

# Análisis por Espectroscopia Infrarroja de Algunas Arcillas Colombianas

Yolanda O. de Bravo\* - Carmenza Gómez L. e Inés de Ramírez  
Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

## SUMARIO

Se estudiaron once muestras procedentes de distintos puntos del yacimiento Mondoñedo (Mosquera, Cundinamarca). A la fracción arcillosa menor de 2 micras, separada según el método de Jackson, se les tomó, para su caracterización, los correspondientes espectros IR. Las muestras analizadas contienen como mineral predominante Caolinita y en menor proporción Cuarzo. Es de notar la presencia de hidróxidos de hierro y aluminio. La similitud en la composición mineralógica de las muestras permite inferir la homogeneidad del yacimiento de Mondoñedo.

## ABSTRACT

Infrared studies of eleven samples from different places of the Mondoñedo clay deposit were carried out. After removal of the interferent materials (Jackson's method) the fraction smaller than 2 microns was isolated and its IR spectrum recorded. The main mineral present in all the studied samples was "Kaolinite". Also Quartz and Iron hydroxides were found but in smaller proportion than kaolinite. The similar composition of the different samples suggests an homogeneous mineral in the Mondoñedo clay deposit.

## INTRODUCCION

Mientras que la espectroscopia infrarroja ha sido aplicada a la identificación de compuestos inorgánicos sencillos desde hace más de 60 años, el empleo de esta técnica en el estudio de minerales y de la fracción inorgánica de los suelos, solamente se inicia aproximadamente en 1950 (1). La espectroscopia IR es muy útil en estudios mineralógicos cuando se usa en asociación con la difracción de rayos-X y otras técnicas similares. El método puede usarse en la identificación de compuestos inorgánicos y de minerales que tengan bandas de absorción bien definidas, para determinar si un filosilicato es de composición dioctaédrica o trioctaédrica, en el estudio de sustituciones isomórficas, en investigaciones sobre la hidratación de los minerales y

sobre la interacción de las arcillas con compuestos orgánicos e inorgánicos y finalmente en análisis cuantitativo (1, 15).

La técnica tiene la ventaja de suministrar información acerca de la naturaleza e identidad de compuestos amorfos que no pueden ser estudiados por rayos-X. El estudio de los espectros de IR de mezclas de minerales se hace más complejo, a medida que aumenta el número de componentes. En el caso de los minerales arcillosos, la celda cristalográfica unitaria puede contener varios iones o moléculas poliatómicas. Los espectros obtenidos en el estado cristalino muestran además de los modos internos de vibración de los grupos poliatómicos, los modos de vibración de la red que resultan del movimiento de un grupo poliatómico relativo a otro dentro de la celda unitaria (13). Los modos de vibración de la red son característicos de una geometría específica del cristal (12) y generalmente ocurren a frecuencias inferiores a  $400\text{ cm}^{-1}$  pero es posible que se presenten en la región de frecuencias más altas y aún en combinación con las bandas de los modos internos de vibración (12, 13).

En el estudio de los minerales arcillosos son particularmente utilizadas dos zonas de frecuencia de absorción:

#### **1— Zona de vibración de los OH:3200 a 3700 $\text{cm}^{-1}$**

El agua de hidratación ligada a la superficie de los minerales arcillosos da lugar a una banda amplia de absorción centrada en  $3520\text{ cm}^{-1}$ . Los hidróxidos de constitución muestran diversas bandas de absorción generalmente fuertes y bien definidas entre 3550 y  $3700\text{ cm}^{-1}$ .

La posición exacta de estas bandas en los filosilicatos 2:1 dioctaédricos y trioctaédricos, dependen en alto grado de la composición química de estos minerales. En los filosilicatos 1:1 de la familia de la caolinita hay tres o cuatro bandas de absorción OH en el dominio de  $3600\text{--}3700\text{ cm}^{-1}$ . El agua de hidratación se distingue fácilmente de los grupos hidroxilos por la formación de una banda mediana (algunas veces multicomponente) en la región de 1600 a  $1650\text{ cm}^{-1}$  debida a la vibración de deformación del grupo H—O—H.

#### **2— Zonas de vibración de la red:1100 a 400 $\text{cm}^{-1}$**

Los grupos Si—O dan lugar a bandas de absorción generalmente múltiples y muy intensas. En los filosilicatos las frecuencias de absorción de estos grupos son sensibles a la composición química del mineral (3). La sustitución del Si por iones trivalentes en los sitios tetraédricos produce un desplazamiento de las principales bandas de tensión Si—O ( $900\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$ ) hacia frecuencias menores independientemente de la clase de iones presentes en los sitios octaédricos (7). Una absorción fuerte a frecuencias inferiores a  $550\text{ cm}^{-1}$  puede atribuirse principalmente a vibraciones en el plano de los iones octaédricos y las capas de oxígeno adyacentes (7).

En la práctica la identificación de minerales arcillosos se hace por comparación con espectros de minerales arcillosos patrón, en los cuales la asignación de las distintas frecuencias de absorción a un grupo poliatómico particular, se ha verificado teóricamente, o empíricamente en algunos casos (3). Es posible complementar la información así obtenida utilizando tablas de frecuencias características de grupos poliatómicos y asignarlos a estructuras particulares.

Este trabajo tuvo como objeto el caracterizar por medio de la espectrografía de infrarrojo, los minerales presentes en muestras de arcillas de yacimiento de Mondoñedo (Madrid, Cundinamarca) y comparar los resultados con los datos obtenidos por análisis químicos (2) y de rayos-X (4).

## PARTE EXPERIMENTAL

Se estudiaron once muestras identificadas como: M1, M2, M3, M4, M7, M8, M12, M13, M14, M15 y M16, esta nomenclatura corresponde a la que se presentó en un artículo anterior sobre el análisis químico de materiales arcillosos (2).

Las muestras proceden de diferentes puntos del yacimiento arcilloso de Mondoñedo situado al costado derecho de la carretera que une las poblaciones de Mosquera y La Mesa en el kilómetro 3 al suroeste de los puentes de Balsilla y La Herrera.

Las muestras fueron tratadas previamente según el método descrito por Jackson (10) mediante el cual se remueven los cationes divalentes cambiables, la materia orgánica, los óxidos de manganeso y los óxidos de hierro. Finalmente con sucesivas decantaciones y centrifugaciones se separó el limo grueso de la fracción arcillosa hasta un tamaño menor de 2 micras.

Para el registro de los espectros IR de la fracción menor de 2 micras se utilizó un espectrofotómetro IR 521 de Perkin Elmer, de doble haz con dos redes de difracción, sistema de expansión de escalas en porcentaje de transmitancia y en abcisas (longitud de onda). Con detector de termocupla y fuente de emisión, filamento de Nernst. El rango es de 4000 a 250  $\text{cm}^{-1}$ .

Las pastillas se obtuvieron mezclando 0,5 gr. del material con 2,5 gr. de KBr y sometiendo la mezcla homogénea a 20-25 psi, en prensa hidráulica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se presentan las frecuencias de absorción comunes a todas las muestras y por grupos de éstas.

En la figura 1 se muestran los espectros en la zona de absorción de los OH (3000 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ ) en la figura 2 aparece la zona que comprende las vibraciones de la red (500 a 2000  $\text{cm}^{-1}$ ). Cada una de las curvas es representativa del grupo de muestras cuyos números de identidad aparecen sobre ella.

Las muestras estudiadas presentan gran similitud. En todos los espectros aparecen dos bandas de absorción fuertes y bien definidas a 3690  $\text{cm}^{-1}$  y 3620  $\text{cm}^{-1}$ . Dichas bandas han sido atribuidas a la Caolinita por distintos autores (5, 6, 7). Esta asignación se confirmó en el espectro recorrido a una muestra patrón de Caolinita. (Figura 1).

A excepción de las muestras M2, M3, M4 y M16 las restantes presentan una banda mediana bien definida a 1640  $\text{cm}^{-1}$  atribuidas al agua de absorción (1, 13); está, junto con la banda amplia en la zona de 3200 a 3600  $\text{cm}^{-1}$  son manifestaciones del estado de hidratación de las muestras. Las bandas

fuertes a  $1092\text{ cm}^{-1}$  y  $1040\text{ cm}^{-1}$ , una banda aguda en  $925\text{ cm}^{-1}$  y una banda mediana y ancha en  $755\text{ cm}^{-1}$  son comunes a todas las muestras. Algunas de ellas presentan un hombro a  $1020\text{ cm}^{-1}$  sobre la banda fuerte y ancha de  $1040\text{ cm}^{-1}$ , que sugiere un doblete no resuelto.

Tales bandas son características de los grupos Si—O en la Caolinita (1, 6, 7, 9).

La banda mediana y ancha a  $795\text{ cm}^{-1}$  sugiere la presencia de pequeñas cantidades de cuarzo. Algunos autores reportan para este mineral un doblete en 800 y 780 (8, 11, 16); en nuestro caso aparece una banda y no el doblete.

Las bandas de absorción presentes a  $1565\text{ cm}^{-1}$  y  $1415\text{ cm}^{-1}$  se atribuyen a los hidróxidos de hierro y aluminio (14).

TABLA I  
Frecuencias de absorción en el IR para las muestras en estudio

<u><math>\text{V cm}^{-1}</math></u>	<u>Muestras</u>
3690 f	Todas
3618 f	Todas
3130 mp	Sólo M8
3100 mp	Sólo M3 y M2
2450 d	Sólo M8
2410 da	Sólo M7
1640 m	Sólo M1, M7, M8, M12, M13 y M14
1625 da	Sólo M15
1565 f	Todas
1415 f	Todas
1385 f	Sólo M2, M3, M7, M8, M12, M13, M14,
1340 d	Sólo M1, M7, M8 y M14
1092 fa	Todas
1038 f	Todas
1015 f	Sólo M2, M3, M4, M7, M8 y M14
925 f	Todas
795 ma	Todas
755 ma	Todas
690 m	Todas
650 m	Sólo M1, M7, M8, M12, M13, M14, M15, y M16
560 fa	Todas
488 f	Todas
445 f	Todas
360 m	Todas
340 m	Todas

**Convenciones:** f, Banda fuerte, Transmitancia menor del 40%  
 m, Banda mediana. Transmitancia rango 40-70%  
 d, Banda débil. Transmitancia mayor del 70%  
 a, Banda ancha  
 p, Banda pequeña

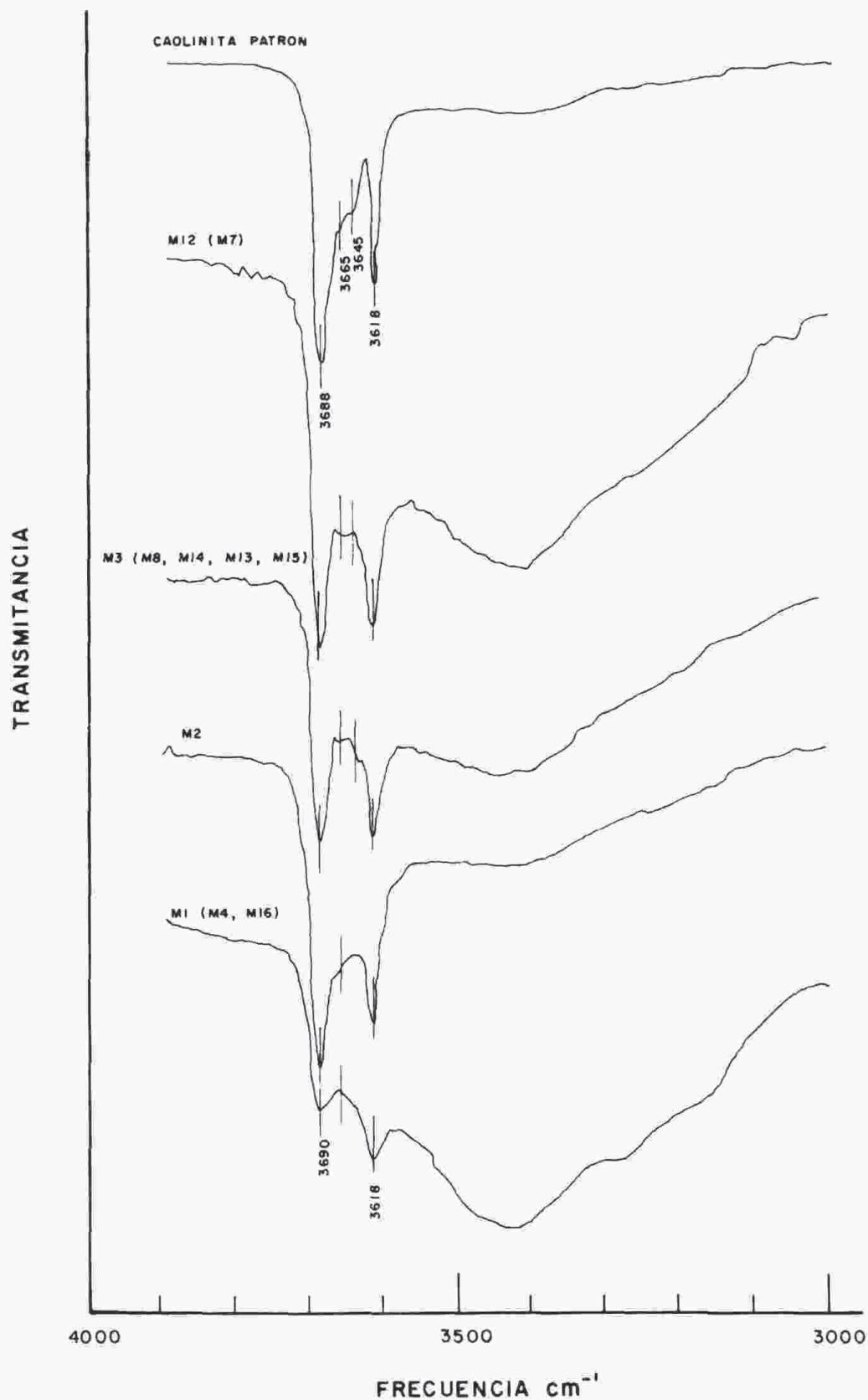


FIGURA 1. Espectros infrarrojos de las distintas muestras estudiadas y de la caolinita. Zona de absorción hidroxilo.

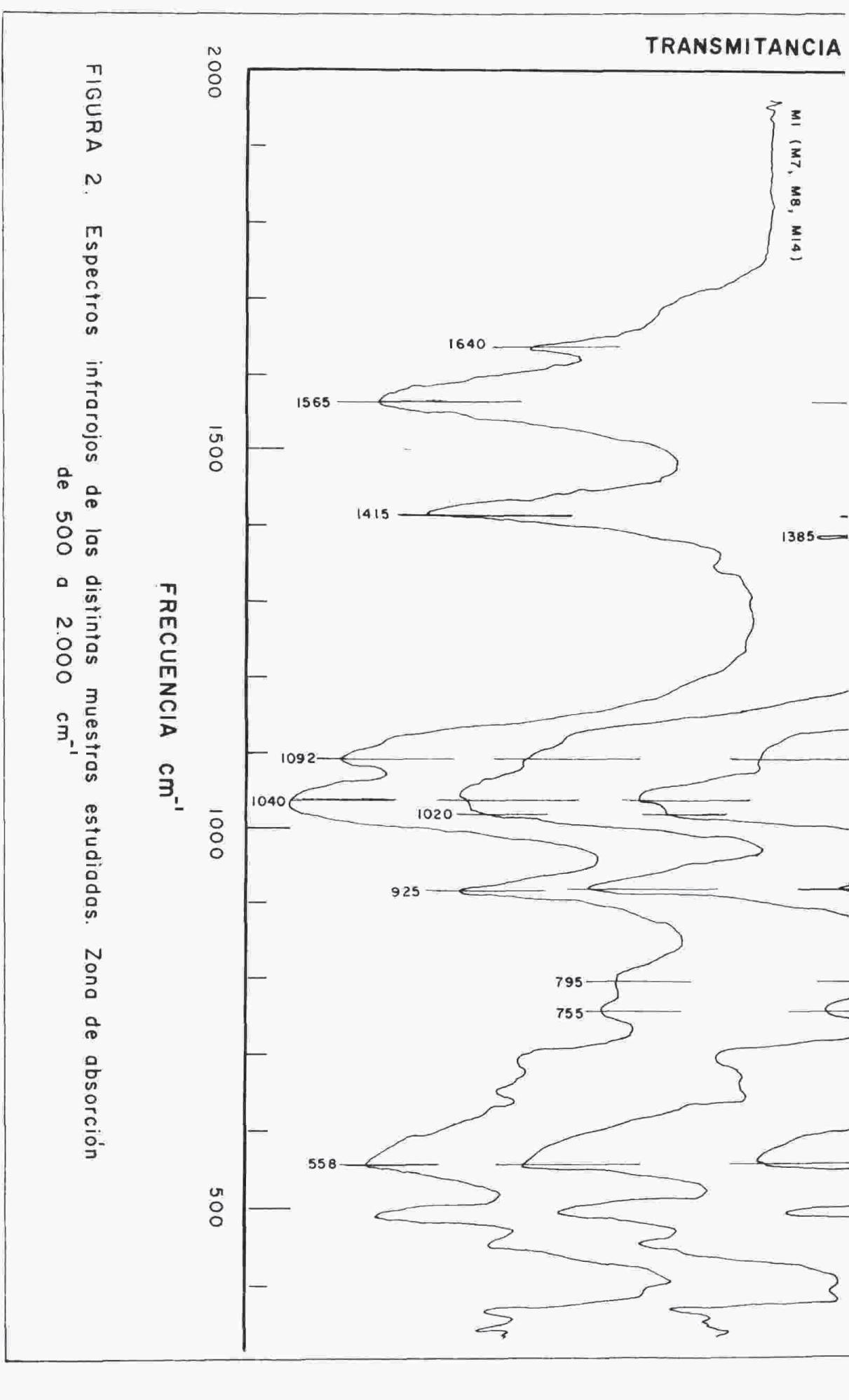
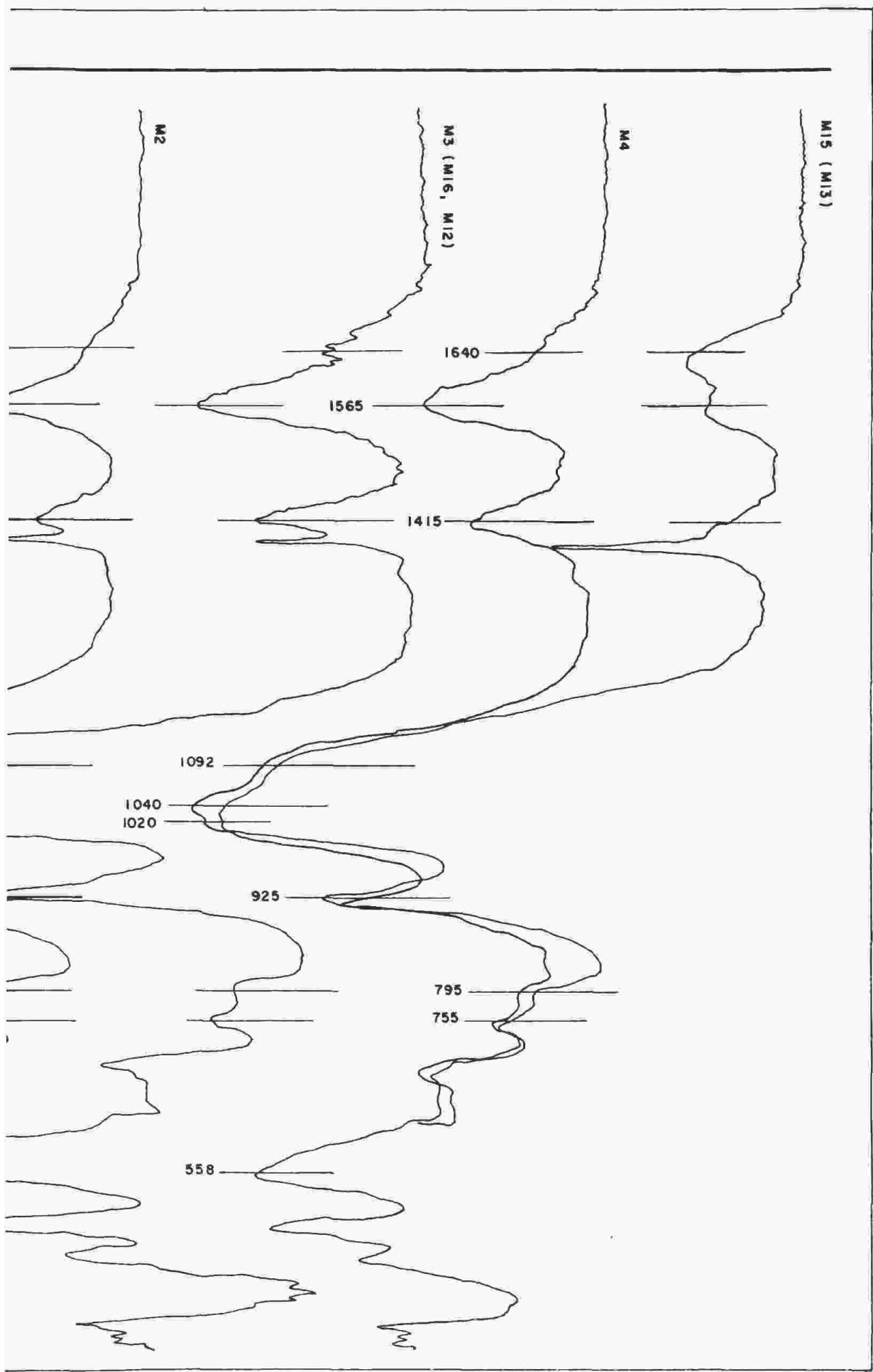


FIGURA 2. Espectros infrarrojos de las distintas muestras estudiadas. Zona de absorción de 500 a 2.000  $\text{cm}^{-1}$



## BIBLIOGRAFIA

1. Black, C.A. *Methods of Soil Analysis. Part 1.* Wisconsin. USA 1965 pp. 745-747.
2. Bravo, Y de., Gómez, C. *Revista Colombiana de Química*, Vol 7, 1977.
3. Erbillon, A, *Mineralogie colloïdale et pedagenese.* Universite de Louvain. 1971. pp. 61-63 (en mimeógrafo).
4. Cubides, J. Ramírez, I. de. *Revista Colombiana de Química*, Vol. 8, 1978
5. Fripiat, Chaussidon and Touillaux. *J. Phys. Chem.* 64, 1234-1241 (1960)
6. Guillere, S. Henin. S. *Mineralogie de Argile.* Maison et Cie Editeurs. 1963.
7. Grim, R.E. *Clay Mineralogie.* Mac Graw Hill Book Company. Second Edition. 1968
8. Hunt, J.M., Wisherd, M.P., Laurence, C.B. *Anal. Chem.* 22, 1478-1479 (1950)
9. Hunt, J.M. Turner, D.S. *Anal. Chem.* 25, 1169-1174 (1953)
10. Jackson, M.L. *Soil Chemical Analysis.* Prentice Hall Inc., 1962
11. Miller, F.A., Wilkins, C.H. *Anal. Chem.* 24, 1253-1294 (1952)
12. Nakamoto, K. *Infrared spectra of inorganic and coordination compounds.* Second Edition, Wiley Interscience, N.Y. 1970
13. Nyquist, R., Kagel, R. *Infrared spectra of inorganic compounds* Academic Press. N.Y. 1971. pp. 1-2.
14. Pérez, J.L., Martín, F. *Anales de Edafología y Agrobiología.* Vol XXVI, Nº 5-6. Madrid 1967
15. Rouxhet, P. *Algunos aspectos fisicoquímicos de la mineralogía de arcillas.* Universidad Nacional del Sur. Argentina. 1970 pp. 33-35 (en mimeógrafo)
16. Tuddengam, W.M., Lyon, R.J.P. *Anal. Chem.* 31, 377-380 (1950)