

CLINOPTILOLITA DE LA FORMACION LA MATILDE  
(JURASICO SUPERIOR)

## PROVINCIA DE SANTA CRUZ

POR R. R. ANDREIS Y A. M. IÑIGUEZ RODRIGUEZ <sup>1</sup>

## RESUMEN

Clinoptilolita junto a rara estilbita, aparece en rocas piroclásticas que constituyen el Miembro Tobáceo de la Formación La Matilde en el Anfiteatro de Tico (lat. 48° 20' ; long. 69° 15' E Greenwich), en la provincia de Santa Cruz. Se ha encontrado que éstas rocas contienen considerable cantidad de clinoptilolita de origen sedimentario que reemplaza trizas de vidrio y ocurre también como relleno de cavidades. La identificación de la zeolita fue realizada por medio de análisis químicos, ópticos, roentgenográficos y térmico diferenciales. El mineral de referencia es autígeno y se ha formado por alteración diagenética de vidrio volcánico riolítico en un ambiente continental subacuoso, bajo condiciones de clima árido o semiárido con cambios estacionales, que parecen haber caracterizado la sedimentación de las rocas de La Matilde.

## ABSTRACT

Clinoptilolite (together with rare stilbite) occurs in pyroclastic rocks which make up the Tuffaceous Member of the La Matilde Formation at Anfiteatro de Tico (lat. 48°20' ; long. 69°15' E Greenwich), province of Santa Cruz. It has been found that these rocks contain considerable quantities of clinoptilolite of sedimentary origin which replaces glass shards and also occurs as cavities fillings. The identification of clinoptilolite was made through chemical, optical, X-ray powder spacings and differential thermal analyses. The mineral is authigenic and has been formed by diagenetic alteration of riolitic volcanic glass in a continental subaqueous environment under arid or semi-arid seasonal conditions, which probably may have characterized the La Matilde sedimentation.

<sup>1</sup> División Mineralogía y Petrografía. Miembros de la Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

## INTRODUCCION

Según Hay (1966), las zeolitas son los silicatos autógenos más frecuentes que se hallan en las rocas sedimentarias, en gran variedad de tipos litológicos, depositados en ambientes marinos o continentales. Son especialmente abundantes en sedimentitas piroclásticas, donde aparecen como material intersticial o como reemplazo del vidrio volcánico.

“De las veintiseis especies bien fundadas de zeolitas, solo doce han sido señaladas en asociación con rocas sedimentarias” (Teruggi y Andreis, 1963) y de ellas, conforme a Sheppard y Gude (1964), “clinoptilolita (comúnmente descripta como heulandita) y analcima son las más frecuentes, siguiendo en importancia erionita, phillipsita y mordenita”.

Durante el estudio petrográfico de las rocas piroclásticas que integran la Formación La Matilde (ver Sucesión Estratigráfica), en una vasta zona ubicada al Sur del río Deseado, en la provincia de Santa Cruz, se ha determinado la presencia de *clinoptilolita*, acompañada de escasa *estilbita*, como reemplazo total de vidrio volcánico. Es de señalar que si bien la clinoptilolita es muy frecuente en formaciones piroclásticas de Estados Unidos (especialmente en California), en nuestro país sólo ha sido reconocida en las Tobas de Sarmiento, aflorantes en la provincia de Chubut, en la localidad de Cañadón Hondo (Mason y Sand, 1960).

Queremos agradecer muy especialmente al Dr. Mario E. Teruggi por la discusión y lectura final del manuscrito; al Dr. Rossini, del LEMIT por la realización de los diagramas de A.T.D. y al Sr. Figini por el análisis químico efectuado.

## SUCESION ESTRATIGRAFICA

Recientemente Archangelsky (1967) redefinió la Formación La Matilde reuniendo todo el “complejo” de las Formaciones Chon-Aike y La Matilde descriptas por Stipanovic (1955, 1957), que fueron consideradas por YPF como Serie Porfírica y Serie Tobífera, respectivamente. La Formación de referencia, definida con un Miembro ignimbrítico (= Chon-Aike) y un Miembro Tobífero, se apoya concordantemente (?) sobre la Formación Roca Blanca (Jurásico inferior) y

es seguida por la Formación Baqueró (Cretácico inferior), de la que está separada por una neta discordancia angular de carácter regional, resultado de los movimientos Kimmeridgianos que afectaron la región.

La zona de estudio se halla ubicada, según Archangelsky (1967) en "la zona de influencia de la Cuenca Compuesta de Ugarte" en la que se reconocen "áreas de sedimentación continental durante los períodos Pérmico a Cretácico inferior inclusive, con intermitentes períodos de intensa actividad volcánica, localizados principalmente en el Jurásico". De la zona antes mencionada, se han examinado muestras de tobas procedentes del Anfiteatro de Ticó, localizado a unos 180 km al NO de San Julián y a unos 200 km al SO de Deseado (latitud  $48^{\circ} 20'$ ; longitud  $69^{\circ} 15'$  E Greenwich). En esta localidad la Formación La Matilde se inicia (Archangelsky, 1967) con gruesas coladas ignimbríticas y muestra un notable predominio sobre los sedimentos de la Formación Baqueró, ya que alcanza 700 metros de espesor. Los estratos siempre aparecen inclinados al N-NE con buzamientos que suelen ser superiores a  $10^{\circ}$ .

#### LITOLOGIA

En el área tipo —Estancia La Matilde— según Stipanovic (1955), tobas arenosas, acompañadas de conglomerados, arenas gruesas con estratificación entrecruzada y lutitas tobáceas, componen el Miembro Tobífero de la Formación La Matilde (Archangelsky, 1967); este conjunto se repite en el Anfiteatro de Ticó donde afloran tobas y tobas arenosas multicolores (blancas, amarillentas, verdosas, grises) con intercalaciones más o menos frecuentes y rítmicas de conglomerados en el tope de secuencia estratigráfica.

En todas las muestra examinadas la presencia de zeolitas solo fue detectada al estudiar los cortes delgados, ya que el reconocimiento de tobas zeolitizadas es, por lo común, muy difícil de efectuar en muestras de mano o en el campo. No obstante y ateniéndonos a Shepard y Gude (1964), existen algunos caracteres —también hallados en las sedimentitas del Anfiteatro de Ticó— que posibilitan en parte su distinción de otras tobas no zeolitizadas; estos son: *a)* fractura concóidea y subconcóidea; *b)* aspecto terroso más que vítreo; *c)* relativa baja porosidad y *d)* dureza moderada. Los mismos autores señalan además que el color no es un criterio de identificación, ya que en el caso de las tobas zeolitizadas de Mojave (California, EE. UU.),

más de la mitad son blancas hasta gris pálido, y las restantes rojizas, verdes o amarillentas.

La observación microscópica de algunas muestras procedentes del Anfiteatro de Ticó (Perfil I - La Martita-Magdalena; ver mapa 2 en Archangelsky, 1967), descritas como "tobas y tobas arenosas", ha permitido reconocer la presencia de una asociación mineralógica común (tabla I) integrada por trizas de vidrio totalmente zeolitizadas, plagioclasas (de composición oligoclásica hasta andesítica), cuarzo, sanidina, litoclastos y biotita, con escasas proporciones de ortoclasa, lamprobolita y zircón. Los litoclastos son de variada naturaleza (vulcanitas riolíticas y andesíticas; ignimbritas; tobas vítreas; esquistos cuarzo-albito-micáceos y hornfels; aplitas, etc.). La sistemática propuesta por Teruggi (1962) para la clasificación de sedimentitas piroclásticas, basada en la abundancia de matriz vitroclástica y la granulometría, ha resultado adecuada ya que se adapta muy bien a nuestras rocas. De acuerdo a la tabla I las muestras matildenses examinadas han sido clasificadas como tobas normales (4), tobas arenosas (4) y areniscas tobáceas (1). Los caracteres texturales de estas muestras serán incluidas en un estudio sistemático del perfil de referencia en preparación el que, junto con otros realizados en zonas vecinas, permitirá un mejor conocimiento como así también la caracterización de la Formación La Matilde.

TABLA 1  
Composición mineralógica (en %) y clasificación

	Zl	Plg	Qz	San	Or	CL	Bt	Acc	Clasificación
13180 <sup>1</sup>	95,0	3,0	1,2	—	—	0,7	—	—	Toba normal
13181..	53,0	23,9	16,5	1,0	—	2,6	3,0	—	Aren. tobácea
13184..	69,1	20,1	2,7	4,5	—	1,7	1,7	—	Toba arenosa
13193..	71,0	14,0	5,5	6,4	0,6	1,2	1,4	—	Toba arenosa
13203..	90,0	5,8	2,0	—	—	—	1,8	0,4	Toba normal
13206..	91,1	2,6	2,4	2,0	—	1,0	0,9	—	Toba normal
13207..	72,3	12,4	7,6	—	—	6,5	1,2	—	Toba arenosa
13208..	88,0	7,0	2,8	—	—	2,0	0,2	—	Toba normal
13213..	76,3	13,3	6,4	—	—	2,9	1,0	0,1	Toba arenosa

<sup>1</sup> Numeración correspondiente al Registro de la División Mineralogía y Petrografía.

Abreviaturas: Zl (zeolita); Plg (plagioclasas); Qz (cuarzo); San (sanidina); Or (ortoclasa); CL (litoclastos); Bt (biotita) y Acc (accesorios).

CARACTERISTICAS DE LA ZEOLITA

*Modo de presentarse.* En todas las preparaciones la clinoptilolita es el principal componente autógeno, que reemplaza totalmente trizas de vidrio de tamaño arena y actúa como material cementante entre los fragmentos mayores, donde también reemplaza otras más pequeñas. La estilbita, reducida en cantidad, aparece exclusivamente en oquedades

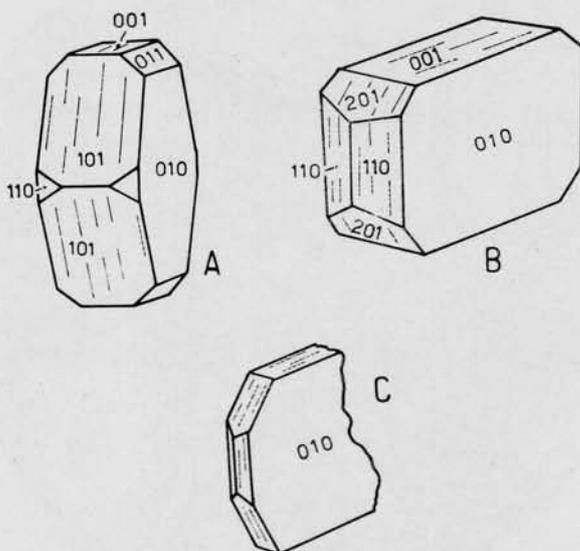


Fig. 1. — A, heulandita (Wyart, 1933); B, clinoptilolita Santa Cruz, California (Gilbert-McAndrews, 1948); C, clinoptilolita, Formación La Matilde, Santa Cruz, Argentina (dibujo esquemático).

des, asociada con la clinoptilolita; forma largas fibras, de hasta 112 micrones de largo y 8 micrones de ancho, dispuestas en agregados radiados o, más raramente, paralelos.

La clinoptilolita que es incolora, aparece formando cristales de hábito tabular, con clivaje (010) bien marcado, que muestran un desarrollo de sus caras cristalinas similar a la figura 1 B, suelen estar envueltas en una delgada película de montmorillonita. Los individuos mejor desarrollados se proyectan en las cavidades entre los cristaloclastos y vitroclastos (o dentro de éstos cuando el tamaño lo permite), sobre los cuales se implantan más o menos en forma perpendicular a sus superficies (fig. 2). En las oquedades los cris-

tales alcanzan su mayor tamaño, que oscila entre 10 y 60 micrones de largo y 4 a 20 micrones de ancho. En general, dos o más cristales pueden crecer en una posición paralela, pero esta tendencia no es muy marcada. Con nicoles cruzados, se observa con cierta frecuencia que los prismas no son independientes, sino que se hallan separados por



Fig. 2. — Toba arenosa de la formación La Matilde

suturas (maclas de penetración de Bramlette y Posnjak, 1933?) que, en algunos casos, pueden diferir en unos pocos grados en su ángulo de extinción.

Por el contrario, los vitroclastos están reemplazados por un agregado de individuos anedrales pequeños, a modo de pavimento, que a veces muestran cierta orientación; en este caso, los cristales de la zeolita se implantan perpendicularmente a las paredes del vitroclasto.

## MÉTODOS DE ESTUDIO

Una vez pulverizadas las muestras, las zeolitas se separaron de los demás componentes con una mezcla de bromoformo y querosene deshidratado, de densidad 2,20, lavándose luego con alcohol (técnica ya utilizada por Di Paola, 1965). Las zeolitas así obtenidas fueron analizadas con rayos X (13184, 13198, 13203 y 13213), análisis térmico diferencial (13203 y 13213) y análisis químico (13213).

*Propiedades ópticas.* El estudio se hizo con cortes delgados y a grano suelto. Los índices de refracción se midieron en láminas de clivaje (010); el valor medio de  $\alpha$  determinado oscila entre 1,482 y 1,486 ( $\pm 0,003$ ). La birrefringencia medida con el compensador de Berek, es de 0,001 ( $\pm 0,0005$ ). La baja birrefringencia impidió obtener buenos resultados en la medición del ángulo de los ejes ópticos; los valores medidos con Platina Universal dieron  $2 V_x = 40 - 60^\circ$ . La elongación es negativa. El ángulo de extinción máximo es de  $\beta:c 12^\circ$ .

Tanto los valores de índice de refracción como la birrefringencia no pueden ser considerados como distintivos para la clinoptilolita. En efecto, si bien Mason y Sand (1960) señalan que la sustitución de Ca por Na-K provoca la disminución en esos valores ("beta nunca sería mayor que 1,485 en clinoptilolita, ni menor que 1,488 en heulandita"), Shumenko (1964) encontró heulandita cuyos índices oscilaban entre 1,483 y 1,486 ( $\pm 0,003$ ) idénticos a los obtenidos por nosotros para clinoptilolita; más aún, recientemente Wise (1967) encontró que heulanditas ricas en agua presentaban un índice de refracción más bajo que el de las heulanditas normales, que varía de 1,487 ( $\alpha$ ) hasta 1,500 ( $\gamma$ ) frente a 1,496 ( $\alpha$ ) a 1,505 ( $\gamma$ ) de las segundas. Por otra parte tanto los índices como la birrefringencia, tanto en heulandita como en clinoptilolita, disminuyen con el aumento en el contenido de  $\text{SiO}_2$  (Mason y Sand, 1960).

*Análisis roentgenográficos.* Los diagramas de rayos X se realizaron con un equipo Phillips, utilizando anticátodo de Cu y filtro de Ni. La identificación de la zeolita se realizó sobre muestras no orientadas. Los diagramas son similares entre sí (fig. 3), exhibiendo un pico marcado correspondiente al espaciado 9,00 y otros de menor intensidad correspondientes a los espaciados 3,95 - 3,97 y 2,97 - 2,98. A juzgar por los datos disponibles (tabla II) se advierte una concordancia con los diagramas para clioptilolita, especialmente con el presentado por Mumpton (1960) para el mineral homólogo procedente de Héctor,



P + E

CL

E = Estilbita

Q = Cuarzo

P = Plagioclasa

M = Montmorillonita

CL = Clinoptilolita

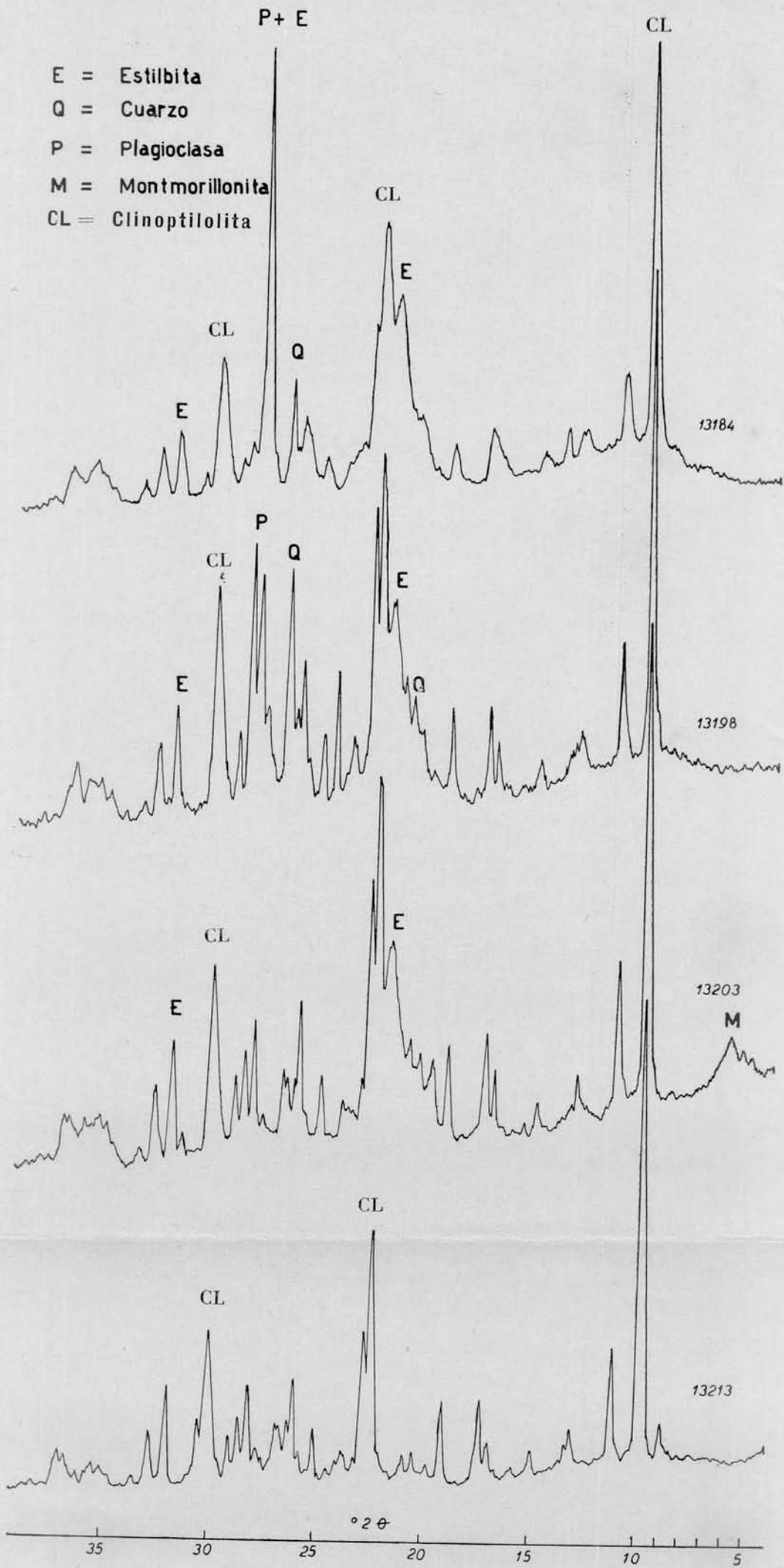


Figura 3

California (EE. UU.), y tomado como tipo por Deer, Howie y Zussman (1963). Ames, Sand y Goldich (1958) y Mumpton (1960) señalaron como distintivos entre clinoptilolita y heulandita las reflexiones más intensas y los espaciados algo mayores de la primera (Mumpton, 1960); según Coombs (1958), estas modificaciones son debidas al método de montado combinado con diferencias en la cristalinidad de las muestras y a la presencia del ión grande de K involucrado en el reemplazo de CaAl en heulandita por (Na,K)Si en clinoptilolita.

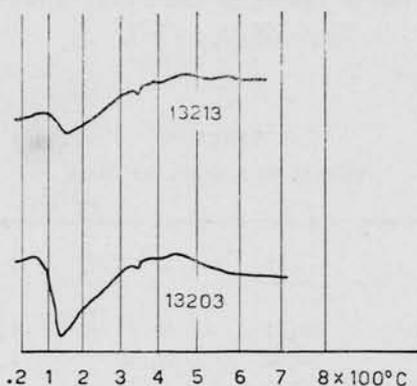


Fig. 4. — Curvas de análisis térmico diferencial

La estilbita, asociada en pequeñas proporciones con la clinoptilolita ha sido identificada en los diagramas (13184 y 13198) por las reflexiones 4,68 - 4,08 - 3,20 - 3,03.

*Análisis térmico diferencial.* Dos muestras (13203 y 13213) fueron analizadas, con los siguientes resultados: en ambos diagramas (fig. 4) se advierte un pico endotérmico pronunciado entre los 100 y 200° C, y un pico menor entre 300-400° C (aproximadamente 350° C), permaneciendo estable la curva hasta los 700° C. La reacción endotérmica por debajo de 200° C —característica para la clinoptilolita de Cañadón Hondo descrita por Mason y Sand (1960) — presumiblemente refleje como ella la pérdida de una parte del agua de constitución. Este comportamiento —además de la estabilidad de la curva— diferencia clinoptilolita de heulandita (Deffeyes, 1959), ya que la segunda presenta un fuerte pico endotérmico hacia los 300° C (Mumpton, 1960).

*Análisis químico.* La muestra 13213, por el buen desarrollo de los cristales y la ausencia de estilbita, ha sido seleccionada para ser sometida a análisis químico. Los resultados obtenidos (análisis 1, tabla III) corroboran la identificación de clinoptilolita. En efecto, el mayor contenido de SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O y la disminución en las proporciones de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y CaO diferencia clinoptilolita de heulandita (Mumpton, 1960). Sin embargo, Mason y Sand (1960) consideran que las diferencias químicas entre las dos zeolitas no reside tanto en el contenido de SiO<sub>2</sub> (que puede variar en sus porcentajes en forma notoria) y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sino en el de Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O y CaO.

TABLA III  
Valores de Análisis Químicos

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub> .....	63,60	66,21	69,41	64,30	60,79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	12,90	11,02	10,59	12,78	13,89
TiO <sub>2</sub> .....	0,20	0,10	0,04	—	0,08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	1,70	0,84	0,08	0,82	1,10
FeO.....	—	n. d.	0,00	—	0,18
MnO.....	—	0,01	0,01	—	0,03
MgO.....	0,70	0,39	0,19	0,62	0,85
Li <sub>2</sub> O.....	—	tr (.01)	—	—	—
CaO.....	1,60	1,33	0,41	2,42	5,54
Na <sub>2</sub> O.....	3,06	5,82	4,40	3,96	1,41
BaO.....	—	n. d.	—	—	0,27 (SrO)
K <sub>2</sub> O.....	3,06	1,04	1,92	1,36	0,40
Rb <sub>2</sub> O.....	—	n. d.	—	—	—
H <sub>2</sub> O +.....	10,35	7,12	6,85	9,50	10,97
H <sub>2</sub> O —.....	2,60	4,66	6,08	4,78	4,56
CO <sub>2</sub> .....	—	0,60	—	—	—
F.....	—	0,03	—	—	—
SO <sub>3</sub> .....	—	0,05	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	—	n. d.	—	—	0,04
	99,77	99,50	100,00	100,54	100,01

<sup>1</sup> Clinoptilolita. La Matilde. Santa Cruz. Muestra 13213.

<sup>2</sup> Clinoptilolita. North Group Bentonite (Héctor). Ames *et. al.* (1958).

<sup>3</sup> Clinoptilolita. Tobas de Sarmiento. Chubut. Mason-Sand (1960).

<sup>4</sup> Clinoptilolita. Dome. Arizona. Bramlette-Posnjak (1933).

<sup>5</sup> Heulandita. (Tipo I). Co China Muerta. Ch. M. 235, Neuquén. Di Paola (1965).

La relación  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  es de 8,3, valor próximo al límite inferior de 8,5 señalado por Mumpton (1960) para clinoptilolita (heulandita varía entre 5,5 y 6,5). Además, la relación Base:alúmina:sílice que es de 1:1:8,3 coincide con el valor dado para esa zeolita por Mumpton (1960).

#### POSICION SISTEMATICA DE LA CLINOPTILOLITA

La revisión bibliográfica ha puesto de manifiesto que heulandita y clinoptilolita han sido citadas con frecuencia en rocas sedimentarias como reemplazo de vidrio volcánico, aunque "sus caracteres ópticos, de análisis térmico diferencial y roentgenográficos no siempre bien aclarados, lo que ha provocado cierta confusión en la literatura" (Di Paola, 1965), desde la introducción del término clinoptilolita en 1932 por Schaller.

Se ha podido advertir asimismo la existencia de dos corrientes de opinión: una, que considera a ambas zeolitas en forma conjunta, siendo clinoptilolita una variedad de heulandita rica en sílice (Hey y Bannister, 1934; Cobban, 1966; Weeks, et al., 1958; Teruggi y Andreis, 1963; Di Paola, 1965) y otra, que la considera como una especie mineral independiente, íntimamente relacionada con heulandita pero distinta de ella (Bramlette y Posnjak, 1933; Gilbert y McAndrews, 1948 —que describen como heulandita—; Deffeyes, 1959; Mumpton, 1960; Regnier, 1960; Hay, 1964; Murata y Erd, 1964; Rooney y Kerr, 1964; Hathaway y Sachs, 1965). En los últimos cinco años, diversos investigadores han demostrado que zeolitas del grupo heulandita presentan características anómalas (Hay, 1966). Algunas tienen propiedades físicas de clinoptilolita (rayos X, estabilidad térmica, índices de refracción) pero composición química más cercana a heulandita (Iijima, 1961; Shumenko, 1964; Di Paola, 1965); otras, en cambio, tiene propiedades intermedias entre heulandita y clinoptilolita (Sheppard, 1961; Hay, 1963; Shumenko, 1964). Esto parece confirmar la idea de Mumpton (1960) quien sugiere que, a pesar que las estructuras de heulanditas y clinoptilolita son isomorfas, la solución sólida entre ellas parece no ser completa.

#### GENESIS DE LA ZEOLITA

La naturaleza piroclástica de las rocas de la Formación La Matilde, y las evidencias geológicas (estructuras entrecruzadas, etc.) señalan claramente que la clinoptilolita se ha desarrollado a partir de sedimentitas continentales, depositadas en ambientes subácueos (lacustre, palustre y/o fluvial). La zeolita, según lo demuestra el estudio microscópico, se ha originado *in situ*, ya como reemplazo de vitroclastos, ya como neocristales que ocupan oquedades primitivas en las rocas originales. No hay evidencias, ni en el terreno ni en las muestras, de acciones hidrotermales o metamórficas, por lo cual consideramos que la clinoptilolita es de origen diagenético.

Un punto de interés es la posible influencia sobre la autigénesis de zeolitas sedimentarias de la naturaleza del vidrio volcánico, de composición riolítica, antes que andesítico-dacítica. Tal posibilidad se basa en el hecho de que el vidrio riolítico "puede ser un material primario satisfactorio para la formación de clinoptilolita, por su baja proporción de hierro, magnesio y calcio y alto contenido en sílice" (Mason y Sand, 1960); por otra parte, tanto clinoptilolita como heulandita "no requieren la introducción de Na y K, por lo que podrían derivar de ese vidrio ácido mediante lixiviación de bases y pérdida de SiO<sub>2</sub>" (Teruggi y Andreis, 1963).

En cuanto a las condiciones ambientales, Teruggi y Andreis (1963) estiman que las especies ricas en álcalis, en áreas continentales, son indicadoras de ambientes lacustres o palustres y de condiciones de alcalinidad de las aguas, lo que en última instancia se debe a circunstancias climáticas de aridez o semiaridez estacionales, condiciones que parecen haber prevalecido durante la sedimentación de las rocas que integran la Formación La Matilde.

#### BIBLIOGRAFIA

- AMES, L. L., SAND, L. B. y S. S. GOLDICH (1958). *A contribution on the Hector, California bentonite deposits*. Econ. Geol., vol. 53, pp. 22-37.
- ARCHANGELSKI, S. (1967). *Estudio de la Formación Baqueró, Cretácico Inferior de Santa Cruz, Argentina*. Rev. Mus. La Plata, n. s., Paleont., t. V, pp. 63-171.
- BRAMLETTE, M. N. y POSNJAK, E. (1933). *Zeolitic alteration of pyroclastics*. Am. Min., v. 18, pp. 167-171.
- COBBAN, W. A. (1955). *Cretaceous rocks of northwestern Montana*. Billings Geol. Soc. Guidebook, Sixth Annual Field Conf., pp. 107-109.

- COOMBS, D. S. (1958). *Zeolitized tuffs from the Kuttung glacial beds near Seaham, New South Wales*. Australian Jour. Sci., v. 21, pp. 18-19.
- DEER, W., HOWIE, R. y J. ZUSSMAN (1963). *Rock forming minerals*. Vol. 4: Framework silicates. London, Longmans, Green & Co, 435 p.
- DEFFEYES, K. S. (1959). *Zeolites in sedimentary rocks*. Jour. Sed. Petr., v. 29, pp. 602-609.
- DI PAOLA, A. C. (1965). *Heulandita autigénica en formaciones mesozoicas de Neuquén y Río Negro*. Rev. Asoc. Geol. Arg., t. XX, n° 2, pp. 229-240.
- GILBERT, C. M. y M. G. MCANDREWS (1948). *Authigenic heulandite in sandstone, Santa Cruz, California*. Jour. Sed. Petr., v. 18, pp. 91-99.
- HAY, R. L. (1963) *Stratigraphy and zeolitic diagenesis of the John Day Formation of Oregon*. Univ. Calif. Pub. in Geol. Sci., v. 42, pp. 199-262.
- (1964). *Phillipsite of saline lakes and soils*. Am. Min., v. 49, pp. 1366-1387.
- (1966). *Zeolites and zeolitic reactions in sedimentary rocks*. Geol. Soc. Am., Special Papers, n° 85, pp. 1-130.
- HATHAWAY, J. C. y P. L. SACHS (1965). *Sepiolite and clinoptilolite from the Mid-Atlantic Ridge*. Am. Min., vol. 50, n° 7-8, pp. 852-867.
- HEY, M. y F. BANNISTER (1934). *Studies on zeolites. Part IV «Clinoptilolite», a silica-rich variety of heulandite*. Min. Magazine v. 23, pp. 556-559.
- IJIMA, A. (1961). *Diagenetic alteration of some acidic tuffs in the Kushiro coal basin*. Japan. Jour. Geol. Geogr., v. 32, pp. 507-522.
- MASON, B. y L. B. SAND (1960). *Clinoptilolite from Patagonia; the relationship between clinoptilolite and heulandite*. Am. Min., v. 45, n° 3-4, pp. 341-350.
- MUMPTON, F. A. (1960). *Clinoptilolite redefined*. Am. Min., v. 45, n° 3-4, pp. 351-369.
- MURATA, K. J. y ERD, R. C. (1964). *Composition of sediments from the experimental Mohole project (Guadalupe site)*. Jour. Sed. Petr., v. 34, n° 3, pp. 633-655.
- REGNIER, J. (1960). *Cenozoic geology in the vicinity of Carlin, Nevada*. Bull. Geol. Soc. Am., v. 71, pp. 1189-1210.
- ROONEY, T. P. y P. F. KERR (1964). *Clinoptilolite: a new occurrence in North Carolina phosphate*. Science, v. 144, n° 3625, p. 1453.
- SCHALLER, W. T. (1932). *The mordenite-ptilolite group; clinoptilolite, a new species*. Am. Min., v. 17, p. 128-134.
- SHEPPARD, A. O. (1961). *A heulandite-like mineral associated with clinoptilolite in tuffs of Oak Springs Formation, Nevada Test Site, Nye Co., Nevada*, p. C 320-322 in Geological Survey Research, 1961. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 424-C, 398 p.
- SHEPPARD, R. J. y A. J. GUDE (1964). *Reconnaissance of zeolite deposits in tuffaceous rocks of the Mojave desert and vicinity*. California. Am. Min., 50, pp. 244-249.
- SHUMENKO, S. I. (1962). *Varieties of authigenic secondary heulandite in the Upper Cretaceous of the Ukraine*. Akad. Nauk SSSR, Dokl. Earth Sci. Sec., v. 144, p. 1347-1350; 1964, v. 144, pp. 144-146 (traducción al Inglés).
- STIPANICIC, P. N. y O. A. REIG (1955). *Breve noticia sobre el hallazgo de Anuros en el denominado «Complejo Porfírico de la Patagonia Extraandina» con consideraciones acerca de la composición geológica del mismo*. Rev. Asoc. Geol. Arg., t. 10, n° 4, pp. 215-233.
- (1957). *El «Complejo Porfírico de la Patagonia Extraandina» y su fauna de Anuros*. Acta Geol. Lilloana, t. 1, pp. 185-297.

- TERUGGI, M. E. (1962). *Sobre la presencia de analcima sedimentaria en el Chubutiano del Codo del río Senguerr (Chubut)*. Rev. Mus. La Plata, n. s., Geol., t. V, pp. 193-217.
- TERUGGI, M. E. y R. R. ANDREIS (1963). *Revisión de las zeolitas con especial referencia a su importancia sedimentológica*. Rev. Asoc. Geol. Arg., t. XVIII, n° 1-2, pp. 73-95.
- WEEKS, A. D., LEVINE, B. y R. J. BOWEN (1958). *Zeolitic alteration of tuffaceous sediments and its relation to uranium deposits in the Karnes County area, Texas (Abstract)*. Bull. Geol. Soc. Am., v. 69, p. 1659.
- WISE, W. S. (1967). *A heulandite with excess water*. Miner. Magazine, v. 36, n° 277, pp. 64-69.
- WYART, J. (1933). *Recherches sur les zéolites*. Bull. Soc. Franc. Min., v. 56, p. 81.

Trabajo realizado en la División Mineralogía y Petrografía

La Plata, 12 de Febrero de 1968