

## EDITORIAL

El pasado 19 de febrero el profesor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Campos Dueñas hubo de realizar un periplo a República Dominicana, en compañía de investigadores del Instituto de Geofísica y Astrología y la Universidad Técnica de La Habana como parte de un proyecto conjunto Cubano-Sueco para la realización de estudios paleotectónicos sobre la base de datos paleomagnéticos de la porción oriental de Cuba, La Española y Jamaica.

En República Dominicana la investigación se llevó a cabo con la Dirección General de Minería de República Dominicana y la Falconbridge C & A de Dominicana. A los efectos son seleccionados diferentes afloramientos de secuencias rocosas que son equivalentes a las que anteriormente habían sido muestradas en la parte oriental de Cuba estas son: las áreas fundamentales de La Cuenca de Enriquillo, las zonas periféricas de la Cordillera Central de República Dominicana y la Península de Samaná en el extremo nororiental de la isla, así como diferentes localidades ubicadas en la Cordillera Septentrional, territorios que de forma preliminar podemos decir que tienen características semejantes a los de la parte oriental de Cuba.

De este proyecto se esperan resultados científicos que serán de gran utilidad para aclarar la evolución tectónica de estos territorios, los cuales se encuentran situados en las áreas limítrofes de la placa norteamericana y la placa caribeña, además dichos estudios servirán de base para establecer investigaciones más profundas que aborden la correlación tectono-estratigráfica de los diferentes complejos litológico-estructurales presentes en las Antillas.

La segunda fase del trabajo tendrá consecución por parte de los señores Dr. Manuel Fundora, Dr. José Pérez Lazo y el Ing. Alejandro Montesinos de Cuba. En representación de República Dominicana continúan los ingenieros Iván Tabara, Salvador Brouwer y Romeo Llinas. La misma tendrá como objetivo la obtención de muestras mediante perforaciones en los afloramientos a los cuales se les realizan estudios mineralógicos, petrográficos y de medición de la magnetización remanente, lo cual servirá para corroborar las ideas movilizadas sobre la tectónica de la región del Caribe.

A propósito de este viaje el Sr. Mario Campos Dueñas hubo de visitar la Universidad de Santo Domingo y el Parque Museo de Máximo Gómez, líder de nuestra gesta independentista.

## POSICION ESTRATIGRAFICA DE LAS METAMORFITAS CUBANAS

Ing. Guillermo Millán Trujillo,

Instituto de Geología y Paleontología

**RESUMEN:** En Cuba son frecuentes los afloramientos de rocas metamórficas cuyos protolitos son de edad Jurásica y Cretácica, correlacionables estratigráficamente con diferentes formaciones no metamorizadas expuestas en el territorio nacional.

El metamorfismo de estas formaciones mesozoicas ocurrió esencialmente durante el Cretácico bajo diversas condiciones geólogo-tectónicas, con diferencias en cuanto al tipo de metamorfismo por su relación temperatura/presión, así como por el grado de metamorfismo. Así tenemos metamorfitas generadas en las siguientes condiciones:

- Zona de subducción, probablemente vinculada con la propia génesis del arco volcánico Cretácico.
- Zona de rift donde se genera corteza oceánica y tiene lugar el metamorfismo de tipo oceánico.
- Parte inferior del arco volcánico Cretácico durante la madurez de su evolución.
- Colisión de placas litosféricas diferentes.

### INTRODUCCION

En el territorio de Cuba son frecuentes las exposiciones de rocas metamórficas. Con excepción de unas raras exposiciones aisladas que parecen corresponder con un antiguo fundamento siálico, estas metamorfitas tienen un protolito de edad Jurásica y Cretácica, correlacionable con diferentes formaciones o complejos litológicos no metamorizados que afloran en nuestro país, cuyas edades y posición geológica están establecidas. Estas formaciones son:

1. Formaciones metaterrígenas cuyos protolitos se correlacionan con la Fm. San Cayetano del J<sub>1</sub> - J<sub>3</sub> cx de Cuba occidental.
2. Formaciones metacarbonáticas cuyos protolitos se correlacionan con las calizas del J<sub>3</sub> de Cuba occidental.

3. Formaciones metamórficas que sobreyacen estratigráficamente a los mármoles del J<sub>3</sub>.
4. Formaciones metamórficas cuyos protolitos son las secuencias del arco volcánico Cretácico.
5. Formaciones metamórficas cuyos protolitos son diferentes componentes de una asociación ofiolítica de edad J<sub>3</sub> presumible.

El metamorfismo de todas estas formaciones mesozoicas ocurrió esencialmente durante el Cretácico bajo diversas condiciones geólogo-tectónicas, con diferencias en cuanto al tipo de metamorfismo por su relación temperatura/presión, así como en el grado metamórfico.

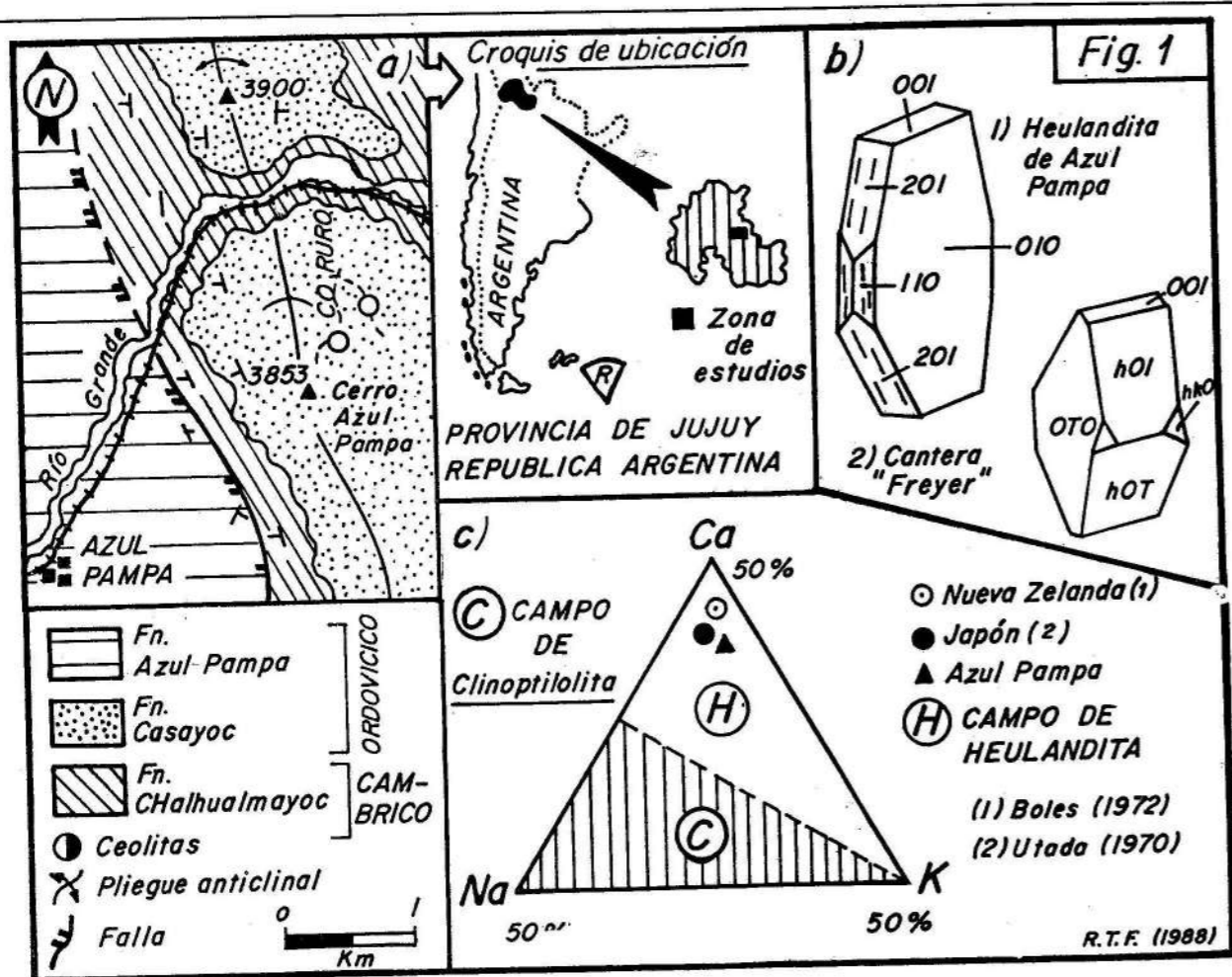
### METAMORFITAS DE UN FUNDAMENTO SIALICO PREMESOZOICO

Estas se establecieron con seguridad sólo en la parte septentrional de la porción limítrofe entre las provincias Matanzas y Villa Clara, formando parte de una escama tectónica mal aflorada intercalada dentro de secuencias de la unidad tectono-estructural de Placetas (loc. 2), la cual se corresponde con el margen continental de Norteamérica. Aquí, en dos localidades cercanas (La Teja y Socorro), afloran mármoles silicáticos blanquecinos con flogopita, forsterita y diópsido, cuyas edades radiométricas por diferentes métodos arrojaron entre 903 y 952 millones de años [16, 18], o sea, Proterozoico. Estos mármoles aparecen cortados por granitos Jurásicos con una edad U-Pb de 172 millones de años [16]. Dentro del diapiro yesífero de San

Adrián, al oeste de la ciudad de Matanzas (loc. 1), aparecen algunos bloques de metamorfitas siálicas, incluso mármoles silicáticos similares a los anteriores.

En la parte norte de Cuba oriental, en la región Holguín-Gibara, aparecieron bloques de un gneiss metagranitoidítico dentro de un melange serpentinitico (loc. 7). Un concentrado de moscovita de este obtuvo un fechado K-Ar de 196 millones de años [7]. Finalmente, tenemos los guijarros de un gneiss leucocrático dentro de un conglomerado oceánico, encontrados en diferentes lugares de la provincia de Pinar del Río (Cuba occidental) fuera del marco de la Cordillera de Guanigüánico. La datación Pb-Pb de esta roca es del orden de los 400 millones de años [13].





concordantes con la estratificación original. La Heulandita, en cambio muestra la disposición en venillas desde milimétricas a varios centímetros; pero atravesando en forma predominantemente discordante, las capas biostromales y areniscosas que constituyen las rocas fosfóricas de la zona.

### ANTECEDENTES Y GEOLOGIA

La presencia de Heulandita (Clinoptilolita) en nuestro país, ha sido citada por numerosos investigadores; preferentemente en el sur y este, y consideradas de origen autigénico.

Así, merecen citarse los trabajos de Casanova (1931), Zuffardj (1944), González Bonorino (1944), Mason y Sand (1960), Teruggi y Andreis (1963), Di Paola (1965), Andreis e Iñiguez Rodríguez (1968) y Hayase et al. (1974). Estos últimos autores postulan el origen hidrotermal, para una ceolita de Tres Picos (Neuquén); ya que las restantes descritas son consideradas autigénicas.

Geológicamente el área estudiada, se ubica en la provincia morfoestructural de "Cordillera Oriental" sensu Turner y Mon (1979) y formando parte del denominado Sistema de Sierras de Santa Victoria, (Fernández 1983-1984a), Figura 1a.

La observación del mapa geológico adjunto (Figura 1a) permite considerar la siguiente columna estratigráfica, de abajo hacia arriba:

Cámbrico medio-Superior  
Grupo Mesón, Turner (1960) redef. Fernández (1983)

Así realizamos éste trabajo como aporte al PROYECTO 192 Desarrollo del Cámbrico-Ordovícico en Latinoamérica de (IUGS-UNESCO) y el (GLIRF) Grupo Latinoamericano de Investigadores en Roca Fosfórica.

Fm. Chalhualmayoc, Turner (1960)

Constituye el término superior de dicho grupo, y se halla integrado por areniscas silíceas de grano fino a mediano y lutitas pizarrosas de color verde oliva a gris-verdosas. Ambas litologías se disponen en bancos delgados y formando pares alternantes de psamitas-pelitas con abundantes icnogéneros determinados por Fernández (1983) y pertenecientes a las Facies de Cruziana, Fernández y Lisiak (1984). El espesor no supera los 110 m suprayaciendo rocas del Ordovícico inferior, en forma concordante pertenecientes a la Fm. Casayoc, Fernández et al. (1982), Fernández (1984a-1985).

Ordovícico inferior

Tremadociano inferior

Fm. Casayoc (Harrington y Leanza, 1957) redef. Fernández (1983)

Dispuesta sobre la unidad anterior, es la portadora de las manifestaciones ceolíticas estudiadas. Se halla integrada por una sucesión de areniscas medianas a finas, con intercalaciones de coquinas fosfáticas; que configuran

capas biostromales mayores de 50 cm de espesor, (Fernández 1983a). Estos biostromas, presentan interesantes leyes de P O (4 - 12 %), disponiéndose en forma concordante con las capas arenosas. La fauna fósil encontrada corresponde a las zonas trilobísticas de Parabolina argentina y Kainella meridionalis, características del Tremadociano inferior del norte argentino.

En las nacientes de la Quebrada de Coiruro (figura 1a) del Cerro Azul Pampa (3.853 m.s.n.m.) se localizan venillas de pocos milímetros a 3 cm de espesor, que atraviesan en forma predominantemente discordante (en sectores formando un enrejado denso) a éstos biostromas, de buen desarrollo en todo el perfil expuesto de ésta unidad formacional. Petrográficamente, se pueden distinguir dentro de las denominadas rocas fosfóricas (5 % - 25 % de P O) dos asociaciones predominantes: bioaloforitas micríticas y areniscas fosfáticas (collofánicas y cuarzosas). Esta clasificación propuesta por el autor citado, reúne las observaciones de Dott (1964), Folk (1968), Riggs (1979) ahluvalia (1988);

utilizándose con éxito en rocas fosfáticas de la provincia de Jujuy y Salta.

En ésta formación de 281 m de potencia, se han detectado fehacientemente 35 niveles fosfáticos, cuyas reservas y leyes aún se consideran para su estudio de prefactibilidad económica.

Tremadociano inferior-Arenigiano

Fm. Azul Pampa (Harrington, 1957) in Harrington y Leanza (1957) redef. por Fernández (1983). Está integrada por una serie de facies psamíticas y pelíticas, con predominio de éstas últimas. También hay interesantes niveles de roca fosfórica (biostromas, coquinas y areniscas) dispuestos en forma alternante dentro del conjunto sedimentario, Fernández (1984-1985). En esta unidad, éste mismo autor describió anteriormente (1984a), la presencia de clinoptilolita, de origen autigénico, en las cercanías de la población homónima (Figura 1a).

Esta unidad se dispone concordantemente con la anterior y presenta una extensa distribución y espesor superior a 700 m.

### MINERALOGIA

a. Yacencia del mineral: Como comentario previo diremos, que no mencionamos en los antecedentes; recientes hallazgos de heulandita en anfibolitas, Gay y Galliski (1976) y en cavidades de basaltos, Latorre y Vattuone de Ponti (1985). Ello demuestra las distintas condiciones de formación que presenta éste mineral y el grado de complejidad experimentado para diferenciarlo de clinoptilolita (con que suele confundirse asiduamente). Como lo expresáramos anteriormente, nuestro mineral se halla intercrecido con cuarzo y minerales fosfáticos; formando delgadas venillas de pocos milímetros, hasta 3 cm de espesor, que atraviesan capas arenosas y biostromales. El mineral presenta la forma más frecuente de tipo tabular (Figura 1b), con cristales monoclinicos idiomorfos blanquecinos y amarillentos; con brillo vítreo y mostrando buen desarrollo del segundo pinacoide [010].

El clivaje tiene un buen desarrollo en la dirección [010], también visible a la observación microscópica; mientras que su dureza alcanza el valor 4, cuando es frecuente su asociación con cuarzo. Algunos cristales alcanzan los 10 mm de longitud en dirección paralela al eje cristalográfico (c); pero en general predominan los cristales menores de 5 mm, dispuestos en masas granulares intercrecidas con cuarzo y fosfatos (mezcla mecánica de: francolita, collofano, strengita, etc.). Los índices que utilizamos para nuestro cristal son los propuestos por Andreis e Iñiguez Rodríguez (1968), Hayase et al. (1974) y más recientemente Latorre y Vattuone de Ponti (1985) para formas similares. Así vemos que las demás formas presentes son: [001], [201], [110], y [201], figura 1 b.

b. Características ópticas: El mineral de Azul Pampa, es generalmente incoloro a amarillento, en secciones delgadas, con clivaje perfecto en dirección (010), extinción ondulosa y elongación (-).

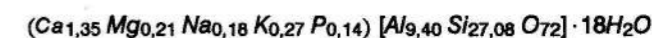
La figura de interferencia es biáxica (+) y el 2V = (+) 60° coincidente con el obtenido por Coutín Correa y Brito Rojas (1975) en Camagüey (Cuba); mientras que los índices de refracción son:

$n_a = 1,496$ ,  $n_b = 1,498$  y  $n_g = 1,502$  de ello deducimos que:  $n_g n_b = 0,006$  y el Índice de Boles (1972) es:  $I_n = \frac{\alpha + \gamma}{2} = 1,422$ , correspondiendo a heulandita, con orientación  $Z = b$  y  $Xc = 85^\circ$ . El desarrollo del pinacoide

[010] es también visible con el microscopio electrónico al ser examinados sus cristales con 10μ.

c. Características químicas

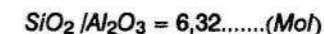
Para el análisis químico, tuvimos suerte de contar con una muestra casi exenta de impurezas (la refracción de rayos X, mostró escasos picos de cuarzo). Así se pudo determinar la fórmula general para el mineral estudiado sobre la base de 72 oxígenos quedando:



Está fórmula nos indica que nuestro mineral ceolítico, experimenta un aumento de sílice (SiO<sub>2</sub>) y una disminución de H<sub>2</sub>O; lo que podría interpretarse como una entrada y salida de éste elemento "agua ceolítica" a través de los "canales" de ésta ceolita hojosa.

Al respecto, autores tales como Kato (1959) y Alietti (1972) estudiaron varias heulanditas con cantidades relativamente menores de agua; que consideran variedades deshidratadas. Para nuestro caso, pensamos que existe una leve deshidratación (debida quizás al vulcanismo originario que afectó la formación de minerales) pero el valor calculado en 18 moléculas; está dentro del rango establecido para el cálculo de la fórmula general en base de 72 oxígenos. Las proporciones molares de SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y de las bases (Ca, Mg, K, Na)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, se ubican dentro de los valores dados por Mumpton (1960), Alietti (1972) y Boles (1972-1977).

Así tenemos que:



También se ha analizado la relación H<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, notándose que el valor calculado (6,4) se halla dentro de las cifras estipuladas por Mumpton (1960) para heulandita (5,5 a 6,5 mol).

Al comparar nuestra ceolita con la de Camagüey (Cuba) vemos que presenta valores similares para las relaciones: SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 6,1 y H<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 5,7, Coutín Correa y Brito Rojas (1975).



**TABLA 1. Análisis químico comparativo**

Componente %	Heulanditas de:			
	Camagüey Cuba	Tres Picos Argentina	Nova Scotia Canadá	Humahuaca (Jujuy) Argentina
SiO <sub>2</sub>	52,36	62,15	56,8	58,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,53	16,71	16,6	15,73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,53	1,89	-	3,59
Mg O	1,70	0,90	-	0,70
Ca O	6,71	6,13	5,8	6,15
K <sub>2</sub> O	1,35	2,25	0,8	2,05
Na <sub>2</sub> O	0,66	1,26	1,6	0,89
H <sub>2</sub> O (+)	10,46	5,92	12,45	9,65
H <sub>2</sub> O (-)	4,11	4,40	3,3	4,51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,28	-	0,01	1,57
Totales	96,71 %	101,61 %	99,44 %	103,49 %

Otra de las razones por las que se identifica a éste mineral estudiado como heulandita, es su contenido de CaO que porcentualmente predomina sobre los contenidos de K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O en correspondencia con lo expuesto por Mason y Sand (1960) para diferenciaria de otra ceolita (clinoptilolita); descrita por Fernández (1984) en la misma zona pero en otra formación Ordovícica portadora de fosfatos sedimentarios. El análisis bibliográfico, nos permite afirmar de acuerdo con las opiniones de Pesci Donath, (1966), Allietti (1967) y Deer et al. (1963) que las sustituciones iónicas observadas Ca-Al y Na-Si<sup>4+</sup> son típicas de la serie de heulandita. La Figura (1c) muestra el desarrollo de los campos de este mineral y de clinoptilolita, en un diagrama triangular. Allí se han volcado los datos de tres ceolitas (heulanditas) pertenecientes a: Nueva Zelanda (Boles, 1972) Japón (1970) y nuestro mineral (Azul Pampa); observándose que se disponen con una tendencia predominante hacia el extremo cálcico dentro del campo de Heulandita. La bisectriz que separa ambos campos se ha trazado arbitrariamente para ilustrar con mayor claridad dicha relación; otra conocida ceolita (Chabazita) también se ubica en este campo, Mason (1962), Iñiguez Rodríguez (1979) al estar enriquecida en Ca.

Otro dato químico de interés, lo constituye la presencia de un interesante porcentaje de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, en la fórmula de nuestro mineral ceolítico (1,57 %); elemento que solamente había sido anteriormente mencionado por Fernández (1984) en Clinoptilolitas de la Fm. Azul Pampa, en cercanías del presente hallazgo.

Esto podría interpretarse como producto del vulcanismo submarino posterior a la deposición de los biostromas ricos en fosfatos + sílice; fácilmente comprobable por la disposición discordante y de variada angularidad del enrejado venoso hidrotermal que los atraviesa.

d. Análisis Roentgenográfico: En la Tabla (II), se indican los valores obtenidos para la heulandita de Azul Pampa, y se los compara con otras heulanditas argentinas y el fichero A.S.T.M.

Se emplearon dos técnicas para la obtención de los mejores diagramas y valores más constantes para este mineral:

1. Lavado previo con alcohol, en muestras no orientadas según metodología empleada por Di Paola (1965), Andreis e Iñiguez Rodríguez (1968) y Fernández (1984).

2. Calentamiento de la muestra (se usó mineral puro, con poco cuarzo) procediéndose a calentar progresivamente aumentando la temperatura a: 200 °C; 300 °C y llegando hasta los 700 °C, durante 6 h cada vez y realizando el diagrama de rayos X, en cada etapa de calentamiento. Esta técnica fue empleada anteriormente en nuestro país, por Hayase et al. (1974) para diferenciar Heulandita de Clinoptilolita, en Tres Picos (Neuquén). Fundamentalmente éste estudio se basa en la idea de que la Heulandita, cambia a su variedad B cuando es calcinada a 300 ° - 500 °C y se descompone al calcinarse completamente a 400 ° - 600 °C; mientras tanto la clinoptilolita (mineral con el que puede confundirse) no cambia su estructura hasta los 600 ° - 700 °C Mumpton (1960), Shepard (1961) Honda y Negishi (1968), Minato y Utada (1970).

Comparando nuestros valores y diagramas, con los obtenidos por Hayase et al. (1974) y Coutín Correa y Brito Rojas (1975) vemos que el límite de estabilidad de nuestro mineral se sitúa alrededor de los 300 °. Por encima de dicho valor comenzamos a notar ligeros cambios en la estructura, confirmando lo observado por Goto et al. (1968), y Hayase et al. (1974).

Las líneas de difracción de nuestro mineral, presentan estrechas analogías con las obtenidas por Hayase et al. (1974) Roberts et al. (1974) y Gay y Galliski (1976); especialmente en los picos de mayor intensidad (I/I<sub>0</sub>) = 100, 80, 70, etc.

Las condiciones de difracción empleadas para obtener los valores que presentamos en este trabajo, son las siguientes: Cu, Ka Ni, 40 KV, Cte. 2 x 10<sup>2</sup> - Veloc. Barrido = 1 °/min. También se hicieron diagramas con cátodo de cobalto, pero no fueron claros en la discriminación mineral.

De las tres muestras tratadas (la que colocamos en la Tabla (II) presenta la reflexión más intensa en el espaciado de hkl = (020) de 8,9 Å, típico del mineral heulandita, Mumpton (1960), Deer et al. (1963).

Otros minerales determinados por difracción de rayos X, son los fosfatos: metavariscita, strengita, francolita, duferita, graffonita y fluorapatita, Fernández (1984). Entre los silicatos, debemos mencionar: cuarzo, minerales de arcilla (montmorillonitanontronita) y otras ceolitas tales como: laumontita y clinoptilolita, mencionadas anteriormente por Fernández (1983) y (1984), en áreas adyacentes al presente estudio.

**TABLA 2. Valores difractométricos de Heulandita**

Heulandita A.S.T.M. (13-196)			Heulandita Mumpton (1960) E.E.U.U.		Heulandita Tres Picos (Argentina)		Heulandita Camagüey (Cuba)		Heulandita Azul Pampa (Argentina)	
d(A)	I/I <sub>0</sub>	hkl	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>	d(A)	I/I <sub>0</sub>
8,9	70	020	8,9	10	8,9	100	8,79	100	8,9	100
7,91	30	002	7,94	2	7,95	5	7,85	10	7,90	30
6,78	20	110	6,80	1	-	-	6,77	6	6,81	30
6,64	15	111	6,63	1	-	-	-	-	6,62	20
-	-	-	5,92	1	-	-	6,04	5	5,91	10
-	-	-	5,58	1	-	-	5,59	10	-	-
5,24	20	112	5,24	1	-	-	-	-	5,24	20
5,10	40	112	5,09	1	5,11	2	4,63	20	5,10	40
4,64	30	130	4,68	2	4,65	6	5,24	20	4,46	10
3,96	100	004	3,88	3	3,97	16	3,95	35	3,98	10
3,70	20	200	3,56	1	-	-	3,69	6	3,91	100
2,75	40	062	2,67	1	2,79	5	2,79	12	2,94	80
2,73	20	204	-	-	2,73	13	2,72	15	2,78	15
-	-	-	2,43	1	2,53	6	2,42	6	2,45	5
-	-	-	2,35	1	2,42	2	2,30	3	1,93	10
-	-	-	2,28	2	-	-	2,29	6	1,86	10

(+) Los valores del fichero A.S.T.M., no se pusieron completamente en la presente tabla; solamente se consideraron los más importantes.

### CONCLUSIONES

El hallazgo de este mineral y sus particularidades de yacencia (desarrollo de venillas y a veces relleno de fisuras pequeñas); nos llevó a suponer un origen hidrotermal para el mismo. Sin embargo, no habíamos localizado ningún afloramiento de rocas volcánicas u otro tipo de intrusividad; que nos diera mayores argumentos a la hipótesis. Así nos abocamos a la tarea de prospectar con mayor detalle la región, ya que en sectores aledaños de la Quebrada de Humahuaca, se habían reconocido interesantes asociaciones de ankaramitas, basaltos y lacitas, intruyendo en forma concordante y discordante; niveles ordovicos cronoestratigráficamente idénticos a los estudiados en Azul Pampa, Coira (1983), Manca et al. (1987).

Nuestros esfuerzos vieron sus frutos, en el verano de 1988-89, cuando localizamos delgados diques concordantes de ankaramitas y basaltos, de textura maciza (razón por la que pueden ser confundidos, con bancos tabulares de areniscas) con colores pardo amarillentos y grisáceos-verdosos; difícilmente distinguibles del conjunto sedimentario ordovico. Estos diques que no superan los 0,40 m de

potencia son pobremente porfíricos (por sectores) presentando vesículas (menos del 5 %) rellenas con calcita, wavelita (fosfato) y sulfatos. En un solo afloramiento situado al sur del Cerro Azul Pampa (fuera del área estudiada y en la Fm. Casayoc); se ha detectado la presencia de una asociación ceolítica: neulandita-clinoptilolita-chabazita; que será objeto de un estudio posterior, y que para el presente trabajo nos ha servido para determinar el origen de nuestra ceolita y confirmar el vulcanismo submarino en rocas ordovicas de la provincia de Jujuy. Este mismo vulcanismo ordovico, se halla asociado con mineralizaciones de Au, Sb, Sn, Pb, Ba, etc. que en opinión de Coira (1983) y Manca et al. (1987) corresponden a una serie petrológica de Arco de islas volcánico (toleíticas de arco-serie calcoalcalinas del ciclo Famatiniano, sensu Acen'olaza y Toselli (1976-1981). Dicho ciclo tectonosedimentario y metamórfico trajo aparejado un magmatismo ultramáfico, básico y mesosilíceo cuyas manifestaciones aún estudiamos; al igual que sus asociaciones minerales de importancia económica.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecer encarecidamente al CONICET, por autorizar esta comunicación y por el apoyo financiero brindado. A la Facultad de Ingeniería y Departamento de Graduados de la U.N.S.T.A., por facilitar el uso de instalaciones y dependencias del Programa de Formación Permanente en Geindustriales (P.F.P.G.I.). A los Dres. G. W. Tell y A. E. Coutín, por su ayuda en los análisis químicos, a la Fac. de Bioq. Quím. y Farmacia (UNT) por el uso de su microscopio electrónico y al Lab. de Sedimentología del inst. M. Lillo (UNT) por la desinteresada ayuda con los difractogramas.



## REFERENCIAS

1. ACEÑOLAZA F. & TOSELLI, A. (1976): Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico inferior del noroeste argentino.
2. Actas II Congr. Latin. de Geol. (II): 755-763. Caracas. Venezuela.
3. — & — (1981) Geología del Noroeste Argentino. Publicación Esp. Fac. Ccias. Nat. (UNT), No. 1287, San Miguel de Tucumán.
4. AHLUWALIA, A. D. (1988) Some alternative petrographic classification on study of Tethyan (Lesser Himalayan) Phosphorites. *Newsletter (19). IGCP Project 156*, p. 24-25, Florida, USA.
5. ALIETTI, A. (1967) Heulandite e Clinoptilolite. *Miner. Petrogr. Acta*
6. — (1972) Polimorphism and crystal chemistry of heulandite and clinoptilolite. *Amer. Min.* Vol. 57:1448-1462, USA.
7. ANDREIS, R. R. & IÑIGUEZ, R. M. (1968) Clinoptilolite de la Formación La Matilde (Jurásico sup.) Prov. de Santa Cruz. *Rev. Mus. de La Plata (N. S.) Sec. Geol.* VI:221-234. Argentina.
8. BOLES, J. R. (1972) Composition, optical properties, cell dimensions and thermal stability of some heulandite-group zeolites. *Amer. Min.* 57:1463-1493.
9. — (1977) Zeolites in deepsea sediments. In *Mineralogy and Geology of Natural Zeolites. Min. Soc. of Amer. Short Papers VIII*: p. 163-167, New York.
10. CASANOVA, M. (1931) Apuntes petrográficos sobre los terrenos atravesados por los pozos de Comodoro Rivadavia y sus alrededores. *Contribución a la 1a Reunión Nac. de Geografía (Y.P.F.)*, pp. 1-40 Bs.As.
11. COIRA, B. (1983) Magmatismo y mineralizaciones asociadas en la Puna Jujéna. República Argentina. *Actas II Congr. Nac. de Geo. Económ.* II pp. 405-423. San Juan. Argentina.
12. COUTIN, C. D. & BRITO, R. A. (1975) Características de la zeolitización en rocas sedimentarias de origen volcánico en Cuba oriental. *Serie Geol. No. 20 Acad. Nac. Ccias. de Cuba*, p. 126, La Habana.
13. DEER, W. ; HOWIE, R. A. & ZUSSMAN, J. (1963) Rock-Forming minerals, Vol. 4, Framework Silicates, *John Willey and Sons Inc.*, p. 349-435, New York.
14. DI PAOLA, E. C. (1965) Heulandita autigénica en formaciones mesozoicas de Neuquén y Río Negro. *Rvta. Asoc. Geol. Arg. XX (2)*: p. 91-99. Bs. Aires.
15. DOTT, R. (1964) Wacke, Graywacke and matrix with approach to immature sandstones classification. *Jour. Sed. Petrol.* 34(3): 625-632.
16. FERNANDEZ, R. I. (1983) Contribución al conocimiento geológico de la región de Iturbe, departamento de Humahuaca, provincia de Jujuy República Argentina. *Tesis Doctoral. Fac. Ccias. Nat. (UNT)*. Inédito.
17. FERNANDEZ, R. I. (1983) Nuevos hallazgos de rocas fosfáticas marinas en la Cordillera Oriental de la provincia de Jujuy. *Actas II Cong. Nac. de Geol. Económ.* (I):233-252, San Juan, Argentina.
18. — (1984) Bioestratigrafía y mineralogía de nuevos descubrimientos de rocas fosfáticas en la provincia de Jujuy. Argentina. *I Conf. Latin. de Roca Fosf. (GLIRF) AGID(I)*:61-70. Cochabamba.
19. — (1984a) La presencia de *Clinoptilolita* (Ceolita) en sedimentos fosfáticos de la provincia de Jujuy, República Argentina. *Actas II Congr. Geol. de Bolivia. Cochabamba*, p. 1-20, Bolivia.
20. — (1985) Bioestratigrafía Cambro-Ordovícica del tramo superior de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy. Argentina. *Actas IV Congr. Geol. Chileno. Antofagasta (I)*:284-308, Chile.
21. — (1988) Ensayo de clasificación de rocas Fosfáticas y Fosfóricas del Ordovícico de la provincia de Jujuy. Argentina. *Actas II Reunión Argentina de Sediment.* p. 86-89, Buenos Aires.
22. — & LISIAK, J. H. (1984) Nuevos estudios icnológicos en el tramo superior de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy. Argentina. *Actas IX Congr. Geol. Arg. S. C. de Bariloche (IV)* 277-295.
23. — ; MANCA, N. & GUERRERO, C. (1982) El límite Cambro-Ordovícico en el tramo medio y superior de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy. Argentina. *V. Congr. Latin. de Geol. (I)*:255-266. Bs. Aires.
24. FOLK, R. L. (1968) Petrology of sedimentary rocks. *Austin Texas, Univ. Spec. Pub. Co.* p. 170, USA.
25. GAY, H. D. & GALLISKY, M. (1976) Ceolitas de la Cantera Reduolón, Villa Allende, Córdoba. *Actas VI Congr. Geol. Arg. (II)*:6168. Buenos Aires.
26. GONZALEZ, B. F. (1944) Descripción geológica y petrográfica de la hoja 41b-Río Foyel (Territorio de Río Negro). *Bol. Dir. Minas. Geol. Hidrol.*, No. 56; 1-124, Buenos Aires.
27. GOTO, Y.; SATO, M. & MAYSUDA, S. (1968) Thermal properties of clinoptilolite and heulandite. *Jour. of the Min. Soc. of Japan (IX)* 1:51-60.
28. HARRINGTON, H. & LEANZA, A. F. (1957) Ordovician trilobites of Argentina. *Univ. de Kansas, Special Publ. I. Lawrence, USA.*
29. HAYASE, K., MAS G. & MAIZA, P. (1974) Estudio mineralógico de una heulandita hallada en Mina Tres Picos; provincia de Neuquén. República Argentina. *Revista Minera*, XXXII (3): 58-69. Buenos Aires.
30. HONDA, S., & NEGISHI, T. (1968) Clinoptilolite from Futatsui-Machi Yamamoto-gun; Akita Prefecture, Japan. *Jour. of the Clay Sc. Soc. of Japan Vol. (7)*:2234 (No. 3-4).

31. IÑIGUEZ, R. M. (1979) Estudio mineralógico de Herschelita encontrada en cavidades de basaltos de la serie de Serra Geral en el área de Garruchos Garabí, provincia de Corrientes, República Argentina. *Actas VII Congr. Geol. Argentino. (II)*:351-357.
32. KATO, T. (1959) Heulandite and Chabazite from hashikake-zawa, Chichibumine, Saitama Prefecture. *Jorn. of the Min. Soc. of Japan*, Vol. (4):299-306, Japón.
33. LATORRE, C. & VATTUONE DE PONTI, M. (1985) Apofilita, chabazita y minerales asociados de la Cantera Freyer, El Dorado, provincia de Misiones, Argentina. *Rev. Asoc. Min. Petr. y Sedim. (AMPS)* 16(1-4):17-25.
34. MANCA, N. ; et al. (1987): Episodios magmáticos de los Ciclos Pampeano y Famatiniano en el Río Yacoraité, Jujuy. *Simp. Intern. Vulcanismo Andino. X Congr. Geol. Arg. S. M. Tucumán (IV)*:299-301, San Miguel de Tucumán.
35. MASON, B (1962) Herschelita a valid species. *Am. Min.* (47)985-987.
36. — & AND, L. B. (1960) Clinoptilolite from Patagonia. The relation-ship between clinoptilolite and heulandite. *Am. Min.* (45):2:341-350.
37. MERCKLE, A. & SLAUGHTER, M. (1968) Determination and refinement on the structure of heulandite. *The Amer. Min.* Vol. 53,4:1120-1138.
38. MINATO, H. & UTADA, M. (1970) Clinoptilolite from Japan. In *Proc. 2nd. Conf. on Molec. Sieve. Zeolite. amer. Chem. Soc.*
39. MUMPTON, F. A. (1960) Clinoptilolite redefined. *Amer. Min.* (45)3-4:351-369.
40. PECSI-DONATH, E. (1966) On the relationship between lattice structure an zeolite water, in Gmelinite, heulandite and Scolecite. *Acta Min. Petrogr. XVII (Fasc. 2)* Szeged, Hungría.
41. RIGGS, S. (1979) Petrology of the Tertiary phosphorite system of Florida. *Economic Geology*, Vol. 74, p. 195-220, USA.
42. ROBERTS, W. ; RAPP, R. G. & WEBER, J. (1974) Encyclopedia of minerals. *Van Nostrand Reinhold Company*, p. 683, New York.
43. SHEPARD, A. O. (1961) A Heulandite-like mineral associated with Clinoptilolite in tuffs of Oak Spring Formation, Nevada Test Site, Nye County , Nevada. *Geol. Survey Research*; C-320-C-323, USA.
44. TERUGGI, M. & ANDREIS R. R. (1963) Revisión de las zeolitas con especial referencia a su importancia sedimentológica. *Rev. Asoc. Geol. Arg. XVIII (1-2)*:7395. Buenos Aires; Argentina.
45. TURNER, J. C. M. (1960) Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias. *Boln Acad. Nac. Ccias. Córdoba (41)*:163-196.
46. — & MON, R. (1979) Cordillera Oriental. In Turner, J. C. ed. *II Simp. Geol. Reg. Argentina (I)*:57-94. *Acad. Nac. Ccias Córdoba.*
47. Zuffardi, P. (1944) Descripción de algunas rocas de la región de los lagos Argentino y Viedma. *Bol. Acad. Nac. Cienc. Córdoba. XXXVII Entr. 1-2*:209-255. Córdoba, Argentina.



Infanta No. 16, Ciudad de La Habana, Cuba  
P.O. Box: 6917 Telf. (Phone): 70-2561  
Telex: 51-1452 CUMET

**EMPRESA CUBANA IMPORTADORA  
DE METALES, COMBUSTIBLES  
Y LUBRICANTES  
CUBAN METALS, FUELS AND  
LUBRICANTS IMPORTING  
ENTERPRISE**

Infanta No. 16, Ciudad de La Habana, Cuba  
P.O. Box: 6917 Telf. (Phone): 70-2561  
Telex: 51-1452 CUMET