

# ANÁLISIS PRELIMINAR POR RAYOS X DE ARCILLAS DE MONDOÑEDO CUNDINAMARCA

\* JULIA RUBIO DE CUBIDES.

\*\* INÉS B. DE RAMÍREZ.

Recibido el 10 de agosto.

## SUMARIO

Se identifican seis muestras de arcilla procedentes de Mondoñedo (Mosquera, Cundinamarca).

En el análisis se utiliza el método por difracción de rayos X empleando polvo al azar y el montaje de Straumanis. El equipo utilizado es un Norelco 12010106 de la Phillips con anticátodo de cobre y cámara de 57.3 mm.

La interpretación de los espectros obtenidos se hace por comparación con los patrones A.S.T.M. (Hanawalt). El mineral principal encontrado es Caolinita pseudomonoclinica.

Se identifican también las impurezas presentes en la fracción arcillosa.

## ABSTRACT

Six samples of Mondoñedo's (Mosquera, Cundinamarca), clays were identified by X-Ray Diffraction Technique.

---

\* Profesor Asociado, Depto. de Química, U. N.

\*\* Profesor Asociado, Depto. de Química, U. N.

Scattered powder was used on a Straumanis setting in a Norlco equipment, 12010106 Phillips with a Copper anticathod and 57.3 mm chamber.

The interpretation of resulting spectra succeeded through comparison with A.S.T.M. Standard tables (Hanawalt).

Pseudomonoclinic caolinite was the preeminent mineral found. Ancillary trace impurities were qualitatively determined.

#### INTRODUCCIÓN

La revisión bibliográfica, en lo que a caolines se refiere, nos permitió conocer que el mejor yacimiento de caolín en calidad y cantidad en la Sabana de Bogotá es el de la finca Mondoñedo (Mosquera), Cundinamarca. La geología general está descrita en los trabajos presentados por Hubach (1957) (1), Burgl (1957) (2), Van Der Hammen (1957) (3) y (1958) (4, 5), y recopilada en el estudio efectuado por Carter, H. (6) y otros en 1963. De las conclusiones y recomendaciones de estos últimos estudios extractamos: "Teniendo en cuenta la creciente necesidad de materiales de construcción, de los cuales las arcillas forman parte indispensable, los autores de este estudio preliminar opinan que el proyecto de dicho estudio debería continuarse en forma detallada en las áreas escogidas de acuerdo con los resultados de laboratorio". Por otra parte, Van Der Hammen y Parada (1958) (5) expresan: "la clasificación exacta de las arcillas fue difícil por la falta de los análisis químicos completos y los estudios de rayos X".

Yolanda de Bravo y Carmenza de Nieto, profesoras del Departamento de Química de la Universidad Nacional y coinvestigadoras en el proyecto: "Estudio Físico, Químico y Mineralógico de Arcillas Colombianas", publicaron el primer informe de progreso titulado "Estudio y Adaptación de los Métodos de Análisis Químicos de Materiales Arcillosos" (11).

#### MATERIALES Y METODOS

Se sometieron a análisis por rayos X seis muestras de minerales arcillosos procedentes de la hacienda de Mondoñedo, situada sobre la carretera que conduce a La Mesa (Cundinamarca) a 3 kilómetros al suroeste de la población de Mosquera, entre los puentes de Babilla y La Herrera. La localización general corresponde a la plancha número 4 D-6 del Informe número 1271 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Las muestras fueron tomadas por el profesor Minar Hall, del Departamento de Geociencias de la Universi-

dad Nacional. Los sitios exactos donde se tomaron las muestras pueden verse en el mapa adjunto.

## 1. DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

Las muestras se describen a continuación según su apariencia física y sitio donde fueron tomadas:

### *Descripción de las muestras.*

| Clave en el mapa | Nombre      | Horizonte                           | Descripción  |
|------------------|-------------|-------------------------------------|--|
| S1               | Mondoñedo 1 | 1 mtr. bajo la superficie.          | Gris, algo fracturada con manchas rojas.           |
| S2               | Mondoñedo 2 | 1,5 mts. bajo la superficie.        | Igual a la anterior.                               |
| S3               | Mondoñedo 3 | Franja de 15 cms. bajo la anterior. | Dura, color crema con partículas grises y rojizas. |
| S4               | Mondoñedo 5 | 1 mtr. debajo de la anterior.       | Color blanco con manchas color canela.             |
| S5               | Mondoñedo 8 | Capa superficial.                   | Gris oscura, homogénea y dura.                     |
| S6               | Mondoñedo 6 | Franja angosta bajo la anterior.    | Color pardo grisoso; no homogénea.                 |

## 2. METODOS

Se utilizó el método descrito por Jackson (7).

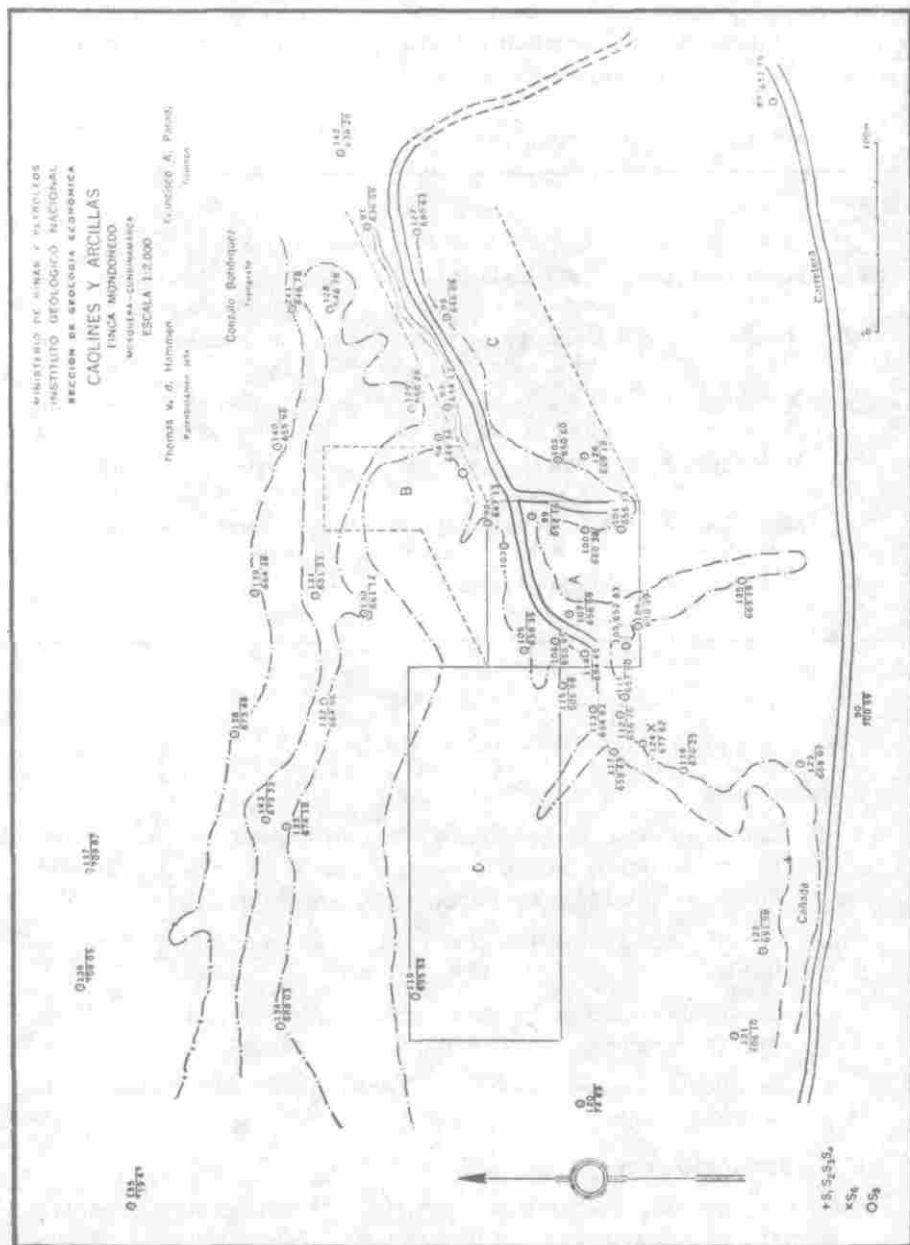
### a) *Preparación de la muestra.*

- a<sub>1</sub>. Remoción de cationes divalentes cambiables por tratamiento con solución buffer de acetato de sodio pH5. El buffer destruye también los carbonatos presentes.
- a<sub>2</sub>. Lavado de la muestra por centrifuga con metanol en caliente.
- a<sub>3</sub>. Descomposición de materia orgánica y disolución del MnO<sub>2</sub> por tratamiento con peróxido de hidrógeno.
- a<sub>4</sub>. Remoción de los óxidos de hierro libres con ditionito de sodio.

### b) *Dispersión y segregación de la muestra.*

Se efectúa empleando sucesivamente decantaciones y centrifugaciones para separar el limo grueso (50-20 micras) de las

arcillas hasta diámetros de 2 a 0,2 micras, empleando carbonato de sodio como dispersante y NaCl como coagulante. La porción arcillosa obtenida de esta manera se sometió a rayos X.



c) *Identificación de la muestra.*

Se utilizó el método de polvo al azar montado dentro de un capilar de vidrio pyrex de 0.2 a 0.3 mm de diámetro y se sometió a la radiación con anticátodo de cobre en cámara de 57.3 mm, utilizando el método Stroumanis (8, 9, 10), en un equipo Norelco 12010106 de la Phillips.

Para asegurar la orientación totalmente al azar con respecto al haz incidente, la muestra se hace girar dentro del haz de rayos X durante la exposición. Cuando el haz monocromático incide en la muestra se producen simultáneamente todas las difracciones posibles. Si la orientación de las partículas es realmente al azar, para cada familia de planos atómicos con su espaciado característico  $d$ , existen muchas partículas cuya orientación es tal que hacen el ángulo  $\theta$  apropiado con el rayo incidente de tal manera que se satisfaga la ley de Bragg,  $n\lambda = 2d \sin \theta$ .

Las diferentes familias de planos con diferentes espaciados  $d$ , satisfacerán esta ley para valores apropiados de  $\theta$  y para valores enteros de  $n$ , dando lugar a conjuntos de conos de haces reflejados los cuales se recibieron en la película.

d) *Método de interpretación de la película.*

Se utilizó el método visual. Este método es fácil, puesto que el tipo de líneas producido sobre la película sugiere el tipo de material en la muestra. En general, bajo buenas condiciones, a mejor estructura cristalina más definidas se encontrarán las líneas.

Las líneas difusas indican que la muestra o es amorfa o que las partículas son muy pequeñas o que están imperfectamente cristalizadas. La orientación adecuada tal como debe estar presente en la muestra producirá líneas definidas, de lo contrario pueden producir líneas de obscurecimientos o blanqueamientos sobre cualquiera de ellas. Si los granos que componen la muestra exceden cierto tamaño, las líneas visibles serán más bien punteadas en lugar de uniformes.

e) *Medida y cálculo.*

La película revelada se colocó sobre un visor provisto de una lente con un retículo en X, una escala fija y un nonio. Con este aditamento se leyeron las distancias a cada lado del hueco de la izquierda de la película y se determinó el punto de referencia de  $0^\circ = 0_1$ . Para determinar el punto de referencia de  $180^\circ = 0_2$  se hizo

el mismo procedimiento para los círculos que rodean el orificio de la derecha (back reflection), sin cambiar la posición de la película. La distancia entre el centro del tubo colimador  $O_1$  y el centro del orificio de la derecha  $O_2$  debe ser en nuestro caso 90 mm. Si no es

así se debe aplicar a las lecturas el factor de corrección  $f = \frac{90}{O_2 - O_1}$ , para obtener el valor verdadero de las distancias.

Se determinaron entonces las distancias  $L$  entre el punto  $O_1$  centro de referencia y cada una de las líneas utilizando la escala y el nonio. Estas lecturas se multiplican si es necesario por el factor de corrección  $f$ . La serie resultante de las distancias  $L$  es igual a  $\theta$  para la fórmula de Bragg cuando la cámara es de 57,3 mm, puesto que 1 mm medido sobre la película equivale a un ángulo de Bragg de 1 grado.

De la fórmula de Bragg tenemos:  $n \lambda = 2d \text{ sen } \theta$ .

$d$  = espaciado interplanar de un juego de planos de reflexión en unidades angstrom.

$\lambda$  = longitud de onda de la radiación característica en angstrom.  
Para el  $\text{Cu}_{K\alpha} = 1,539$  angstrom.

$\theta$  = ángulo entre el rayo primario y los planos de reflexión en el cristal de la muestra.

$n$  = número entero. Las reflexiones se conocen como de primero, segundo, tercero . . . orden según que  $n$  sea igual a 1, a 2, a 3, etc.

Conociendo a  $\theta$  se calculó el espaciado  $d$  aplicando la fórmula de Bragg, para cada línea y a cada una de éstas se le asignó un valor de intensidad comenzando por la más intensa a la cual se le da el valor de 100%. Los valores de  $d$ , junto con sus respectivas intensidades se tabularon para compararlos con las tablas A.S.T.M. (Hanawalt).

#### RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

A continuación se presentan las tablas que resumen los resultados de la lectura del espectro de cada muestra y se incluyen al frente los datos obtenidos del estudio a través del índice de Hanawalt que permiten interpretar cada una.

El número inicial representa el espaciado  $d$  y el número entre paréntesis la intensidad de las líneas designadas visualmente. Los patrones están designados según la nomenclatura del índice A.S.T.M.

T A B L A I

Estudio comparativo del espectro obtenido de la arcilla <sup>81</sup> (Mondoñedo I).

| Lectura de la muestra | Caolinita<br>I-20 C-7<br>6-221 | Si O <sub>2</sub><br>I-63 F-3<br>15-26 | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub><br>I-113 B-8<br>19-1130 | Na Cl<br>I-18 F-8<br>56-28 |
|-----------------------|--------------------------------|--|---|----------------------------|
| $d$ I/ $l_0$          | $d$ I/ $l_0$                   | $d$ I/ $l_0$                           | $d$ I/ $l_0$  | $d$ I/ $l_0$               |
| 7.15 (50)             | 7.18 (100)                     |  |   |                            |
|                       |                                |  | 5.92 (4)  |                            |
| 4.46 (80)             | 4.48 (80B)*                    |  | 4.49 (2)  |                            |
| 3.54 (50)             | 3.58 (100)                     |  |   |                            |
|                       |                                |  | 3.42 (16)   |                            |
| 3.26 (30)             |                                |  | 3.23 (20)   |                            |
| 2.98 (30)             |                                | 2.95 (100)                             | 2.96 (90)   |                            |
| 2.79 (100)            |                                |  | 2.71 (20)   | 2.82 (100)                 |
| 2.63 (60)             |                                |  | 2.62 (60)   |                            |
| 2.57 (60)             | 2.56 (80)                      |  | 2.59 (45)   |                            |
| 2.54 (80)             | 2.50 (80)                      |  | 2.54 (100)  |                            |
| 2.39 (60B)            | 2.38 (80)                      |  | 2.36 (95)   |                            |
|                       | 2.34 (90B)                     | 2.24 (18)                              | 2.35 (20)   |                            |
|                       |                                |  | 2.25 (50)   |                            |
| 2.19 (40)             | 2.20 (10)                      |  | 2.19 (40)   |                            |
|                       |                                |  | 2.17 (65)   |                            |
| 1.95 (100)            | 1.98 (40B)                     | 1.98 (35)                              | 2.03 (18)   | 1.99 (55)                  |
|                       |                                |  | 1.95 (35)   |                            |
| 1.86 (20)             |                                | 1.87 (14)                              | 1.88 (35)   |                            |
|                       | 1.78 (40)                      |  |   |                            |
| 1.62 (50)             | 1.66 (50B)                     |  | 1.70 (18)   | 1.62 (15)                  |
|                       |                                | 1.53 (50)                              |   |                            |
| 1.48 (70)             | 1.49 (100)                     | 1.47 (18)                              |   |                            |
| 1.41 (20)             | 1.45 (30)                      |  |   |                            |
|                       | 1.43 (20)                      |  |   |                            |
|                       | 1.37 (10)                      |  |   |                            |
|                       | 1.34 (10)                      |  |   |                            |
|                       | 1.31 (10)                      | 1.33 (10)                              |   |                            |
| 1.26 (40)             | 1.28 (30)                      | 1.23 (25)                              |   |                            |
|                       | 1.26 (10)                      |  |   |                            |
|                       | 1.28 (30)                      | 1.21 (10)                              |   |                            |
|                       | 1.19 (10)                      |  |   | 1.15 (7)                   |

T A B L A I I

*Estudio comparativo del espectro obtenido de la arcilla <sup>S</sup>2 (Mondoñedo 2).*

| Lectura de la muestra | Caolinita<br>I-20 C-7<br>6-221 | Grunerita<br>I-86 C-12<br>17-726 | NaCl<br>I-18 F-8<br>56-28 | Si O <sub>2</sub><br>I-63 F-8<br>15-26 | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub><br>I-113 B-8<br>19-1130 |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|--|---|
| d l/10                | d l/10                         | d l/10                           | d l/10                    | d l/10                                 | d l/10  |
| 8.26 (90)             |                                | 9.12 (50)                        |                           |  |   |
| 7.20 (90B)            | 7.18 (100)                     | 8.30 (100B)                      |                           |  |   |
|                       |                                |                                  |                           |  | 5.92 (4)  |
| 4.92 (20B)            |                                | 5.09 (20)                        |                           |  |   |
|                       |                                | 4.83 (20)                        |                           |  |   |
| 4.46 (100)            | 4.48 (80)                      | 4.55 (40)                        |                           |  | 4.49 (2)  |
|                       |                                | 4.14 (40)                        |                           |  |   |
|                       |                                | 3.87 (30)                        |                           |  |   |
| 3.58 (100)            | 3.58 (100)                     |                                  |                           |  |   |
|                       |                                | 3.45 (30)                        |                           |  | 3.42 (16)   |
| 3.23 (80)             |                                | 3.26 (80)                        |                           |  | 3.23 (20)   |
| 3.06 (80)             |                                | 3.06 (90)                        |                           |  |   |
| 2.96 (100)            |                                | 2.98 (20)                        |                           | 2.96 (100)                             | 2.96 (90)   |
| 2.83 (100)            |                                |                                  | 2.82 (100)                |  |   |
|                       |                                | 2.75 (70)                        |                           |  | 2.71 (20)   |
| 2.63 (60B)            |                                | 2.62 (50)                        |                           |  | 2.62 (60)   |
|                       |                                |                                  |                           |  | 2.59 (45)   |
| 2.53 (80B)            |                                | 2.56 (80)                        |                           |  | 2.54 (100)  |
|                       |                                | 2.50 (80)                        |                           |  | 1.15 (20)   |
| 2.35 (100)            | 2.38 (80)                      |                                  |                           |  | 2.36 (95)   |
|                       | 2.34 (100)                     |                                  |                           |  |   |
| 2.25 (50)             |                                | 2.29 (30)                        |                           | 2.25 (18)                              | 2.25 (50)   |
|                       |                                |                                  |                           |  | 2.19 (40)   |
| 2.17 (70)             | 2.20 (10)                      | 2.19 (50)                        |                           |  | 2.17 (65)   |
| 1.99 (70)             | 1.99 (40B)                     |                                  | 1.99 (55)                 | 1.98 (35)                              | 2.03 (18)   |
| 1.94 (40)             |                                |                                  |                           |  | 1.95 (35)   |
| 1.88 (40)             |                                |                                  |                           | 1.87 (14)                              | 1.88 (35)   |
| 1.78 (20)             | 1.78 (40)                      |                                  |                           |  |   |
|                       |                                |                                  |                           |  | 1.70 (18)   |
| 1.65 (60B)            | 1.66 (50B)                     | 1.65 (40)                        |                           |  | 1.67 (16)   |
| 1.61 (60)             |                                | 1.63 (40)                        | 1.65 (15)                 |  |   |
| 1.55 (20)             | 1.54 (10B)                     |                                  |                           | 1.53 (50)                              |   |
| 1.51 (20)             |                                | 1.51 (40)                        |                           |  |   |
| 1.48 (100)            | 1.48 (100)                     |                                  |                           | 1.47 (18)                              |   |
|                       | 1.46 (30)                      |                                  |                           |  |   |
|                       | 1.43 (20)                      |                                  |                           |  |   |
| 1.25 (40)             | 1.28 (30)                      |                                  |                           | 1.23 (25)                              |   |
|                       | 1.24 (30)                      |                                  |                           |  |   |
| 1.19 (20B)            | 1.14 (10)                      |                                  |                           | 1.21 (10)                              |   |
|                       |                                |                                  | 1.15 (7)                  |  |   |



T A B L A III

*Estudio comparativo del espectro obtenido de la arcilla 83 (Mondoñedo 3).*

| Lectora de la muestra | Caolinita<br>I-20 C-7<br>6-221 | Si O <sub>2</sub><br>I-63 F-3<br>15-26 | Cristobalita<br>I-43 F-12<br>11-695 | Criofilita<br>I-61 B-7<br>14-565 |
|-----------------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| d I/Io                | d I/Io                         | d I/Io                                 | d I/Io                              | d I/Io                           |
|                       |                                |  |                                     | 9.9 (100)                        |
| 7.15 (100)            | 7.18 (100)                     |  |                                     |                                  |
| 4.46 (100)            | 4.48 (80)                      |  |                                     | 4.51 (18)                        |
| 4.02 (50)             |                                |  | 4.05 (100)                          |                                  |
| 3.60 (90)             | 3.58 (100)                     |  |                                     | 3.62 (25)                        |
| 3.32 (40)             |                                |  |                                     | 3.30 (70)                        |
|                       |                                |  | 3.14 (12)                           |                                  |
| 2.95 (60)             |                                | 2.95 (100)                             |                                     | 3.09 (25)                        |
|                       |                                |  | 2.84 (14)                           | 2.89 (18)                        |
|                       |                                |  |                                     | 2.67 (12)                        |
|                       |                                |  |                                     | 2.61 (12)                        |
| 2.57 (60)             | 2.56 (80)                      |  |                                     | 2.58 (35)                        |
| 2.50 (20)             | 2.50 (80)                      |  | 2.48 (20)                           | 2.47 (10)                        |
| 2.36 (70)             | 2.38 (80)                      |  |                                     | 2.39 (25)                        |
|                       | 2.34 (90)                      |  |                                     |                                  |
| 2.28 (20)             |                                | 2.25 (18)                              |                                     |                                  |
| 2.19 (60)             | 2.20 (10)                      |  |                                     | 2.14 (10)                        |
| 1.95 (50)             | 1.98 (40B)                     | 1.98 (35)                              |                                     | 1.98 (25)                        |
| 1.88 (50)             |                                | 1.87 (14)                              |                                     |                                  |
| 1.80 (20)             | 1.78 (40)                      |  |                                     | 1.78 (12)                        |
| 1.68 (40)             | 1.66 (50B)                     |  |                                     |                                  |
|                       |                                | 1.53 (50)                              |                                     |                                  |
| 1.48 (100)            | 1.48 (100)                     | 1.47 (18)                              | 1.43 (44)                           | 1.50 (18)                        |
|                       |                                | 1.46 (30)                              |                                     |                                  |
|                       |                                | 1.43 (20)                              |                                     |                                  |
| 1.28 (20)             | 1.28 (30)                      |  |                                     |                                  |
| 1.23 (20)             | 1.23 (30)                      | 1.23 (25)                              |                                     |                                  |
| 1.19 (20)             | 1.19 (10)                      | 1.21 (10)                              |                                     |                                  |

T A B L A I V

*Estudio comparativo del espectro obtenido de la arcilla <sup>84</sup> (Mondoñedo 5).*

| Lectura<br>de la<br>muestra | Caolinita<br>I-20 C-7<br>6-221 | Si O <sub>2</sub><br>I-63 F-3<br>15-26 |
|-----------------------------|--------------------------------|--|
| d I/I <sub>0</sub>          | d I/I <sub>0</sub>             | d I/I <sub>0</sub>                     |
| 7.19 (80)                   | 7.18 (100)                     |  |
| 4.48 (100)                  | 4.48 (80B)                     |  |
| 3.60 (95)                   | 3.58 (100)                     |  |
| 2.94 (20)                   |                                | 2.95 (100)                             |
| 2.54 (80)                   | 2.56 (80)                      |  |
|                             | 2.50 (80)                      |  |
|                             | 2.38 (80)                      |  |
| 2.32 (70)                   | 2.34 (90)                      |  |
|                             | 2.20 (10)                      | 2.24 (18)                              |
| 2.00 (30)                   | 1.98 (40)                      |  |
| 1.94 (20)                   |                                | 1.98 (35)                              |
| 1.87 (30)                   |                                | 1.87 (14)                              |
| 1.82 (20)                   | 1.78 (40)                      |  |
| 1.67 (50)                   | 1.66 (50)                      |  |
|                             |                                | 1.53 (50)                              |
| 1.47 (90)                   | 1.48 (100)                     | 1.47 (18)                              |
|                             | 1.45 (30)                      |  |
|                             | 1.43 (20)                      |  |
|                             | 1.37 (10)                      |  |
|                             | 1.34 (10)                      | 1.33 (10)                              |
|                             | 1.31 (10)                      |  |
| 1.28 (30)                   | 1.28 (30)                      | 1.23 (25)                              |
| 1.21 (30)                   | 1.23 (30)                      | 1.21 (10)                              |

T A B L A V

*Estudio comparativo del espectro obtenido de la arcilla 86 (Mondoñedo 6).*

| Lectura<br>de la<br>muestra | Caolinita<br>I-20 C-7<br>8-221 | Si O <sub>2</sub><br>I-63 F-3<br>15-26 |
|-----------------------------|--------------------------------|--|
| d I/I <sub>0</sub>          | d I/I <sub>0</sub>             | d I/I <sub>0</sub>                     |
| 7.15 (95)                   | 7.18 (100)                     |  |
| 4.50 (100)                  | 4.48 (80B)                     |  |
| 3.57 (90)                   | 3.58 (100)                     |  |
| 2.94 (90)                   |                                | 2.95 (100)                             |
| 2.54 (90)                   | 2.56 (80)                      |  |
| 2.52 (60)                   | 2.50 (80)                      |  |
| 2.36 (90B)                  | 2.38 (80)                      |  |
|                             | 2.34 (90B)                     |  |
| 2.26 (50)                   |                                | 2.25 (18)                              |
| 2.17 (40)                   | 2.20 (10)                      |  |
| 1.95 (50)                   | 1.98 (40)                      | 1.98 (35)                              |
| 1.88 (20)                   |                                | 1.87 (14)                              |
|                             | 1.78 (40)                      |  |
| 1.67 (40)                   | 1.66 (50)                      |  |
|                             | 1.54 (10)                      | 1.53 (50)                              |
| 1.48 (90B)                  | 1.48 (100)                     | 1.47 (18)                              |
|                             | 1.45 (30)                      |  |

T A B L A V I

*Estudio comparativo del espectro obtenido de la arcilla 85 (Mondoñedo 8).*

| Lectura<br>de la<br>muestra | Caolinita<br>I-20 C-7<br>6-221 | Si O <sub>2</sub><br>I-68 F-3<br>15-26 | Na Cl<br>I-18 F-8<br>56-28 | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub><br>I-113 B-8<br>19-1130 |
|-----------------------------|--------------------------------|--|----------------------------|---|
| d l/lo                      | d l/lo                         | d l/lo                                 | d l/lo                     | d l/lo  |
| 7.19 (90)                   | 7.18 (100)                     |  |                            |   |
| 4.48 (100)                  | 4.48 (80)                      |  |                            |   |
| 3.58 (90)                   | 3.58 (100)                     |  |                            |   |
| 2.94 (90)                   |                                | 2.95 (100)                             |                            | 2.96 (90)   |
| 2.84 (50)                   |                                |  | 2.82 (100)                 |   |
| 2.70 (30)                   |                                |  |                            | 2.71 (20)   |
| 2.61 (80)                   |                                |  |                            | 2.62 (60)   |
| 2.55 (90B)                  | 2.56 (80)                      |  |                            | 2.54 (100)  |
|                             | 2.50 (80)                      |  |                            |   |
| 2.36 (90B)                  | 2.38 (80)                      |  |                            | 2.36 (95)   |
|                             | 2.34 (90)                      |  |                            | 2.35 (20)   |
| 2.27 (60)                   |                                | 2.25 (18)                              |                            | 2.25 (50)   |
| 2.17 (80)                   | 2.20 (10)                      |  |                            | 2.19 (40)   |
|                             |                                |  |                            | 2.17 (65)   |
| 1.94 (50)                   | 1.98 (40)                      |  | 1.99 (55)                  | 1.95 (35)   |
| 1.88 (50)                   |                                | 1.87 (14)                              |                            | 1.88 (35)   |
|                             | 1.78 (40)                      |  |                            |   |
| 1.68 (50)                   | 1.66 (50)                      |  | 1.62 (15)                  |   |
| 1.48 (90)                   | 1.48 (100)                     | 1.47 (18)                              |                            |   |

## DISCUSION DE RESULTADOS

### *Mondoñedo número 1.*

Es una muestra que presenta las líneas típicas de caolinita pseudomonoclínica 7,18 (100), 3,58 (100), 1,49 (100). La intensidad de dichas líneas está disminuida en un 50%, lo cual puede interpretarse como poca pureza de la muestra, confirmada por impureza de sílice, carbonato y cloruro de sodio en alta proporción como lo indica la intensidad de las líneas correspondientes a dichas impurezas. El espectro es pálido (poca exposición). La línea 2,39 corresponde a las líneas 2,38 y 2,34. La 1,78 no se alcanza a ver debido a que las intensidades están disminuidas.

### *Mondoñedo número 2.*

En esta muestra el espectro es muy oscuro, y las líneas no están muy definidas, pero también presenta las líneas típicas de caolinita pseudomonoclínica. La línea 2,82 (100) correspondiente al NaCl se presenta punteada. Según las intensidades que presentan las líneas características, esta caolinita tiene impurezas en muy pequeña cantidad. Las líneas características de un silicato de hierro y magnesio denominado Grunerita, 8,30 (100), 3,26 (80), 3,06 (90), 9,12 (50), se observan claramente con excepción de la 9,12 que no se alcanza a leer.

### *Mondoñedo número 3.*

El espectro muestra algunas sombras pero es de buen color y con líneas definidas. Presenta claramente las líneas de la caolinita pseudomonoclínica y según sus intensidades podemos decir que las impurezas presentes están en poca cantidad. La Cristobalita es la misma sílice pero que ha sufrido calentamiento al aire a 900°C o más. La Criofilita es un silicato del sistema monoclinico cuyas líneas características 9,9 (100), 3,30 (70), 2,58 (35), están presentes en el espectro y se sospechó su presencia por la línea 3,32 (40).

### *Mondoñedo número 5.*

En esta muestra también se encontraron las líneas características de la misma caolinita pero parece que solo se presentan impurezas de sílice en pequeña cantidad, pues la intensidad de su línea característica 2,95 (100) está disminuida en un 80%.

### *Mondoñedo número 6.*

Según el cuadro número 5 que resume el espectro de la muestra Mondoñedo número 6, puede verse que la caolinita en esta muestra está acompañada por impurezas de sílice.

### *Mondoñedo número 8.*

La caolinita en esta muestra es del mismo tipo de las anteriores y las impurezas anotadas en el cuadro correspondiente están en pequeñas cantidades.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de todas las muestras nos llevó a la conclusión de que la arcilla en el yacimiento es de tipo caolinita pseudomonoclínica. La presencia de sílice y trazas de otros minerales arcillosos debe confirmarse mediante tratamientos de purificación y saturación de las muestras antes de obtenerse nuevos difractogramas en rayos X. La presencia de sales solubles de sodio en los espectros se explica por probable contaminación durante el tratamiento dado a la muestra.

Las diferentes familias de planos con diferentes espaciados d,

## BIBLIOGRAFIA

1. HUBACH, E. *Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores*. Bol. Geol. (I.G.N.). Vol. V. No. 2, pp. 43-112, Bogotá, 1957.
2. BURGL, H. *Biostratigrafía de la Sabana de Bogotá*. Bol. Geol. (I.G.N.). Vol. V. No. 2, pp. 123-185, Bogotá, 1957.
3. HAMMEN, TH. VAN DER. *Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá*. Bol. Geol. (I.G.N.). Vol. V. No. 2, pp. 189-213, Bogotá, 1957.
4. HAMMEN, TH. VAN DER. *La Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano*. Bol. Geol. (I.G.N.). Vol. V. 1958.
5. HAMMEN, TH. VAN DER. y PARADA ANTONIO. *Investigación de algunos yacimientos de diatomita, caolín y arcillas de la Sabana de Bogotá*. Boletín de Geología número 2, Facultad de Petróleos, Universidad Industrial de Santander, pp. 7-24, Bucaramanga, 1958.
6. H. CARTER, TENJO S. y TORRES E. *Compilación de los estudios sobre arcillas en la Sabana de Bogotá*. Bol. Geol. XI, 1-3, pp. 17-118 (S.G.N.), Bogotá, 1963.

7. JACKSON M. L. *Soil Chemical Analysis Advanced Course*. Wisconsin University College of Agriculture Department of Soils. Madison 6. Wes. 1956.
8. BLACK, C. A. Edit. *Methods of Soils Analysis*. Part. 1. Num. 9 in the series Agronomy. American Society of Agronomy Inc. Pub. Madison, Wisconsin, U.S.A., 1965.
9. HURLBUT, CORNELIUS JR. *Manual de Mineralogía de Dana*. Editorial Reverté S. M. Barcelona, 1976.
10. ASENSIO AMOR, ISIDORO. *Difracción de rayos X*. Publicaciones de la Universidad de Madrid. Monografías Científicas. Aguilar S. A. de Ediciones, Madrid, 1955.
11. OVALLE DE B. Y., GÓMEZ DE N. C. *Estudio y adaptación de los métodos de análisis químico de materiales arcillosos*. Revista Colombiana de Química. Vol. 17, 9 (1977).