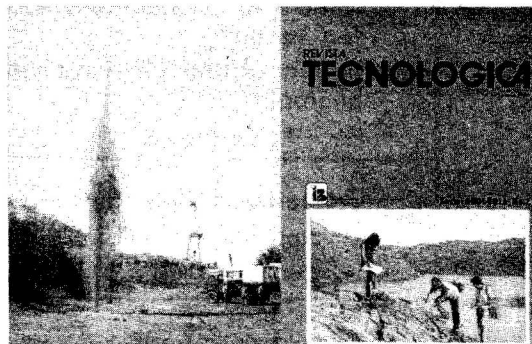




MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BASICA
REPUBLICA DE CUBA

REVISTA TECNOLOGICA

Vol. XVI, Geología, No. 2, mayo, 1986



Portada: Toma de muestras de levantamiento geológico, en Jibacoa, Región Escambray


Contraportada: Explosión en un pozo con el fin de producir ondas elásticas al aplicar métodos sísmicos destinados a la prospección de estructuras geológicas profundas, favorables para la acumulación de petróleo y gas. (Fotos Emilio Herrera, Divugación, MINBAS).

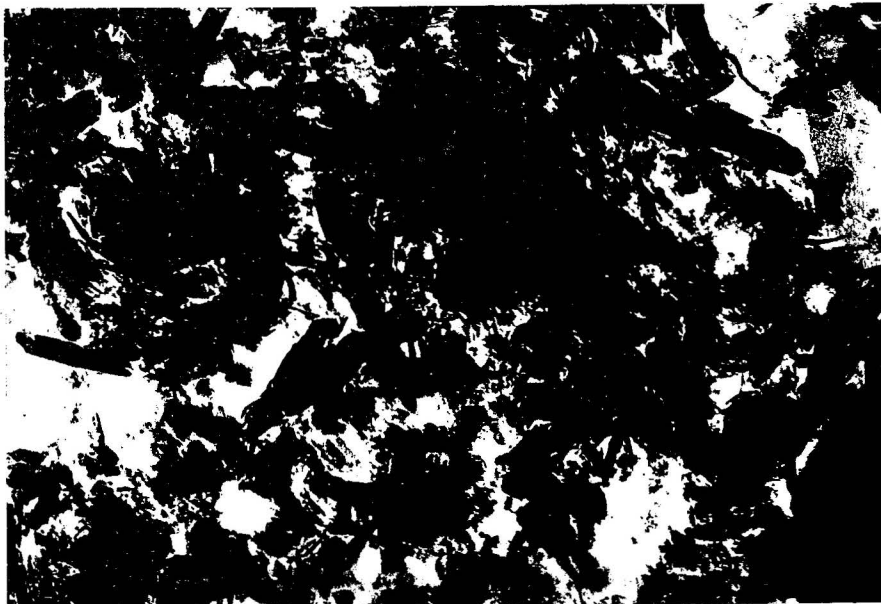
SUMARIO

SUMMARY

- | | | |
|---|--|----------------|
| 1 | Evaluación de los resultados de la aplicación del método sísmico del punto común de profundidad en las condiciones sismogeológicas de Cuba
Evaluation of results in the application of the common-depthpoint seismic method in the seismogeological conditions of Cuba
Ing. Guillermo Hernández | 3 ^v |
| 2 | Radiolarios del Campaniano de la formación Vía Blanca en la Región Habana-Matanzas
Radiolaria from the Campanian of the "Vía Blanca" formation in the Havana-Matanzas area
Lic. Emilio Florez Albín | 7 |
| 3 | Confección de los mapas hidrotimétricos y de mineralización por los horizontes acuíferos F_1 y F_2 (K_1^{ne}) del yacimiento "Boca de Jaruco"
Preparation of mineralization and hydrometric maps from horizons " F_1 " and " F_2 (K_1^{ne})" of the "Boca de Jaruco" oil field
Ing. Jorge F. Gracia, Ing. Luis M. Torres | 19 |
| 4 | Tendencias de la Ciencia y la Técnica en las investigaciones analíticas de muestras geológicas
Scientific and technical trends in the analytical investigation of geologic samples
Lic. Angel Rodríguez, Lic. C. González, Lic. R. Furef e Ing. A. Brito | 24 |
| 5 | Ofiolitas de Camagüey: naturaleza, posición tectónica y sedimentos derivados
Camagüey ophiolites: their nature, tectonic location and derived sediments
Lic. Manuel A. Hurrealde, R. Hartwich y otros | 29 |

Estudio físico-químico y estructural de la bentonita de la manifestación "La Tagua"	33
Structural and physico-chemical study of the "La Tagua" show of bentonite	
Lic. José G. Alonso, Ing. Amelia Brito, N. Vega y Donis P. Coutín	
Cromatografía en zeolitas naturales cubanas	43
Chromatography of natural zeolites in Cuba	
Lic. Miguel Autié Pérez	
Estudio comparativo de muestras para ensayo granulométricos tomadas de pozos y laboreos en yacimientos de arenas eluviales	47
Comparative study of samples taken from pits and minings in eluvian sands deposits, for granulometric tests.	
Ing. Diógenes Carballo, Ing. Juan Suros	
Procedimiento estadístico para evaluar la exactitud de los métodos analíticos	51
Statistics procedure to evaluate the accuracy of analitic methods	
Lic. Félix Castillo, Lic. Fabio Rojas	
El Cuaternario en el Mediterráneo americano y sus inmediaciones	58
The Cuaternary in the caribbean sea an ets surroundings	
Prof. Manuel Acevedo	
Composición sustancial del yacimiento artificial "Colas de Moa"	66
Substantial composition of the artificial deposits in "Colas de Moa"	
Ing. Nylis Ponce, Ing. Idenia Altarriba, Ing. Dalia Carrillo, Ing. José Fernández	
ABSTRACTS	76
РЕФЕРАТЫ	78

<p> Editada por el Centro Nacional de Información Científico-Técnica del Ministerio de la Industria Básica</p> <p>Revista Tecnológica Geología es continuación en parte de REVISTA TECNOLÓGICA</p> <p>DIRECTOR Francisco Valdés García</p> <p>REDACTOR PRINCIPAL Rafael Pérez Vega</p> <p>CONSEJO DE REDACCION</p> <p>Elsa Lam García Mario Chapottín Barco Teresa Pedraza de los Ramos Zenaida Morales González Virginia Domínguez Álvarez</p>	<p>CONSEJO TECNICO ASESOR:</p> <p>Alfredo Norman Vega Nylis Ponce Seoane Angel Rodríguez Ronda Francisco Sánchez Gustavo Furrázola Bermúdez Manuel Marrero Paz Guillermo Hernández Pérez Mireya Pérez Rodríguez</p> <p>DISEÑO Y EMPLANE Plácido Gómez Madruge</p> <p>FOTOGRAFIA Jesús Olivera Salabarría</p> <p>REDACCION Ministerio de la Industria Básica Ave. Salvador Allende 666 Zona Postal Habana 3</p> <p>Ciudad de la Habana, Cuba Telfs. 70-2540, 79-8676 Telex-511-183</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se desea el canje con publicaciones congéneras • On accepte des échanges avec les publications congénères • Exchange with similar publications is desired • Si desidero il cambio colla pubblicazione congeneri • Accltiam-se permutas con publicado con-gene • Wir bitten um austausch ähnlichen fach-schriften. <p>Impresa en el taller 01 de la Empresa Poligráfica "Osvaldo Sánchez" del Ministerio de Cultura.</p> <p>Inscripta en la Administración de Correos de Ciudad de la Habana como impreso periódico.</p>
--	---	--



Estudio físico-químico y estructural de la bentonita de la manifestación "La Tagua"

Lic. José A. Alonso*

Ing. Amelia Brito .CSc*

Lic. Natalia Vega*

Ing. Donis P. Coutin CSc*

RESUMEN

Se caracterizó desde el punto de vista estructural y físico-químico el mineral arcilloso fundamental que constituye la manifestación de bentonita "La Tagua", empleando técnicas de difracción de rayos X, análisis térmico, microscopía electrónica, espectroscopía infrarroja, análisis químico y capacidad de intercambio catiónico, entre otras. Los resultados obtenidos muestran que en la fracción fina aparece un sólo mineral arcilloso que pertenece al grupo de las esmectitas: montmorillonita rica en aluminio.

Además, se caracterizó desde el punto de vista termoanalítico el vidrio volcánico de las tobas vitroclásticas analizadas.

*Centro de Investigaciones Geológicas (C.I.G.), MINBAS

La montmorillonita, uno de los minerales más comunes dentro del grupo de las esmectitas y que forma parte de las bentonitas y arcillas bentoníticas, presenta importantes propiedades desde el punto de vista industrial que depende de sus características físico-químicas [1,4].

Por todas las aplicaciones que pueden tener las bentonitas resulta conveniente realizar no solo el estudio geológico de los yacimientos y manifestaciones más importantes de esta materia prima sino también un estudio detallado de las montmorillonitas que las constituyen, para su explotación más racional y ventajosa.

Entre los yacimientos de bentonita más importantes conocidos en Cuba está el de "Managua" (provincia Ciudad Habana) y el de La Caoba (provincia Santiago), constituidos fundamentalmente por arcillas montmorilloníticas, las cuales han sido evaluadas desde el punto de vista tecnológico y son utilizadas en la industria para diferentes fines [4, 11]. Recientemente fueron descubiertas interesantes acumulaciones de bentonita en "La Tagua", en el norte de la provincia de Guantánamo, que por pertenecer al mismo tipo genético de La Caoba y presentar características potencialmente perspectivas, merecen ser objeto de estudio.

El objetivo del presente trabajo fue el de caracterizar desde el punto de vista estructural y de las propiedades físico-químicas el mineral arcilloso principal que constituye el depósito "La Tagua", empleando las técnicas y métodos idóneos como son: Difracción de rayos-x (DRX), Análisis térmico (AT), Espectroscopía infrarroja (IR), Microscopía electrónica (ME), y Análisis químico (AQ).

Con la culminación de este trabajo se tiene un conocimiento básico de la estructura y características de las montmorillonitas de "La Tagua", útiles para orientar futuras investigaciones más profundas sobre este depósito.

MATERIALES Y METODOS

a) Equipos utilizados

Se utilizaron los equipos difractorómetro DRON 2,0 y derivatógrafo MOM-1500 para los análisis de DRX y AT respectivamente, los equipos IR-71, UR-20 Karl Zeiss para el registro de espectrogramas infrarrojos y un JEM-100S JEOL para las observaciones al microscopio electrónico.

b) Selección de muestras

Las muestras objeto de estudio pertenecen a un perfil completo del afloramiento de bentonita «La Tagua», que se encuentra situado en el Camino Alto de La Tagua-Castro-Sagua, en el borde noroeste de la meseta, en el norte de la provincia de Guantánamo. El afloramiento quedó abierto en el talud del camino, pudiendo observarse, en una extensión de cerca de 500 m, los distintos horizontes de yacencia subhorizontal.

Las secuencias rocosas que constituyen el área estudiada pertenecen a la formación vulcanógeno-sedimentaria Miranda*, de edad Paleoceno Superior - Eoceno Inferior.

El yacimiento «La Caoba», situado a unos 30 km al oeste, también está ubicado en esta misma formación Miranda.

El corte donde se tomaron las muestras tiene alrededor de 30 - 40 m de espesor visible y unos 80 m de longitud; aquí alternan rítmicamente en capas entre 2 y 5 m de potencia, tobas vitroclásticas alteradas de distinta coloración y granulometría, predominando las variedades con texturas muy finas, de color crema aunque con distintas tonalidades (Muestras 2, 3, 5, 8, 9, 11 y 12).

En el corte aparecen además:

- 2 capas de 1,0 - 1,5 m de espesor de otra toba vitroclástica,

compacta, de color gris claro, ligera, diferente notablemente del resto del corte (Muestras 4 y 10).

- Intercalaciones resistentes a la intemperie que forman lentejones o nódulos, generalmente de color gris, dentro de los paquetes color crema, con transición gradual a la capa que los contiene (Muestras 6 y 7). También hay intercalaciones de 20 a 40 cm, muy compactas y duras, por lo que forman «escalones» de coloración violácea, carmelita, etc.

- Una capa de textura variable, entre afanítica y arenosa, de color verde grisáceo; pertenece al segundo horizonte de abajo hacia arriba en el corte (Muestra 1).

Corteza de intemperismo «terra-rosa» in situ, con lo que termina el corte (2-3 m de espesor visible).

La fig. 1 constituye la columna litológica del perfil completo de la región donde se ubica «La Tagua». En la misma se

Fig. 1. COLUMNA LITOLOGICA

EDAD	COLUMNA LITOLOGICA	ESPESOR m	CARACTERISTICAS
N ₁			CALIZA ROSADA, COMPACTA, AFANITICA, CARSCICA, CON CORTEZA ROJIZA (FORMACION MAQUEY)
P ₂		6	CALIZA DETRITICA, BLANCO CREMOSA, GRANO GRUESO, CARSCIFICADA, CAPAS DE 80-100 cm. FAUNA: PSEUDOPHRAGMINA Sp., DISCOCYCLINA cf. HABANENSIS, HETEROSTEGINA Sp. (FORMACION CHARCO REDONDO)
P ₁ -P ₂		50	PAQUETE DE TOBAS VITROCLASTICAS, ALTERADAS, CONVERTIDAS EN BENTONITAS. SE CONSERVAN HORIZONTES PRÁCTICAMENTE INALTERADOS. CONTIENE INTERCALACIONES MUY RESISTENTES, ENRIQUECIDAS EN CRISTALOCLASTOS DE PLAGIOCLASA, EN LA PARTE INFERIOR HAY UNA ALTERNANCIA DE TOBAS ARENOSAS FINAS DE DISTINTA GRANULOMETRIA Y COLOR, QUE CONTIENE ZEOLITA, ADEMAS DE MONTMORILLONITA. LA PARTE SUPERIOR ES UNA CORTEZA TERRA-ROSA IN SITU (2-3 m). FAUNA: GLOBIGERAPIS KUGLERI, PARTICULASPHAERA CI. MEXICANA; EN LAS CAPAS SUPERIORES APARECEN RESTOS DE RADOLARIOS Y DE ESPICULAS (PARTE ALTA DE LA FORMACION MIRANDA)
P ₁		6	CALIZA FRAGMENTARIA, ARRECIFAL, AMARILLENTO-CREMOSA DE LA FORMACION GRAN TIERRA, FAUNA: TICINELLA Sp., PRAEGLOBOTRUNCANA CI. STEFANI O MEDBERGELLA CI. WELLSI (REDEPOSITO DEL CRETACICO)
K ₂ -P ₂		10	ARENISCA POLIMICTICA DE GRANOS GRUESOS, OXIDADA, DELEZNABLE, FOSILIFERA (FORMACION MICARA)
K ₂		250	CONGLOMERADO CAOTICO DE FRAGMENTOS DE DISTINTAS FORMAS Y TAMAÑOS DE ROCAS BASICAS PRINCIPALMENTE, CON PELICULA VIOLACEA, CEMENTO ARENACEO. TIENE INTERCALACIONES LENTICULARES (HASTA 1 m) DE ARENISCA OXIDADA CON FRAGMENTOS DE MAYOR TAMAÑO (FORMACION PICOTA)
K ₂		20-25	CALIZA CONGLOMERATICA CON FOSILES (TRACHYASTER CI. SIMPATICUS)
K ₁		?	VULCANITAS (LAVAS) MUY OXIDADAS Y -ALTERADAS. ESPESOR VISIBLE 8 m (FORMACION BUCUEY)

*Nagy E. et al. Texto explicativo al Mapa a escala 1:250 000 de la antigua provincia de Oriente. 1976. Archivo IGPAAC

ofrecen las principales características de los distintos horizontes, presentándose en forma más detallada la parte perteneciente al afloramiento objeto de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

Según los datos obtenidos bajo el binocular y por análisis roentgenofásico y térmico, así como por microscopía electrónica todas las muestras de color crema (Muestras 2, 3, 5, 8, 9, 11 y 12) están constituidas mayoritariamente por montmorillonita, conteniendo también en proporciones variables (excepto la 3) vidrio volcánico. Las muestras 9 y 12 contienen además trazas de cuarzo y en la 5 se detectaron pla-

gioclasa y calcita en cantidades insignificantes, así como magnetita.

En las muestras 6 y 7 aparece la plagioclasa en cantidades notables junto con la montmorillonita.

En las muestras 4 y 10, por el contrario las cantidades de montmorillonita son minoritarias, siendo el vidrio volcánico el principal componente, por lo que constituyen tobas vitroclásticas casi frescas.

La composición de la muestra 1 es la más variada, pues presenta plagioclasa, zeolita(s), cuarzo, mineral metálico y escasamente montmorillonita.

Se observaron fósiles (radiolarios, espículas y otros restos silíceos) sólo en las muestras 11 y 12.

En la mayor parte de las muestras bentónicas la fracción menor de 0.063 mm es mayor del 90 %, alcanzando hasta 98,2 %, concentrándose la mayor fracción en el rango de 0,02 a 0,005 mm.

Los resultados del análisis granulométrico y microgranulométrico se ofrecen en la Tabla I.

Como datos físico-mecánicos adicionales debemos mencionar que la fracción arcillosa de las muestras estudiadas tiene gran estabilidad y un hinchamiento nulo o insignificante, comportamiento frecuente en las bentonitas originadas a partir de material vulcanógeno.

A continuación expondremos con más detalle algunos de los resultados obtenidos por cada uno de los métodos utilizados para el estudio de las arcillas de «La Tagua».

TABLA I - RESULTADO DEL ANALISIS GRANULOMETRICO Y MICROGRANULOMETRICO DE LAS MUESTRAS DE «LA TAGUA»

Muestra	1		2		3		4		5	
Tamices	%	Acumul.	%	Acumul.	%	Acumul.	%	Acumul.	%	Acumul.
0,2	86,3	86,3	58,1	58,1	0,2	0,2	66,4	66,4	1,7	1,7
0,1	3,7	90,0	4,1	62,2	4,0	4,2	0,9	67,3	1,5	3,2
0,063	1,6	91,6	0,8	63,0	5,1	9,3	1,8	69,1	1,1	4,3
-0,063	8,5	-	37,0	-	90,7	-	31,0	-	95,7	-
0,02	6,3	97,9	13,6	76,6	27,3	36,6	12,4	81,5	31,4	35,7
0,005	1,8	99,7	19,0	95,6	46,8	83,4	14,3	95,8	40,8	76,5
0,002	0,4	100,0	3,4	99,0	9,1	92,5	2,5	98,3	7,7	84,2
-0,002	0,0	100,0	1,1	100,1	7,6	100,1	1,8	100,1	15,8	100,0

Muestra	8		9		10		11	
Tamices	%	Acumul.	%	Acumul.	%	Acumul.	%	Acumul.
0,2	2,3	2,3	0,7	0,7	89,2	89,2	0,1	0,1
0,1	7,3	9,6	1,2	1,9	0,7	89,9	0,8	0,9
0,063	6,4	16,0	0,6	2,5	0,2	90,1	0,9	1,8
-0,063	84,0	-	97,5	-	9,8	-	98,2	-
0,02	24,9	40,9	0,3	2,8	5,7	95,8	7,9	9,7
0,005	44,2	85,1	31,0	33,8	2,3	98,1	53,2	62,9
0,002	6,4	91,5	20,7	54,5	1,1	99,9	18,3	81,2
-0,002	8,5	100,00	45,6	100,1	0,7	99,9	18,8	100,0

DIFRACCION DE RAYOS-X (DRX)

En la Tabla II se ofrecen los diagnósticos iniciales de las muestras analizadas con el objetivo de conocer su composición global de fases. Antes de proceder a la caracterización inicial, las muestras fueron tamizadas a 0,315 mm.

El vidrio volcánico que presentan algunas muestras se pudo distinguir por un aumento del fondo en el difractograma en el intervalo de distancias interplanares entre 3 y 5 Å [13].

Para la identificación de la fracción arcillosa se prepararon agregados, que posteriormente fueron sometidos a saturación con etilenglicol y a calentamiento a 600 °C durante una hora.

La reflexión basal (001) característica del mineral montmorillonítico apareció en los agregados orientados entre 15,5 y 15,7 Å.

Cuando los agregados orientados fueron saturados con etilenglicol se produjo un desplazamiento de la reflexión basal (001) que oscila entre 17,3 y 18,4 Å, o sea, que se satura plenamente.

En el caso del calentamiento, la distancia interplanar de la reflexión basal (001) se redujo, oscilando entre 9,9 y 10,0 Å. En la fig. 2 se muestran los difractogramas de la muestra 3 que ejemplifica lo anteriormente expuesto.

Para distinguir si la montmorillonita presente en esta manifestación pertenece a la serie dioctaédrica o trioctaédrica se procedió a la medición de la posición de la reflexión (060) [10].

El resultado de las mediciones fue de 30° 70' (θ) al que corresponde un valor de distancia interplanar de 1,5099 (Å) que caracteriza a los minerales dioctaédricos [2,5]. El valor obtenido para b_0 fue de 9,059 Å.

La posibilidad de que el mineral arcilloso presente en las muestras de «La Tagua» sea un mineral de capas mezcladas mica-montmorillonita o clorita-montmorillonita queda excluida, puesto que el primer reflejo obtenido en

**TABLA II - DIAGNOSTICO INICIAL
DE LAS MUESTRAS DE «LA TAGUA»
(DRX)**

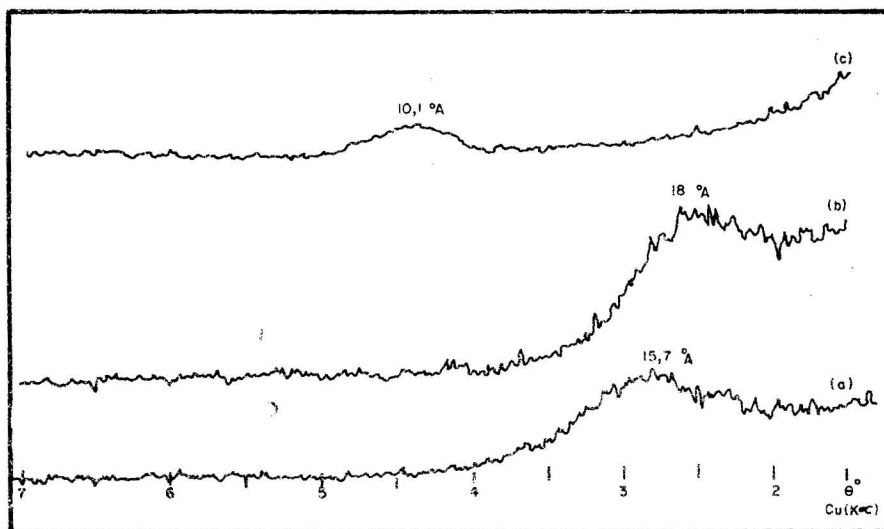
Muestra	Diagnóstico
1	Plagioclasa, zeolita, montmorillonita, y trazas de cuarzo
2	Montmorillonita y poco vidrio volcánico
3	Montmorillonita
4	Vidrio volcánico, muy poca montmorillonita y trazas de plagioclasa
5	Montmorillonita, trazas de calcita, trazas de plagioclasa
6	Plagioclasa y montmorillonita
7	Montmorillonita y plagioclasa
8	Montmorillonita y vidrio volcánico
9	Montmorillonita y trazas de cuarzo
10	Vidrio volcánico, poca montmorillonita y poca plagioclasa
11	Montmorillonita y vidrio volcánico
12	Montmorillonita y poco cuarzo

el difractograma (fig. 2) se desplaza totalmente $\sim 18^\circ$ en las muestras saturadas con etilenglicol, no ocurriendo así en los minerales de capas mezcladas de estos dos tipos (fig. 3) [7]. Por lo tanto, en las muestras estudiadas del depósito «La Tagua» aparece un solo mineral arcilloso y el primer reflejo que se obtiene en las muestras saturadas con etilenglicol corresponde con el reflejo

basal de primer orden (001) de la montmorillonita o de la beidelita.

Los resultados obtenidos por análisis térmico muestran que los termogramas registrados también corresponden a montmorillonita [6,8,9], aunque con una par-

Fig. 2. MUESTRA 3 (AGREGADOS ORIENTADOS) (a) NATURAL, (b) TRATADA CON ETILENGLICOL, (c) CALENTADA A 600 °C (1h)



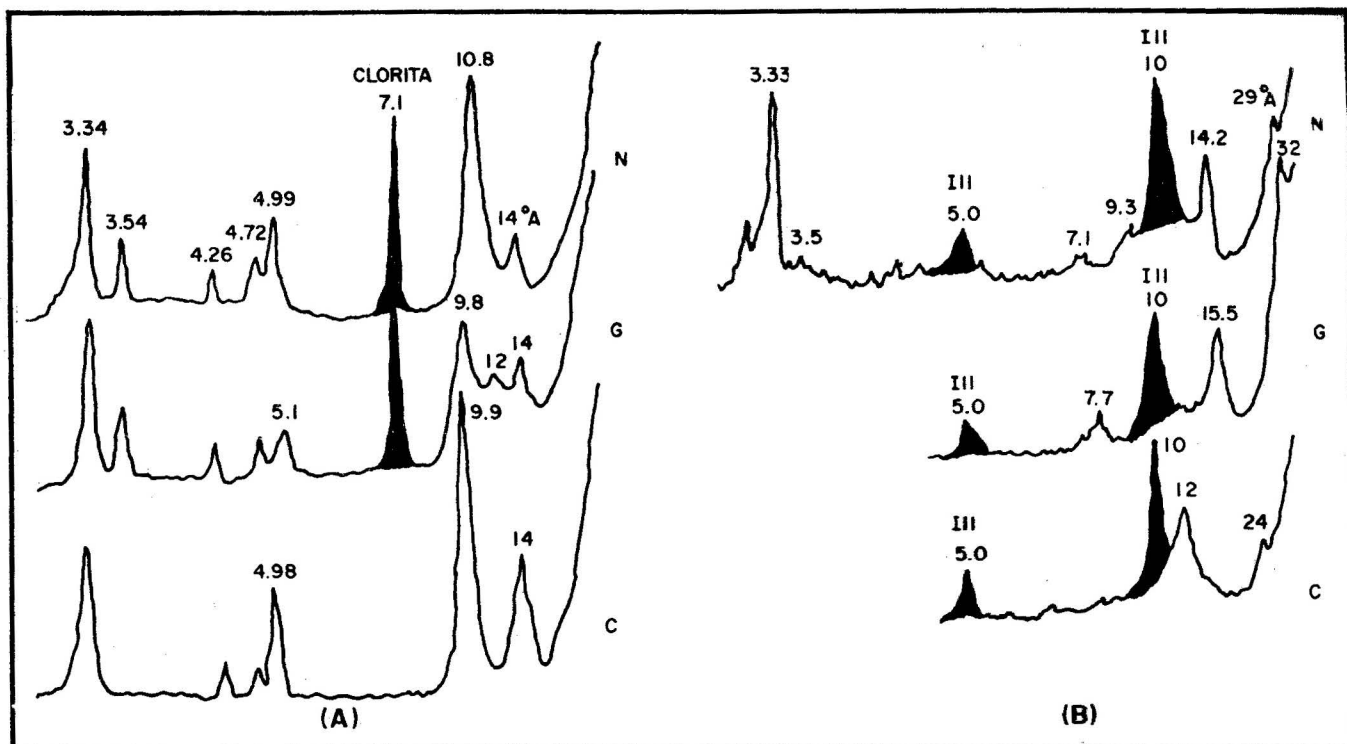


Fig. 3. DIFRACTOGRAMAS DE MINERALES DE CAPAS MEZCLADAS: (A) illita-montmorillonita (irregular). (B) clorita-montmorillonita (regular) (N natural, G- glicolada, C- calentada a 500 °C) (TOMADO DEL TRABAJO DE RODRIGUEZ-IRIGUIEZ)

ticularidad especial como se verá cuando se analicen los resultados obtenidos por este método.

ANÁLISIS TÉRMICO

En las curvas ATD de todas las muestras aparecen los efectos térmicos que son característicos para los minerales montmorilloníticos en el intervalo de temperatura entre 0 y 1 000 °C [8].

Es interesante destacar que en los termogramas de las muestras 3, 5, 7 y 9, se observa un pequeño efecto en la curva DTG contiguo al efecto de 530 °C. El mismo probablemente está asociado con el desprendimiento de los iones hidroxilo (OH^-) que están distintamente vinculados en la estructura a diferentes temperaturas [2, 9]. Sin embargo, en el caso de las esmectitas dioctaédricas existe la probabilidad de que el pequeño efecto adicional que aparece en algunas muestras esté relacionado con diferencias en cuanto a composición química, debido al

amplio grado de isomorfismo que presentan y que las montmorillonitas de tipo «anormal» muestran en las curvas ATD dos pequeños efectos endotérmicos alrededor de 550 y 650 °C o un solo efecto a 550 °C [9].

Analizando nuestros resultados vemos que éstos coinciden con las observaciones referidas para las montmorillonitas del tipo «anormal» [9], como puede verse en las curvas ATD de las muestras 3, 5, 7 y 9 (fig. 4). Además, no se detectó en el resto de los análisis realizados (DRX, IR, ME) otro mineral que pudiera presentar efectos térmicos en el intervalo de temperatura mencionado.

Por el sistema de efectos en forma de «S», vemos que el comportamiento es diferente entre sí en la mayoría de las muestras estudiadas. Se excluyen de este análisis las muestras 4 y 10, que presentan muy poca montmorillonita. En la fig. 4 se observa, que en las muestras en donde el contenido de Al_2O_3 es alto, (ver tabla IV A. Químicos), el tamaño del exoeffecto a 900 °C es mayor (muestras 3, 5, 8, 9, 12), siendo en la muestra 9 el mayor de todos. Es conocido [6] que en las montmo-

rillonitas que presentan el sistema de efectos en forma de «S», hay sustitución de Si^{4+} por Al^{3+} en las posiciones tetraédricas, aunque además la sustitución de Al^{3+} por Mg^{2+} en las posiciones octaédricas también influye en la formación de este tipo de sistema térmico. Esto puede observarse en la muestra 2, donde a pesar de que el contenido de Al_2O_3 es menor que en la muestra 7, el tamaño del exoeffecto es mayor, lo que puede explicarse por su mayor contenido de MgO . Con

respecto a la naturaleza de los cationes intercambiables, observamos en las curvas TG de la mayoría de las muestras (fig. 5), exceptuando la 4 y 10, una pérdida de peso continua y gradual entre los efectos de pérdida del agua absorbida y de agua estructural, lo cual es característico para cationes intercambiables con alta energía de hidratación, como son los de elementos del grupo (II) [9]. En nuestro caso, estos cationes resultan ser Ca^{2+} y Mg^{2+} según los resultados obtenidos por intercambio iónico (tabla V), en que los valores más altos se obtienen para dichos cationes.

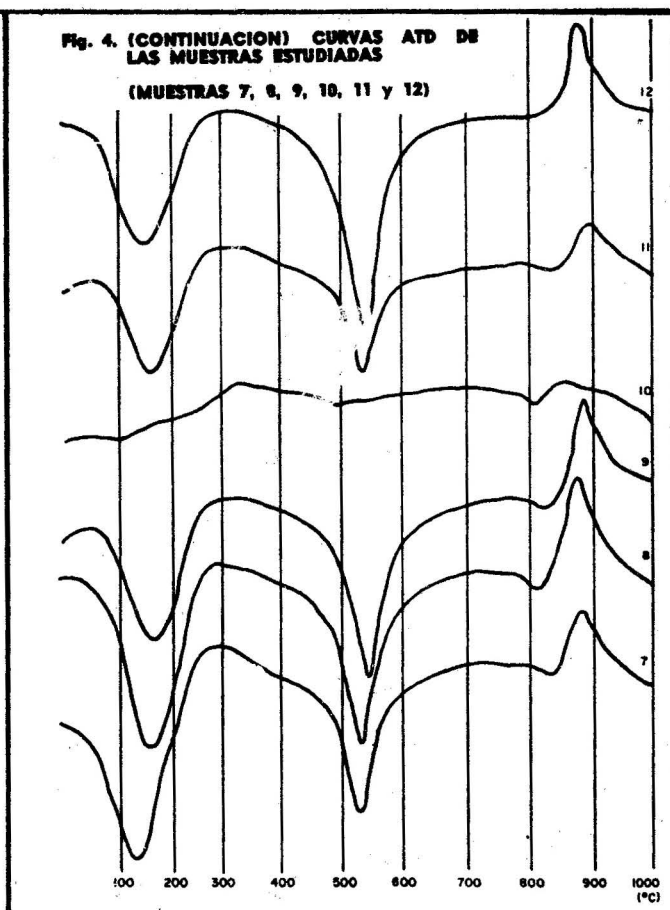
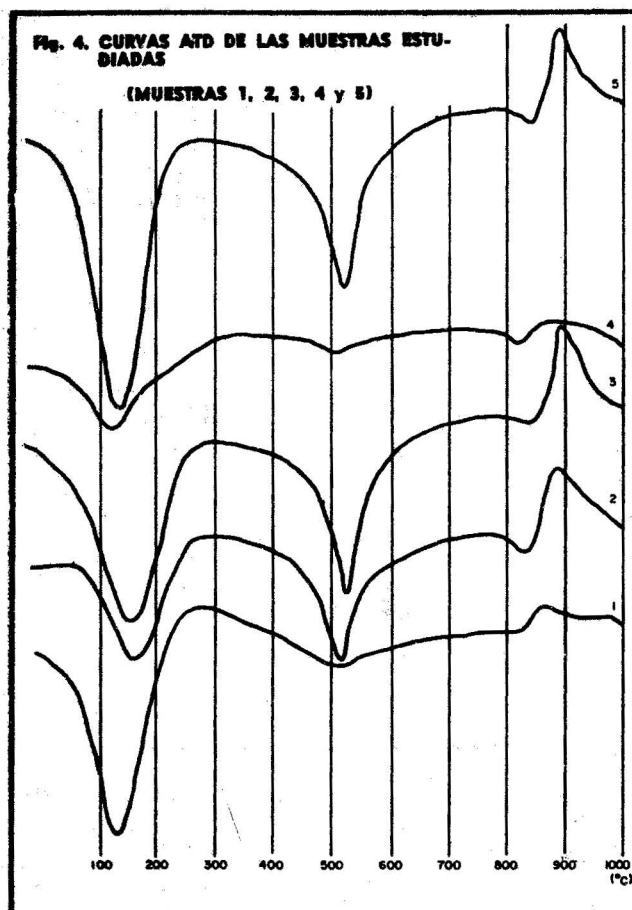


TABLA III

RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS POR CIENTOS DE H_2O^+ BASADOS EN LOS DATOS DE LA CURVA T. G. PARA EL ENDOEFECTO DE 530 °C

No. Muestra	% pérdida H_2O^+
1	2,25
2	5,87
3	7,12
4	1,50
5	6,00
7	5,87
8	6,00
9	6,50
10	1,25
11	4,75
12	7,50

En todas las muestras la montmorillonita es prácticamente el único mineral térmicamente activo que se observa, pero la proporción en que aparece es diferente en las distintas muestras.

Esto puede comprobarse por el tamaño del efecto de 530 °C y con el cálculo en la curva TG de los porcentos de pérdida de agua asociados a dicho efecto. Los resultados se muestran en la tabla III.

Si observamos la tabla III veremos como en el caso de las muestras 3 y 12 se obtuvieron los mayores valores de la pérdida de agua, cercanos a los reportados en la literatura del contenido de H_2O^+ por análisis químico para otras montmorillonitas (7,46 - 8,35 %) [6] por lo que podemos inferir que en estas dos muestras el contenido de montmorillonita es elevado, lo que concuerda plenamente con la interpretación por Rayos X de que en estas muestras la montmorillonita es la fase predominante.

En las muestras 4 y 10 el contenido de montmorillonita es muy bajo, lo que se corrobora por el tamaño de sus efectos característicos y por las cantidades de H_2O^+ obtenidas. Según el diagnóstico DRX estas dos muestras están constituidas fundamentalmente por vidrio volcánico. Los termogramas de ambas muestras son muy semejantes (fig. 6) y en la curva TG se observa una pérdida de peso continua cercana a la que muestran las zeolitas.

ANÁLISIS QUÍMICO

En la tabla IV se resumen los resultados de los análisis químicos de todas las muestras estudiadas.

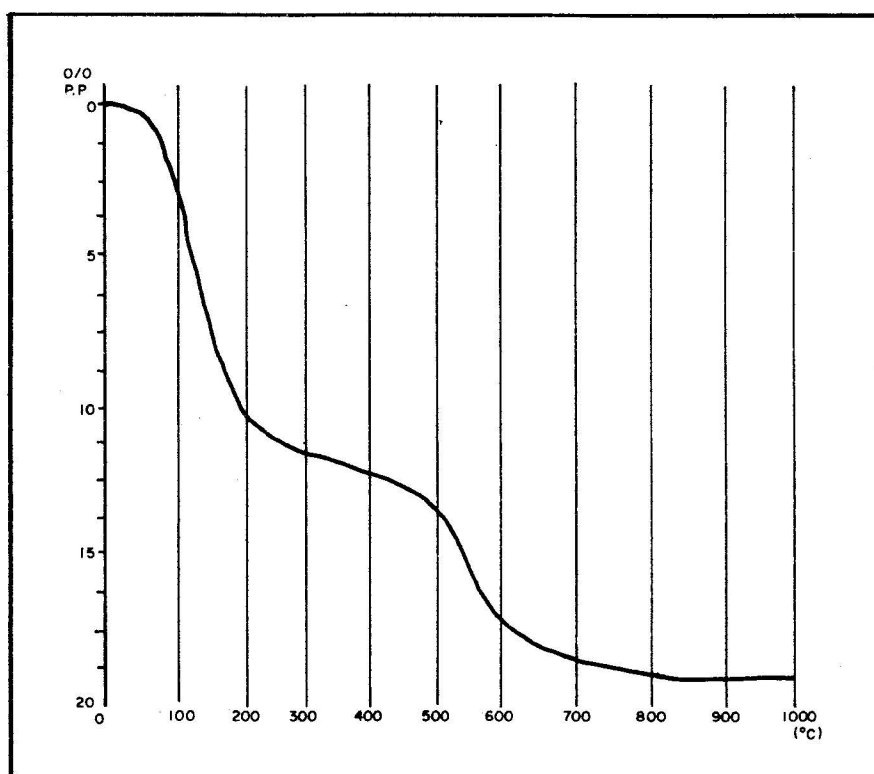
Como se puede observar de la Tabla IV, los resultados obtenidos para los contenidos de Na_2O son muy bajos en las muestras ricas en montmorillonita.

Esto pudiera ser una de las causas por las cuales las muestras no presentan la propiedad física

TABLA IV - ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS DE «LA TAGUA»

No. Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P.P.I
1	54.20	14.40	0.81	8.45	—	3.53	2.81	1.10	1.34	—
2	54.92	17.64	0.35	5.30	0.25	3.62	1.87	0.44	0.92	13.08
3	50.00	20.81	0.45	5.19	0.25	3.60	1.82	1.01	0.21	14.28
4	63.96	13.25	0.32	2.87	0.50	1.92	1.45	1.17	2.34	12.04
5	50.11	21.50	0.64	5.82	0.25	3.48	0.85	0.17	0.14	18.16
6	61.31	16.40	0.33	3.24	0.25	2.38	1.13	1.06	1.88	13.64
7	51.31	19.55	0.44	5.61	0.05	3.34	1.35	0.68	0.31	16.33
8	51.32	20.55	0.46	5.16	0.25	4.43	0.80	0.10	0.15	14.33
9	49.56	23.35	0.45	5.43	—	3.19	0.53	0.10	0.19	—
10	61.86	13.78	0.40	2.42	1.09	2.08	0.92	1.06	1.86	14.50
11	64.70	13.56	0.41	3.90	0.25	2.10	0.24	0.15	0.29	12.47
12	45.98	19.75	0.45	6.58	0.25	2.53	3.28	0.14	0.23	12.98
Referencia	45.57	15.96—	0.10—	0.06—	0.26—	2.49—	0.50—	0.04—	0.11—	
/6/		28.24	0.32	6.35	0.95	6.53	3.28	2.75	0.60	

Fig. 5. CURVA TG DE LA MUESTRA 3



de hincharse cuando se humedecen en agua. Otra de las causas pudiera ser la sustitución en posiciones octaédricas de Fe³⁺ y Mg²⁺ [6].

Sabemos que la montmorillonita objeto de estudio se originó a costa de la transformación del vidrio volcánico de las tobas vitroclásticas, por lo cual es interesante comparar la composición de las bentonitas, con la de las vitroclastitas prácticamente inalteradas de las cuales provienen. De aquí se ve que en las muestras donde predomina la montmorillonita se observa fuga de SiO₂ y aporte de Al₂O₃, MgO y Fe₂O₃, en comparación con las muestras en que predominan el vidrio volcánico; también se observa fuga de CaO, Na₂O y K₂O.

INTERCAMBIO CATIONICO

En la tabla V se relacionan los resultados del intercambio catiónico base amonio para los cationes Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺ en meq/100 g de muestra.

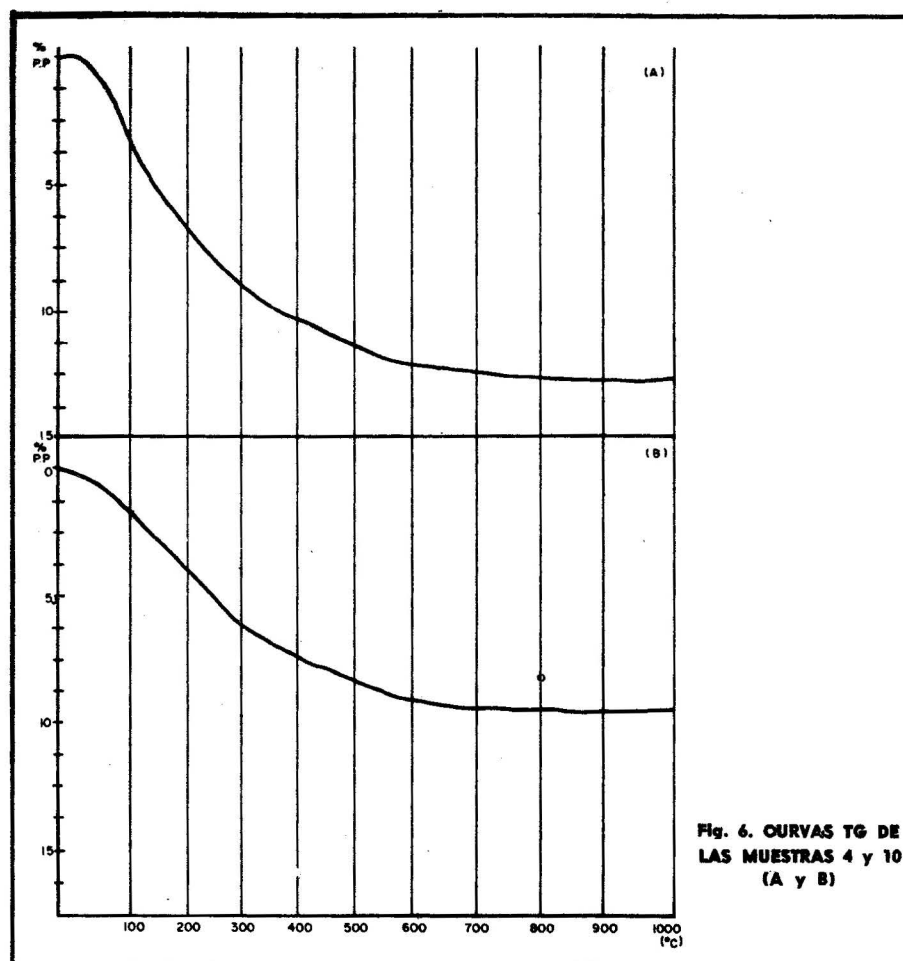


Fig. 6. CURVAS TG DE LAS MUESTRAS 4 y 10 (A y B)

TABLA V - RESULTADOS DEL INTERCAMBIO CATIONICO EN LAS MUESTRAS DE «LA TAGUA».

No. Muestra	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	ΣNa ⁺ +K ⁺ +Ca ²⁺ +Mg ²⁺
1	21,58	22,88	0,13	0,17	44,76
2	19,94	25,72	0,01	0,12	45,79
3	20,81	31,14	0,01	0,05	52,01
4	13,17	8,87	0,04	0,07	22,14
5	26,69	24,91	0,06	0,02	51,69
6	16,17	17,29	0,02	0,02	33,53
7	20,81	23,49	0,04	0,04	44,37
8	26,24	28,96	0,04	0,07	55,31
9	18,98	31,14	0,06	0,05	50,23
10	17,36	10,58	0,07	0,13	28,15
11	8,59	14,89	0,12	0,21	23,82
12	19,33	23,32	0,04	0,07	42,65

Analizando los resultados de la tabla V, podemos observar que para las muestras ricas en montmorillonita (2, 3, 5, 7, 8, 9, 11 y 12) se obtienen valores altos en el intercambio catiónico, con excepción de la muestra 11, que pudiera deberse a que esta muestra está silicificada.

En las muestras 4 y 10 la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es muy baja debido a que en estas muestras predomina el vidrio volcánico.

Se compararon los resultados de la CIC para las muestras ricas en montmorillonita de este depósito con las de «La Caoba» por pertenecer ambos depósitos al mismo tipo genético. En el caso de las muestras de «La Caoba» la CIC promedio es de 33 meq/100 g [11], mientras que en las de «La Tagua» es de 45,73 meq/100 g.

Además de la tabla V se aprecia que en las muestras predominan los cationes Ca²⁺ y Mg²⁺ como iones intercambiables que son los característicos en las bentonitas que se utilizan con buenos resultados en decoloración [6, 11].

ESPECTROSCOPIA INFRARROJA (IR)

Todas las muestras analizadas presentan un comportamiento similar en su espectro IR, que concuerda con el de las montmorillonitas [12]. Excluimos que pudiera ser nontronita, ya que dicho mineral presenta una banda de absorción en la región de los 815 cm⁻¹ [3], que está asociada al Fe que sustituye al Al y la misma no aparece en ninguna de las muestras analizadas y además porque la banda de absorción correspondiente a los grupos OH⁻ aparece a 3630 cm⁻¹ y no en 3558 cm⁻¹ como correspondería a este mineral.

Los minerales dioctaédricos ricos en aluminio absorben en el rango de 915-950 cm⁻¹ y en las muestras estudiadas aparece bien definida la banda de 915 cm⁻¹ asociada a la vibración Al-O-H.

Esta banda aparece en la muestra 4, donde sólo se tiene una banda ancha en la región de los 1010 cm^{-1} correspondiente a las vibraciones de valencia del grupo Si-O.

En la fig. 7 se muestra el espectro IR característico para las muestras analizadas.

En todos los espectros aparece una vibración adicional en las regiones 1380 a 1420 cm^{-1} no reportada en la literatura [13] para este tipo de mineral y que tampoco pertenece a ninguno de los minerales que según DRX y ATD, acompañan a la montmorillonita en las muestras, excepto la calcita, para la cual la banda 1420 cm^{-1} es la más intensa; la otra banda sería la de 877 cm^{-1} pero se solapa con la de montmorillonita.

Adicionalmente en las muestras 5 y 11 aparece una banda en la región de 2890 cm^{-1} que pudiera estar asociada a materia orgánica.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por este método concluimos que las muestras ana-

lizadas son de montmorillonitas ricas en aluminio con trazas de calcita.

MICROSCOPIA ELECTRONICA

Las observaciones por microscopía electrónica comprueban en todos los casos la presencia de montmorillonita como único mineral arcilloso en las muestras objeto de estudio. En todas las micrografías, que son muy semejantes entre sí, se aprecian los hábitos característicos de la montmorillonita [6] es decir, formas irregulares, de contornos imprecisos en partículas muy pequeñas.

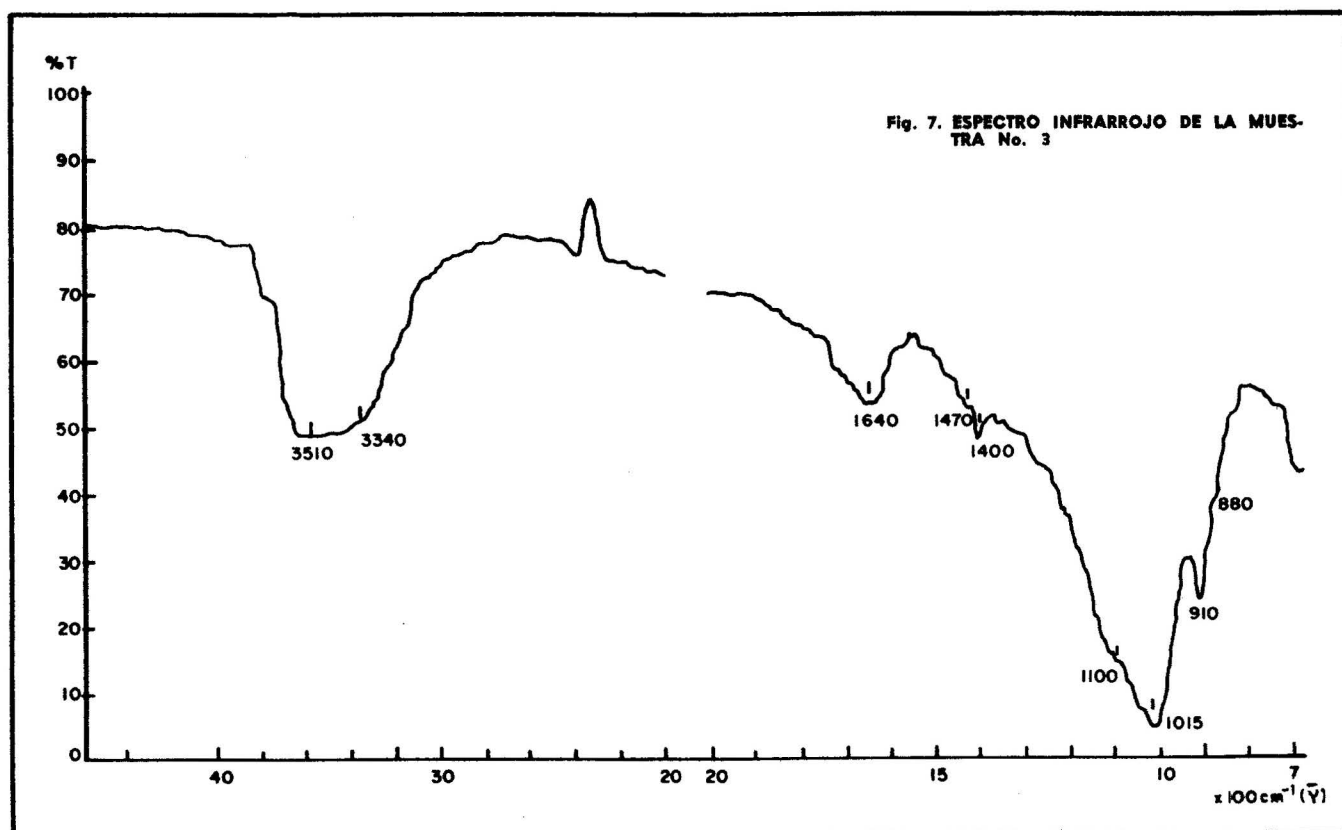
La fig. 8 muestra el aspecto característico de cualquiera de las muestras estudiadas.

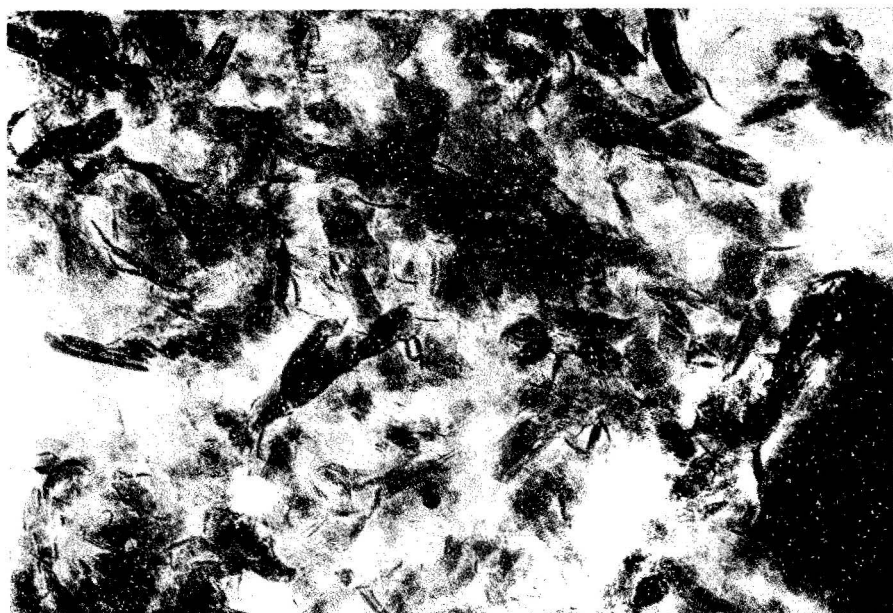
CONCLUSIONES

Y RECOMENDACIONES

1. La manifestación «La Tagua» tiene perspectivas para ser un yacimiento con recursos considerables de bentonita.

2. En la fracción fina aparece un solo mineral arcilloso, el cual pertenece al grupo de las esmectitas.
3. La esmectita presente en «La Tagua» pertenece a la serie dioctaédrica quedando excluido que sea nontronita, por lo que se trata de montmorillonita propiamente dicho, aunque de una variedad rica en aluminio.
4. El vidrio volcánico de las tobas vitroclásticas analizadas tiene un comportamiento termoanalítico caracterizado por un amplio endofecto a bajas temperaturas ($\sim 120^\circ\text{C}$) y una pérdida suave de agua, lo cual puede tomarse como criterio orientativo acerca de la presencia de vidrio volcánico en las tobas.
5. Tanto la composición química de las montmorillonitas de «La Tagua» (eminentemente magnésica y cálcica), como su capacidad de intercambio ca-





8. MICROGRAFIA CARACTERISTICA DE LA MONTMORILLONITA DE "LA TAGUA"

tiónico, son semejantes a las de «La Caoba», por lo cual es de esperar que el comportamiento físico-químico y el tecnológico del material de ambas localidades sea análogo. Por todo lo anterior consideramos conveniente realizar pruebas tecnológicas para la evaluación de las bentonitas de «La Tagua» en los siguientes usos: decoloración de aceites, lodos de perforación (previa natrificación) y espesante en pinturas.

AGRADECIMIENTO

Quisiéramos expresar nuestro reconocimiento a los compañeros que de una forma u otra ayudaron a la exitosa culminación del presente trabajo; en particular a los compañeros de la Sección de Cristalografía de Minerales del Laboratorio «José I. del Corral», quienes nos estimularon constantemente para que el trabajo tuviera el éxito deseado. Además, quisiéramos agradecer la ayuda pres-

tada por los compañeros del Laboratorio de Microscopía Electrónica del CNIC, por su paciente trabajo en la obtención de micrografías de las muestras analizadas y del Laboratorio de Espectroscopía Infrarroja del CIO, por las facilidades brindadas para utilizar el espectrómetro infrarrojo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BETEJTIN A.; *Curso de Mineralogía*, Edit. Mir, Moscú, VTGJ.
- [2] DEAR W. A., HOWIE R. A., ZUSSMAN J.; *Porodoabrazuyuschie minerali*, Tomo 3, Edit. Mir, Moscú, 1966.
- [3] FARMER V. C.; *Clay Minerals*, Vol. 7, 373, 1968.
- [4] GONZÁLEZ Z.; *Serie Geológica*, No. 2, 113-124, 1983.
- [5] GRADUSOV B. P.; *Pochvovedenie*, No. 2, 1971.
- [6] GRIM R. E. "Clay Mineralogy", MacGraw-Hill Company, 2da. Edición. 1968.
- [7] IÑIGUEZ RODRÍGUEZ M. A.; *Revista del Museo de la Plata*, Sec. Geología, tomo VI pág. 237-300, 1968.
- [8] IVANOVA V. P., KASATOV B. K., KRASSVINA T. N., ROZINOVA E. I., *Termicheskii analiz mineralov i gornij porod*, Nedra, 1974.
- [9] MACKENZIE R. C., *Differential Thermal Analysis*, Vol. I, chap 11-21 Academic Press, London, 1970.
- [10] RICH C. I.; *American Mineralogist*, vol. 42, No. 7/8, 569-70, 1957.
- [11] SEIJO D. RODRÍGUEZ A.; *Archivo FGN*, 1973.
- [12] VANDER MARELL H. W. BEUTELSPACHER H.; *Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures*, Edit Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 1976.
- [13] VLASOV V. V., VOLKOVA S. A.; *Rentgenografiya Mineralnogo Sirya*, No. 10, 25-33, 1974.