3,5 a 6,5%; y las muestras más profundas, entre los Nos. 10 y 14, presentan una coloración gris clara y su contenido de hierro es bajo, 1,5 a 2,0%. Tablas 1 y 3.

Tabla No. 1
IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS

MUESTRA	PROFUNDIDAD	CLAVE	VALUE	CHROMA	COLOR
1	40 cm	Hue 2.5Y	7	/	amarillo grisáceo
2	80 cm	Hue 2.5Y	7	/	amarillo claro
3	120 cm	Hue 2.5Y	8	/	amarillo pálido
4	160 cm	Hue 10YR	7	/	amarillo naranja opaco
5	200 cm	Hue 10YR	7	/	amarillo naranja opaco
6	240 cm	Hue 10YR	7	/	amarillo naranja opaco
7	280 cm	Hue 10YR	7	/	amarillo naranja opaco
8	320 cm	Hue 10YR	7	/	amarillo naranja opaco
9	360 cm	Hue 10YR	8	/	amarillo naranja claro
10	400 cm	Hue 10YR	8	/	gris claro
11	440 cm	Hue 10YR	8	/	gris claro
12	480 cm	Hue 10YR	8	/	gris claro
13	520 cm	Hue 10YR	8	/	gris claro
14	560 cm	Hue 2.5Y	7	/	gris claro

+ Según standard soil color charts (5)

Tabla No. 2
TEXTURA

MUESTRA	% Arenas 2 a 0,05 mm	% LIMOS 0,05 a 0,002 mm	% ARCILLAS < 0,002 mm	% PARTICULAS GRUESAS > 0,002 mm
1	11	35	54	46
2	2	41	57	43 IR
3	1	42	57	43
4	18	45	37	63 IR
5	23	45	32	RX 68 IR
6	15	56	29	71 IR
7	37	38	25	RX 75 IR
8	10	45	45	RX 55 IR
9	5	52	43	57
10	13	22	65	35
11	31	27	42	RX 58 IR
12	23	22	55	45
13	27	20	53	RX 47 IR
14	25	20	55	45

* Método de Bouyoucos descrito en (6)

Tabla No. 3
COMPOSICION QUIMICA DE LAS MUESTRAS, EN BASE SECA

MUESTRA	SiO ₂ +++	Al ₂ O ₃ +++	Fe ₂ O ₃ ++	TiO ₂ +	MgO +	CaO +	Na ₂ O +	K ₂ O +	PERDIDAS a 950°C	FeO % (ferroso) ++
1	70,06	19,35	2,05	0,93	0,48	0,14	0,15	1,08	6,15	0,10
2 IR	67,27	20,67	2,56	0,99	0,54	0,14	0,19	1,53	6,15	0,07
3	68,22	21,98	2,77	0,99	0,59	0,14	0,20	1,58	4,25	0,09
4 IR	75,12	14,42	2,09	0,89	0,45	0,08	0,17	1,10	6,15	0,12
RX 5 IR	75,39	14,45	4,88	0,9	0,38	0,08	0,16	0,98	4,21	0,11
6 IR	75,78	13,51	4,91	0,97	0,37	0,08	0,16	0,96	4,02	0,14
RX 7 IR	77,35	11,56	6,29	0,73	0,23	0,07	0,12	0,71	3,82	0,14
RX 8 IR	72,40	17,44	3,71	0,96	0,38	0,10	0,16	1,18	5,09	0,08
9	71,15	15,87	4,36	1,12	0,38	0,10	0,15	1,12	5,53	0,11
10	62,70	23,47	2,12	1,05	0,34	0,14	0,17	0,97	8,83	0,11
11 IR	62,50	23,91	2,10	1,01	0,24	0,14	0,17	0,64	10,04	0,10
12	73,76	17,29	1,64	1,57	0,12	0,08	0,07	0,22	6,40	0,12
RX 13 IR	72,50	17,17	1,83	1,04	0,13	0,14	0,07	0,26	6,81	0,15
14	71,01	18,65	2,23	0,97	0,13	0,10	0,07	0,30	7,24	0,11

+ Determinados por absorción Atómica

+++ Determinados por Gravimetría (7)

! ++ Determinado con K₂Cr₂O₇

Elementos menores

El TiO_2 está presente en todas las muestras con un porcentaje más o menos constante alrededor de 1^o%, con excepción de la muestra No. 7 que tiene 0,7^o% y la muestra No. 12 que tiene 1,5^o%.

El K_2O varía entre 0,2 y 1,6^o%.

El MgO varía entre 0,1 y 0,6^o%.

El CaO y el Na_2O están presentes en concentraciones menores de 0,2^o% y el MnO_2 está prácticamente ausente. Tabla 3.

ESPECTROS INFRARROJOS

Todas las muestras dan espectros similares que corresponden por compensación al mineral arcilloso denominado Caolinita.

El análisis de los espectros se hizo con base en los datos reportados en la literatura y por comparación directa con algunas muestras patrones. Casi todas las bandas de absorción pueden asignarse a un tipo específico de vibración: A 3680 cm^{-1} aparece una banda que corresponde a la vibración antisimétrica de un grupo OH unido al Al fuera de fase que para la caolinita se debe a vibraciones de estiramiento de grupos OH poco asociados. En la literatura esta banda se sitúa a 3681 cm^{-1} (11).

A 3650 cm^{-1} se encuentra una banda débil que corresponde a la vibración simétrica OH-Al cuando la simetría de la estructura no es ideal.

A 3620 cm^{-1} se presenta una banda que corresponde a la intercapa de puentes de hidrógeno entre los grupos OH del plano basal y los oxígenos de la siguiente capa. Los OH están situados sobre un lado de la capa tetraédrica. La literatura sitúa este pico exactamente a 3617 cm^{-1} (11).

Las muestras presentan sólo bandas débiles debidas a aguas de absorción que se sitúan a 3400 y 1640 cm^{-1} . Por lo tanto, es de esperar que se encuentran en un buen estado de deshidratación indispensable para los estudios mineralógicos. Los silicatos, tales como la caolinita, donde no existen sustituciones del Al por Si, presentan espectros aguzados en la región entre 1150 y 400 cm^{-1} . En efecto, todas las muestras presentan fuertes bandas de absorción a 1080 , 1030 , 1010 , 910 , 530 y 460 cm^{-1} . Las tres primeras son debidas a vibraciones en el plano entre Si y O (11).

Las bandas que aparecen a 935 y 910 cm^{-1} , se atribuyen a flexiones R-OH de la caolinita (11), pero la primera se muestra sólo como un codo de la banda fuerte a 910 cm^{-1} .

Las bandas de absorción entre 800 y 600 cm^{-1} no se han asignado en forma definitiva a un tipo específico de vibración. Sin embargo, el patrón y las muestras problemas presentan los mismos picos a 780 , 690 y 600 cm^{-1} .

Por último, en la región por debajo de 550 cm^{-1} aparecen cuatro bandas típicas de la caolinita, 530 , 460 , 430 , 340 cm^{-1} , que coinciden en el patrón y en las muestras. La primera se atribuye a vibraciones Si-O-Al. Las bandas débiles a 370 , 305 , 290 , 280 y 265 cm^{-1} coinciden satisfactoriamente con el patrón de caolinita.

Por el estudio infrarrojo no se puede descartar la presencia de otro mineral arcilloso: la illita. Las bandas características de este mineral se encuentran enmascaradas por las de caolinita y cuarzo que también está presente en la fracción fina. Las bandas de la illita reportadas por Pérez (12) están a 3620, 1080, 1030 y 800 cm^{-1} .

Por otra parte, en todas las muestras aparecen bandas que no corresponde a la caolinita. Todas ellas pueden ser explicadas debido a la presencia de cuarzo. Esta presenta las siguientes bandas: 1160 cm^{-1} , 800 cm^{-1} , 395 cm^{-1} , 370 cm^{-1} y 780 cm^{-1} .

La banda a 3650 cm^{-1} , presente en todas las muestras, indica una ligera disimetría en la estructura de la arcilla, y en todas las muestras tiene más o menos la misma baja intensidad.

Los resultados obtenidos para el análisis de las muestras de arcillas por espectrometría infrarroja se confirman en el estudio realizado para las muestras por difracción de rayos X.

DIFRACCION DE RAYOS X

De acuerdo a los resultados de Rayos X de algunas de las muestras y al estudio por espectroscopía infrarroja se puede asegurar que todas las muestras analizadas constan del mineral arcilloso Caolinita mezclado con una forma cristalina de SiO_2 denominada —Cuarzo—. Otras impurezas menores no afectan significativamente los resultados del estudio mineralógico.

Los difractogramas que se tomaron fueron los correspondientes a las muestras Nos. 5,7,8,11 y 13. A este respecto se pueden discutir los siguientes aspectos:

Todas las muestras dan líneas de difracción correspondientes a los minerales Caolinita y —Cuarzo—; sin embargo, cuando se compararon las intensidades normalizadas de Caolinita y —cuarzo— con los patrones ASTM se obtuvieron valores más altos de los esperados para todas las muestras. Por esta razón se recurrió al método de comparación con los difractogramas de patrones en las mismas condiciones de trabajo. Se encontró que las líneas de difracción del patrón de Illita coinciden satisfactoriamente con las líneas encontradas en las muestras y las intensidades normalizadas dan valores concordantes.

Como se anotó anteriormente en el estudio por Infrarrojo no se puede descartar la presencia de Illita por ese método, y la difracción de Rayos X dá claros indicios de su existencia en el yacimiento estudiado.

La Caolinita presente en el yacimiento en estudio, según los resultados de las difracciones, es la forma pseudomonoclínica (distorsionada en el eje b). Así mismo, todas las muestras contienen el mineral Cuarzo.

Las muestras Nos. 5 y 8 presentan como impureza una forma cristalina de óxido de aluminio: $\text{X}-\text{Al}_2\text{O}_3$.

La muestra No. 13 presenta otra forma cristalina de SiO_2 denominada Cristobalita.

La muestra No. 11 dio un difractograma de baja intensidad en sus líneas de difracción. Por esta razón sólo es posible observar las líneas más intensas que también coinciden en Caolinita y Cuarzo, pero no se pueden analizar con más detalle.

La muestra No. 7 no contiene otro tipo de impurezas cristalinas.

En resumen, todas las muestras dan espectros similares que corresponden por comparación al mineral arcilloso denominado Caolinita. Por el estudio infrarrojo no se puede descartar la presencia de otro mineral arcilloso: Illita; las bandas caracterís-

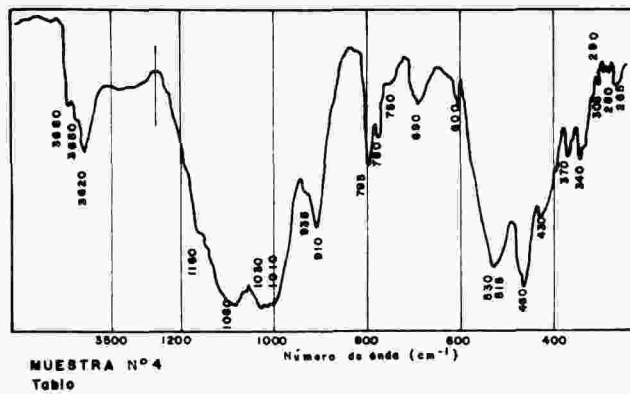
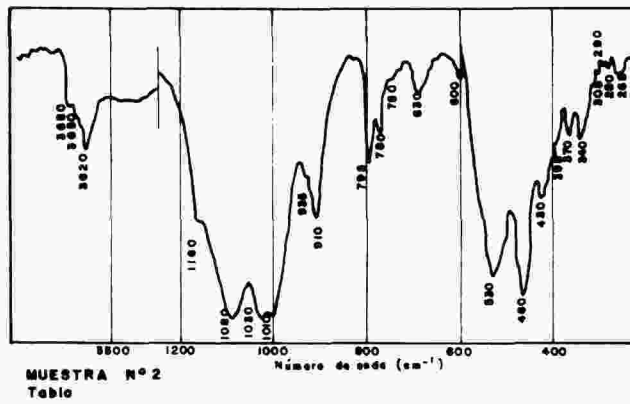
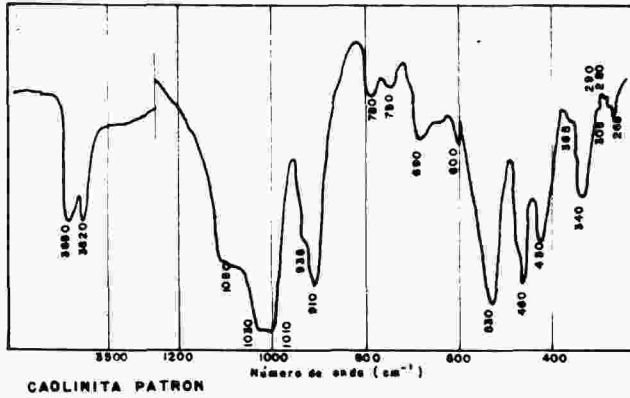
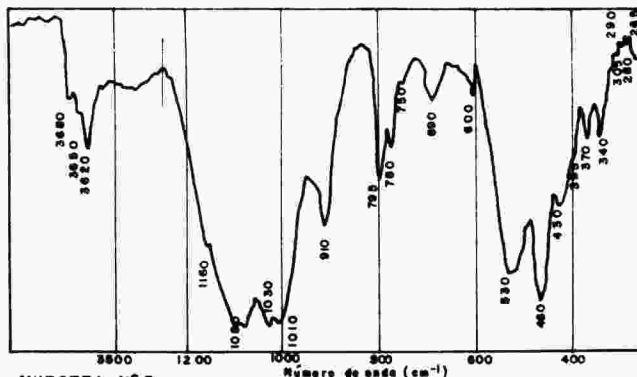
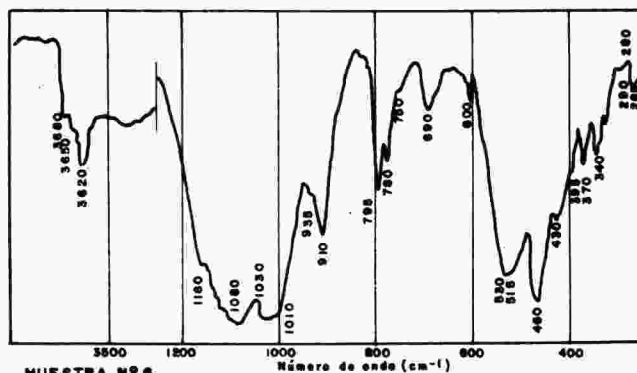


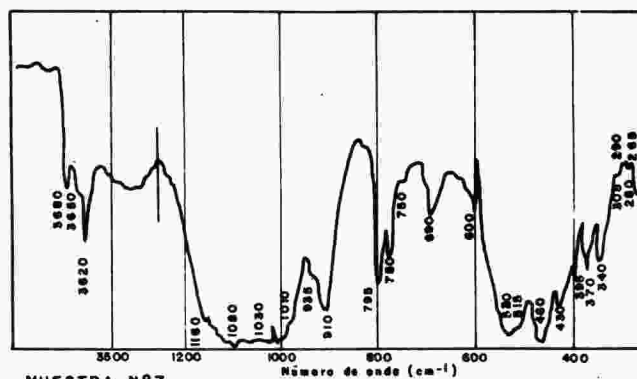
FIGURA 1. Caolinita Patrón, Muestra # 2 y Muestra # 4. Espectros Infrarrojos.



MUESTRA N° 5
Tablo



MUESTRA N° 6
Tablo



MUESTRA N° 7
Tablo

FIGURA 2. Muestras # 5, #6 y #7 Tablo
Espectros Infrarrojos.

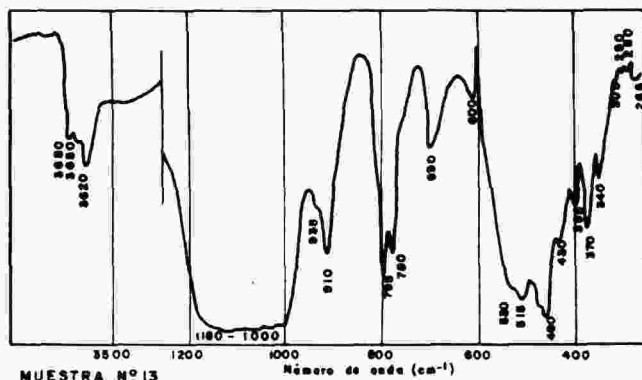
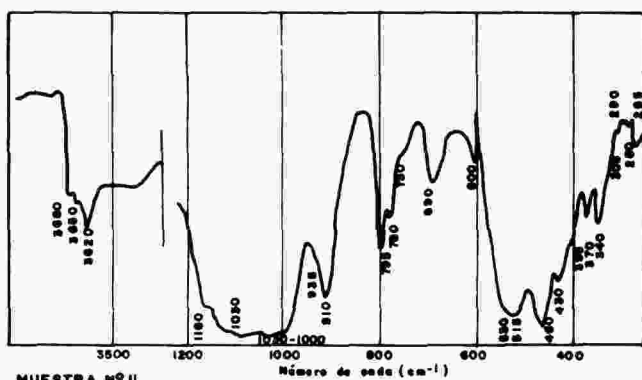
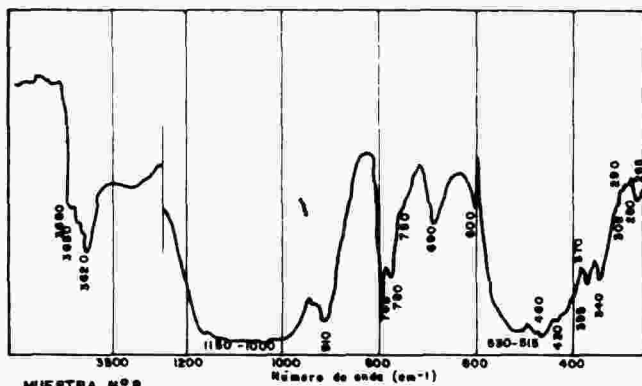


FIGURA 3. Muestras # 8, # 11 y # 13 Tablo.
Espectros Infrarrojos.

Tabla No. 4
ESTUDIO COMPARATIVO DEL DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA No. 5*

Muestra No. 5		Caolinita Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ 1-20-C7 6-221		Ilita Ferón		α - Cuarzo SiO ₂ 1-18-C2 5-490		X-Al ₂ O ₃ 1-54-C3 13-373	
dAl ^o	I/I _o	dA ^o	I/I _o	dAl	I/I _o	dAl	I/I _o	dAl	I/I _o
7,14	(50)	7,18	(100)					4,80	(15)
4,48	(80)	4,48	(80B)	4,26	(40)	4,26	(35)		
4,25	(60)			4,23	(30)				
3,55	(108)	3,58	(100 ^o)	3,32	(100)	3,34	(100)		
3,54	(100)	2,56	(80)	2,57	(30)			2,88	(25)
2,57	(95B)	2,50	(80)			2,46	(12)	2,43	(50)
2,44	(25)	2,39	(80)	2,45	(20)				
2,34	(10)	2,34	(90B)			2,28	(12)		
2,29	(20)					2,24	(6)		
2,24	(5)	2,21	(108)			2,13	(9)	2,12	(50)
2,13	(50)					1,98	(6)	1,96	(35)
1,98	(40B)	1,99	(40B)			1,92	(17)		
1,82	(80)	1,79	(40)	1,81	(50)				
1,67	(40B)	1,67	(50B)	1,65	(70)	1,67	(7)		
1,56	(75)	1,54	(106)	1,53	(20)	1,54	(15)		
1,50	(40B)	1,49	(100)	1,50	(40)				
1,45	(15)	1,46	(30B)			1,45	(3)		
		1,43	(20)			1,42	(1)		
1,38	(80B)	1,37	(108)	1,37	(20)	1,375	(11)	1,39	(100)
		1,34	(10)			1,372	(9)		
		1,31	(108)						
1,29	(20)	1,29	(30)			1,29	(3)		
1,26	(10)	1,26	(10)			1,26	(4)		
		1,25	(5)	1,25	(10)				
		1,24	(30B)			1,23	(2)		
1,20	(25)	1,19	(10)			1,20	(5 +)		
1,19	(30)			1,19	(10)	Más 18 líneas			
				1,17	(10)	de baja intensidad.			
1,15	(10)			1,08	(10)				

Tabla No. 5
ESTUDIO COMPRATIVO DEL DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA No. 7*

Muestra No 7		Caolinita $A1_2Si_2O_5(OH)_4$ I-20-C7 6-221		Iilita Patrón NBS		α - Cuarzo SiO_2 I-18-C2 5-490	
$d\text{Å}$	I/I_0	$d\text{Å}$	I/I_0	$d\text{Å}$	I/I_0	$d\text{Å}$	I/I_0
7,19	(50)	7,18	(100)				
4,48	(60)	4,48	(80B)				
4,27	(60)			4,26	(40)	4,26	(35)
				4,23	(30)		
3,56	(50)	3,58	(100+)				
3,33	(100)			3,32	(100)	3,34	(100)
2,56	(50B)	2,56	(80)	2,57	(30)		
		2,50	(80)				
2,46	(30)			2,45	(20)	2,46	(12)
		2,39	(80)				
2,33	(10)	2,34	(90B)			2,28	(12)
2,28	(10)					2,24	(6)
2,24	(5)	2,21	(10B)			2,13	(9)
2,12	(40)					1,98	(6)
1,98	(35B)	1,99	(40B)			1,82	(17)
1,81	(70)	1,79	(40)	1,81	(50)	1,67	(7)
1,66	(30B)	1,67	(50B)	1,65	(70)	1,54	(15)
1,54	(60)	1,54	(10B)	1,53	(20)		
				1,50	(20)		
1,49	(40B)	1,49	(100)			1,45	(3)
1,46	(5)	1,46	(30B)			1,42	(1)
		1,43	(20)			1,38	(7)
1,37	(60B)	1,37	(10B)	1,37	(20)	1,375	(11)
		1,34	(10)			1,372	(9)
		1,31	(10B)				
1,29	(10)	1,29	(30)			1,29	(3)
		1,26	(10)			1,26	(4)
		1,25	(5)	1,25	(10)		
		1,24	(30B)			1,23	(2)
1,20	(10)					1,20	(5)
1,19	(20)	1,19	(10)	1,19	(10)	Más 18 líneas de baja Intensidad	
				1,17	(10)		
				1,08	(10)		

Tabla No. 6
ESTUDIO COMPARATIVO DEL DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA No. 8*

Muestra No. 8		Caolinita Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ I-20-C7 6-221		Ilita NBS Patrón		α - Cuarzo SiO ₂ I-18-C2 5-490		X-Al ₂ O ₃ I-54-C3 13-373	
d ^o	I/I _o	d ^o	I/I _o	d ^o	I/I _o	d ^o	I/I _o	d ^o	I/I _o
7,14	(50)	7,18	(100)					4,80	(15)
4,46	(70)	4,48	(80B)	4,26	(40)	4,26	(35)		
4,23	(70)			4,23	(30)				
3,55	(30)	3,58	(100+)	3,32	(100)	3,34	(100)		
3,34	(100)							2,88	(25)
2,56	(50)	2,56	(80)	2,57	(30)				
		2,50	(80)						
2,45	(20B)	2,39	(80)	2,45	(20)	2,46	(12)	2,41	(50)
		2,34	(90B)						
2,33	(10)								
2,27	(10)	2,21	(10B)			2,28	(12)		
2,24	(5)					2,24	(6)		
2,13	(30)	1,99	(40B)			2,13	(9)	2,12	(50)
1,97	(25B)	1,79	(40)	1,81	(50)	1,98	(6)	1,96	(35)
1,80	(60)	1,79	(50B)	1,65	(70)	1,82	(17)		
1,66	(30B)	1,67	(70)	1,53	(20)	1,67	(7)		
1,53	(40)	1,54	(10B)	1,50	(40)	1,54	(15)		
		1,49	(100)						
1,49	(30B)	1,46	(30B)			1,45	(3)		
1,45	(5)	1,43	(20)			1,42	(1)		
1,39	(70)	1,37	(10B)	1,37	(20)	1,375	(11)	1,39	(100)
1,37	(30)	1,34	(10)			1,372	(9)		
		1,31	(10B)						
1,29	(5)	1,29	(30)			1,29	(3)		
1,26	(5)	1,26	(10)			1,26	(4)		
		1,25	(5)	1,25	(10)				
		1,24	(30B)						
1,20	(10)	1,19	(10)	1,19	(10)	1,23	(2)		
1,18	(30B)			1,17	(10)	1,20	(5)		
				1,08	(10)	Más 18 líneas de baja intensidad			

Tabla No. 7
ESTUDIO COMPARATIVO DEL DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA No. 13*

Muestra No 13		Caolinita Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄ 1-20-C7 6-221		Irita NBS		L - Cuarzo SiO ₂ J-18-C2 5-490		Cristobalita SiO ₂ 1-43-F12 11-695	
dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀	dÅ	I/I ₀
7,14 (60)		7,18 (100)							
4,46 (508)		4,48 (808)		4,26 (40)		4,26 (35)			
4,25 (90)				4,23 (30)					
4,04 (60)								4,05 (100)	
3,56 (308)		3,58 (100+)		3,34 (100)		3,34 (100)		3,53 (4)	
3,32 (100)								3,14 (12)	
2,83 (5)								2,84 (14)	
2,56 (358)		2,56 (80)		2,57 (30)					
		2,50 (80)							
2,45 (408)				2,45 (20)		2,46 (12)		2,48 (20)	
		2,39 (80)						2,46 (6)	
2,34 (10)		2,34 (908)						2,34 (2)	
2,28 (40)						2,28 (12)			
2,23 (10)		2,21 (108)				2,24 (6)			
2,12 (40)						2,13 (9)		2,12 (6)	
1,98 (35)		1,99 (408)				1,96 (6)		2,02 (4)	
1,82 (85)		1,79 (40)		1,81 (50)		1,82 (17)		1,93 (6)	
								1,87 (8)	
								1,76 (2)	
								1,73 (2)	
								1,69 (4)	
1,66 (408)		1,67 (508)		1,65 (70)		1,67 (7)		1,63 (2)	
								1,61 (6)	
								1,60 (4)	
1,54 (80)		1,54 (108)		1,53 (20)		1,54 (15)		1,57 (2)	
				1,50 (40)				1,53 (4)	
								1,49 (6)	
1,49 (308)		1,49 (100)						1,43 (44)	
1,45 (20)		1,46 (308)				1,45 (3)		1,42 (4)	
		1,43 (20)				1,42 (1)		1,40 (4)	
								1,38 (2)	
1,37 (85)		1,37 (108)		1,37 (20)		1,375 (11)		1,36 (4)	
		1,34 (10)				1,372 (9)		1,35 (2)	
		1,31 (108)						1,33 (4)	
		1,34 (10)						1,30 (4)	
		1,31 (108)						1,28 (4)	
1,28 (30)		1,29 (30)				1,29 (3)		1,24 (2)	
1,25 (30)		1,26 (10)		1,25 (10)		1,26 (4)		1,23 (2)	
		1,25 (5)						1,22 (4)	
1,23 (25)		1,24 (308)				1,23 (2)		1,21 (4)	
1,20 (30)		1,19 (10)		1,19 (10)		1,20 (2)		1,19 (2)	
						Más 18 líneas de baja intensidad.		1,18 (2)	
1,18 (35)				1,17 (10)				Más 45 líneas de hasta 0 7809	
1,15 (25)				1,08 (10)					

* Las condiciones de trabajo de los patrones A.S.T.M. están consignadas en el cuadro No. 17, apéndice No. 4.

ticas de este mineral se encuentran enmascaradas por las de Caolinita y Cuarzo que también están presentes en la fracción fina.

Los resultados obtenidos por el análisis de las muestras de arcilla por espectrometría infrarroja se confirman en el estudio realizado para las muestras por Difracción de Rayos X.

BIBLIOGRAFIA

1. H. Carter, S. Tenjo y E. Torres, Boletín Geológico (S.G.N.), Vol. XI, 1-3, p.p. 17-118, 1963, Bogotá.
2. H. Burgl, Boletín Geológico (S.G.N.), Vol. 5, No. 2, p.p. 123-185, 1957, Bogotá.
3. E. Hubach, Boletín Geológico (S.G.N.), Vol. 5, No. 2 p.p. 43-112, 1957, Bogotá.
4. Th. van der Hammen, Boletín Geológico (S.G.N.), Vol. VI, Nos. 1-3, p.p. 67-128, 1958 Bogotá.
5. M. Oyama y H. Zakehara, "Revised Standard Soil Color Charts", National Institute of Agriculture Sciences, Japan, 1967.
6. F. Silva et al., "Métodos analíticos del laboratorio de suelos", 3ra. Ed., Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, 1973.
7. S. Scott, "Standard Methods of Chemical Analysis", 5 ed., Vol. 1, D. van Nostrand Co., New York, 1939
8. M. L. Jackson, "Soil Chemical Advance Course", Wisconsin University College of Agriculture Department of Soils, Madison G. Wis., 1956.
9. J. Cubides e I. de Ramírez, Informe preliminar por Rayos X de arcillas de Mondoñedo Cundinamarca, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, 1978.
10. C.A. Black Edit., "Methods of soil analysis", Part. 2, No. 9 in the Series Agronomy, American Society of Agronomy Inc., Pub. Madison, Wisconsin, U. S. A., 1965.
11. R. Grim. "Clay Mineralogy", Internacional Series in the Earth and Planetary Sciences, 2a. Ed., McGraw-Hill, New York, 1968.
12. J. L. Pérez y F. Martín, "Anales de Edafología y Agrobiología", Vol. XXVI, No. 5-6, pp. 1069 - 1079, Madrid, 1967.