

HALLAZGO DE SEPIOLITA EN SERPENTINITAS, MINA ÁRBOL SECO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

Leticia LESCANO^{1,2*}, Silvina MARFIL^{1,3}, Pedro MAIZA^{1,4}, Jorge SFRAGULLA^{5,6} y Aldo BONALUMI^{5,6}

¹ Departamento de Geología-Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

² Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. E-mail: leticia.lescano@uns.edu.ar

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires-INGEOSUR.

⁴ CONICET-INGEOSUR.

⁵ Secretaría de Minería, provincia de Córdoba, Córdoba.

⁶ Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.

RESUMEN

La sepiolita es un mineral utilizado en numerosos productos comerciales e industriales generalmente relacionados con aplicaciones de absorción de moléculas orgánicas. Este mineral, por su hábito fibroso, fue utilizado como un sustituto del asbesto. Presenta una estructura tridimensional en fibras que origina una alternancia de “listones” y canales denominados zeolíticos donde pueden alojarse cationes, agua y compuestos orgánicos. En la Argentina, ha sido descrita por diversos autores como una alteración de rocas carbonáticas. En este trabajo se caracterizó una sepiolita localizada en el sector oeste de la mina Árbol Seco, departamento Calamuchita, provincia de Córdoba, desarrollada en fracturas dentro de cuerpos serpentiniticos.

Palabras clave: *Filosilicato, fibras, Argentina.*

ABSTRACT

Discovery of sepiolite in serpentinites, Árbol Seco Mine, Córdoba.

Sepiolite is used in over one hundred industrial and commercial products, commonly in sorption applications related to organic molecules. Being a fibrous mineral, this material was useful as a substitute for asbestos. Crystal structure consists of silica tetrahedral sheets inverted at regular intervals in the apical direction. Each ribbon alternates with channels along the fiber axis, containing H₂O molecules and exchangeable cations, similar to zeolitic minerals. The sepiolite object of this study is located to the west of the Árbol Seco mine, Department of Calamuchita, Province of Córdoba, Argentina. It was found in fractures and great deformation zones of serpentinitic rocks. In Argentina, the mineral was described by several authors as a carbonatic rock alteration. The purpose of this paper is to characterize the mineral developed in an environment of serpentinitic rocks alteration.

Keywords: *Phyllosilicate, fibers, Argentina.*

INTRODUCCIÓN

La sepiolita es un silicato hidratado de magnesio utilizado comúnmente en procesos de absorción de moléculas orgánicas. El origen de este mineral puede ser sedimentario, por precipitación directa o por alteración de rocas serpentiniticas y en ocasiones aparece como mineral de origen hidrotermal.

Este filosilicato de hábito fibroso presenta una morfología que, a su vez, responde a características estructurales similares a las de palygorskita, siendo ésta menos magnésica. La sepiolita presenta una estructura tipo 2:1, en la cual cada 6 átomos

de silicio de la capa tetraédrica tiene lugar una inversión de 180°, lo que origina una estructura tridimensional en fibras formada por una alternancia de “listones” y canales denominados zeolíticos donde pueden alojarse cationes, agua y otros compuestos orgánicos. El eje “a” está definido en dirección a las fibras, el eje “b” es paralelo a éstas y el eje “c” se reconoce en dirección análoga al eje “c” de las micas (Jones y Galán 1988). Este hecho crea una diferencia respecto a la estructura típica de los filosilicatos asemejándola a la disposición de las cadenas anfibólicas y también genera amplios canales que le otorgan gran capacidad ab-

sorbente y baja densidad (2 g/cm³) (Be-soain 1985). Esta última particularidad es la principal característica que la hace apta para su utilización en la industria petrolera, en remediación de derrames en el mar. La sepiolita es, además, una de las sustancias que genera polémica científica sobre su toxicidad y existe la posibilidad de que sea incluida, como el amianto, en futuras leyes restrictivas (Rodríguez 2004). Los hallazgos de sepiolita en la Argentina están relacionados en su mayoría a rocas carbonáticas (Hayase *et al.* 1970, Cortellezzi *et al.* 1994, Maiza y Marfil 1993, Bouza *et al.* 2004). El presente trabajo tiene como objetivo la caracterización de la

sepiolita desarrollada en un ambiente de rocas serpentínicas.

LOCALIZACIÓN Y MARCO GEOLÓGICO

El área estudiada se sitúa al oeste de la mina Árbol Seco, en el sector oriental de las sierras Grandes de Córdoba, y se accede a la misma desde la localidad de Santa Rosa de Calamuchita, pasando por Atum Pampa, por el camino a Villa Yacanto. Desde el sur de esta última localidad se toma el camino que conduce al embalse del cerro Pelado, al sureste del cerro Los Guanacos (32°12'15,42" de latitud sur y 64°41'59,06" de longitud oeste). En la figura 1 se indican los accesos a la mina, y la flecha resalta la localización del cuerpo serpentínico.

La mina Árbol Seco fue explotada por cromita en la década del 40'. Este mineral se encontraba en concentraciones de hasta varias toneladas o diseminada en la serpentinita. La geología de los complejos serpentínicos de Córdoba y sus mineralizaciones fueron estudiadas por numerosos autores entre los que se destacan Di Fini (1957), D'Aloia y Bianucci (1969), Díaz y Andrade (1973), Villar (1975), Bonalumi y Gigena (1987), Mutti (1997) y Escayola *et al.* (1996) entre otros. En el sector de Árbol Seco se destacan los aportes de Aiassa y Ferreira Centeno (1985) y Dufilho (1985).

El marco geológico se puede definir como un complejo metamórfico, de grado medio a alto, conformado por gneis y migmatitas cordieríticas. Este se encuentra surcado tectónicamente por fajas de deformación dúctil en las que yacen lentes de harzburgitas y piroxenitas serpentinizadas, producto de un proceso metamórfico altamente hidratante (Bonalumi y Gigena 1987). El mineral objeto de este estudio, se halló dentro de cuerpos serpentínicos, desarrollado en fracturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la caracterización del mineral se tomaron muestras en las zonas de fracturas de la serpentinita. Se utilizó un sistema

microscópico, con procesador de imágenes integrado con un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT; microscopio petrográfico Olympus trinocular B2-UMA, con una cámara de video Sony 151A incorporada, monitor de alta resolución, procesador de imágenes *Image Pro Plus* versión 3.1 y programas computarizados para tratamiento de imágenes; un difractor de rayos X Rigaku D-Max III - C con radiación de Cu K α y monocromador de grafito, con 35 Kv y 15 mA; microscopio electrónico de barrido, JEOL JSM 35 CP sobre muestras metalizadas con oro. El contenido de elementos mayoritarios y traza se analizó mediante ICP en *Activation Laboratories Ltd.* (ACT-LABS, Canada); el análisis de infrarrojo fue realizado con un espectrómetro FT-IR Nicolet-Nexus 470, como dispersión sólido en sólido (1 mg del material seco en 100 mg de KBr), dentro del rango de frecuencias 4000 a 400 cm⁻¹, con 64 escaneos de barrido. El análisis térmico diferencial (ATD) y térmico gravimétrico (TG) se realizó en un equipo NETZSCH 409/c, a una velocidad de 10°C/min, hasta 1000°C.

RESULTADOS

Microscopía

Al microscopio petrográfico, en secciones delgadas, el mineral es incoloro a gris, tiene relieve bajo, n< bálamo y birrefringencia bastante fuerte. La extinción es aproximadamente paralela con elongación positiva (largo-lento). En la figura 2a se muestra el contacto entre la sepiolita y la roca de caja serpentínica, donde se observan minerales oxidados de hierro asociados, producto de la desferrización de los minerales serpentínicos. En algunos sectores se reconocen relictos de la serpentinita dentro de la sepiolita y engloba a relictos de la roca de caja. En los contactos también se observan oxidados de hierro. En diferentes sectores de la roca de caja se distingue la presencia de fenocristales relictos de clinopiroxenos con serpentización incipiente en los planos de clivaje y cristales de antigorita bien desarrollados con venillas de sepiolita den-

tro de una masa de serpentinita (Fig. 2b).

Estudios por microscopía electrónica de barrido

Los cristales de sepiolita se disponen en "paquetes" de fibras muy finas y alargadas que se desagregan progresivamente en otras de menor tamaño, característica de estos minerales y de los del grupo de los asbestos (Fig. 3a). Debido a esta propiedad, la sepiolita ha sido motivo de estudio como sustituyente de los minerales asbestiformes. En la figura 3b, se muestra un cristal de sepiolita que se disgrega y se desprende en fibras de menor tamaño. Éstas presentan elasticidad y se curvan comportándose de manera muy flexible.

Difractometría de rayos X y espectroscopía de infrarrojo

En la figura 4 se muestra el difractograma obtenido donde se identifica claramente la estructura de sepiolita con sus máximas reflexiones en 12,1; 4,5 y 3,37 Å, comparables con la ficha ICDD 13-595 (ICDD 1993). Revela muy buena cristalinidad y elevada pureza.

La sepiolita fue analizada por FTIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*). El espectro observado en la figura 5, es similar al reportado por Van Der Marel y Beutelspacher (1976) para sepiolitas de diversas partes del mundo, mostrando una mejor definición entre 3700 y 500 cm⁻¹. Esta característica es atribuible a su excelente cristalinidad.

Análisis químicos

Elementos mayoritarios y minoritarios: En el cuadro 1 se muestran los resultados de los análisis químicos de elementos mayoritarios y minoritarios de la sepiolita de la mina Árbol Seco. Se los compara con sepiolitas de diferentes partes del mundo (Jones y Galán 1988) y de la mina La Adela, provincia de Río Negro, Argentina (Maiza y Marfil 1993). Se observa que la composición es muy similar a la sepiolita de Madagascar y de mina La Adela aunque en esta última el contenido de MgO y Al₂O₃ es mayor, atribuible a impurezas principalmente de talco y dolomita relictas, en tanto es menor la pérdida de agua

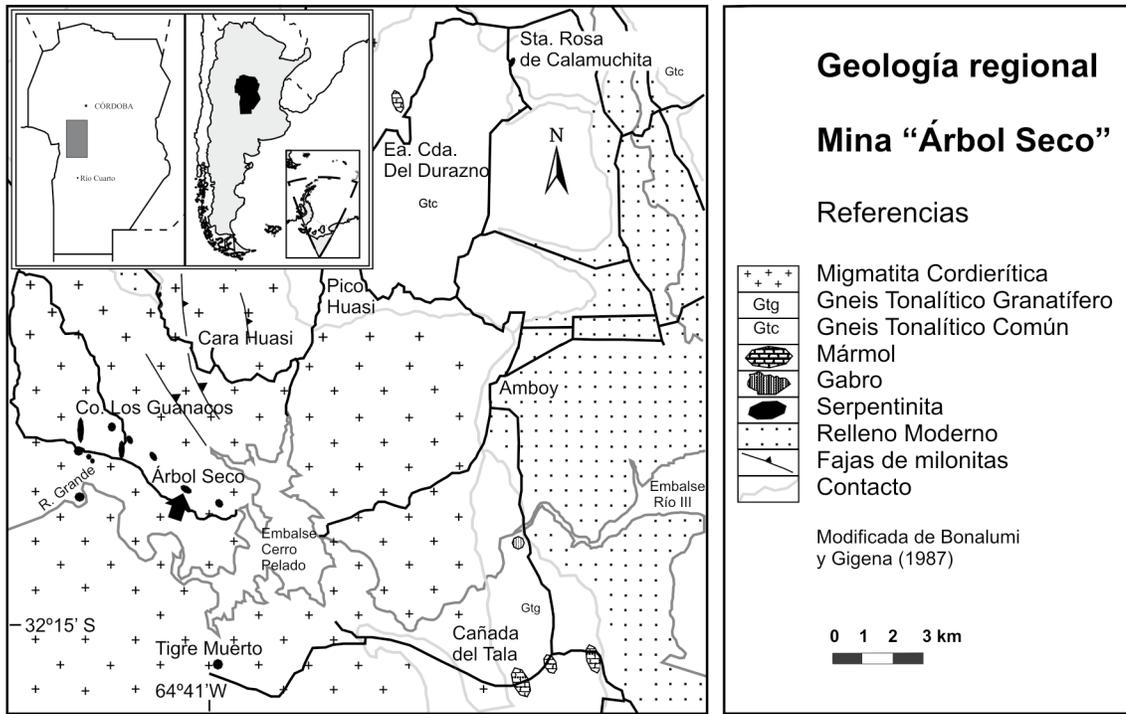


Figura 1: Mapa de ubicación.

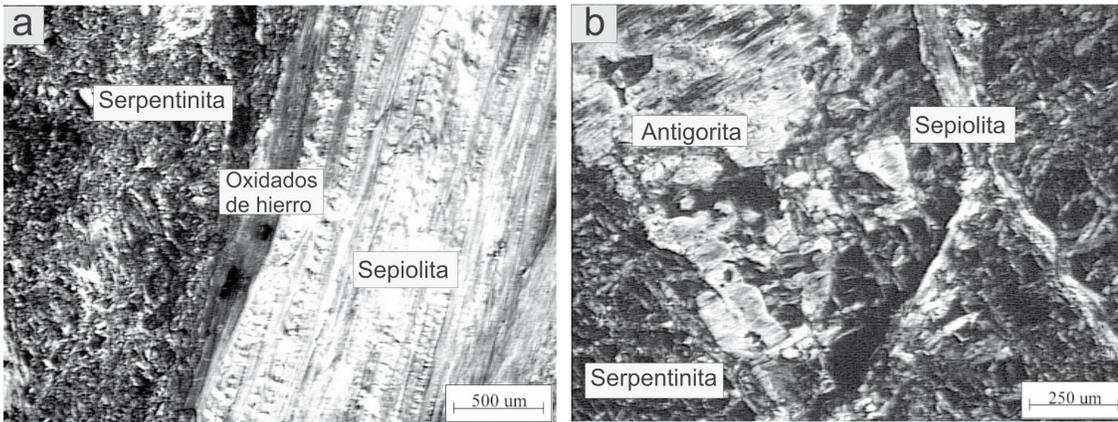


Figura 2: a) Contacto entre sepiolita y roca de caja. b) Cristales de antigorita dentro de una masa de serpentina.

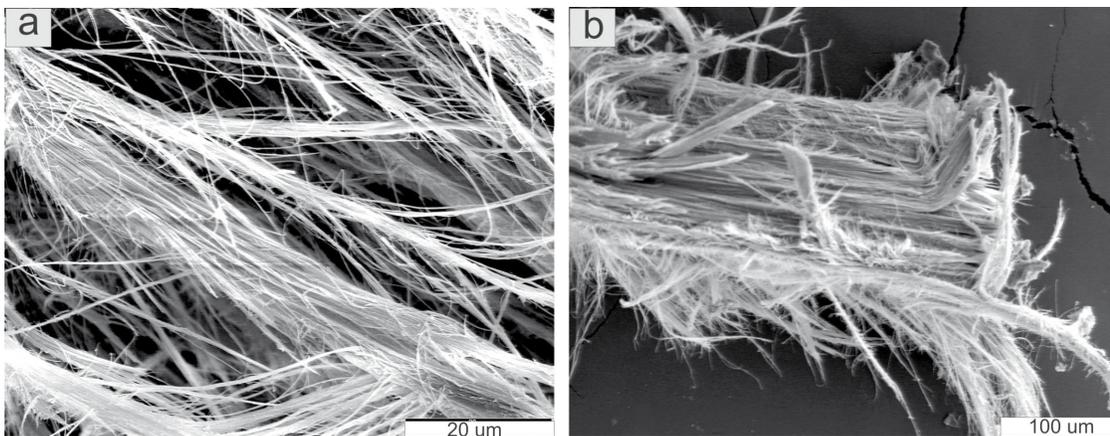


Figura 3: Microscopía electrónica de barrido. a) Fibras de sepiolita. b) Morfología de un extremo de un "haz" de sepiolita.

por ignición. Los contenidos de Na_2O , K_2O , MnO , TiO_2 y P_2O_5 son muy bajos.

En el diagrama composicional de Weaver y Pollard (1973), (Fig. 6) se graficaron los

contenidos de Si, Mg y Al+Fe para las cinco muestras que se comparan, hallándose

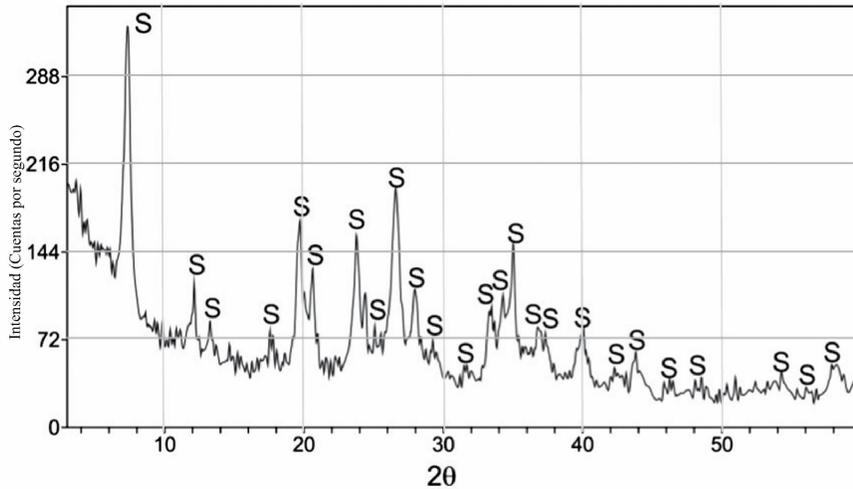


Figura 4: Difractograma de rayos X de la sepiolita de mina Árbol Seco.

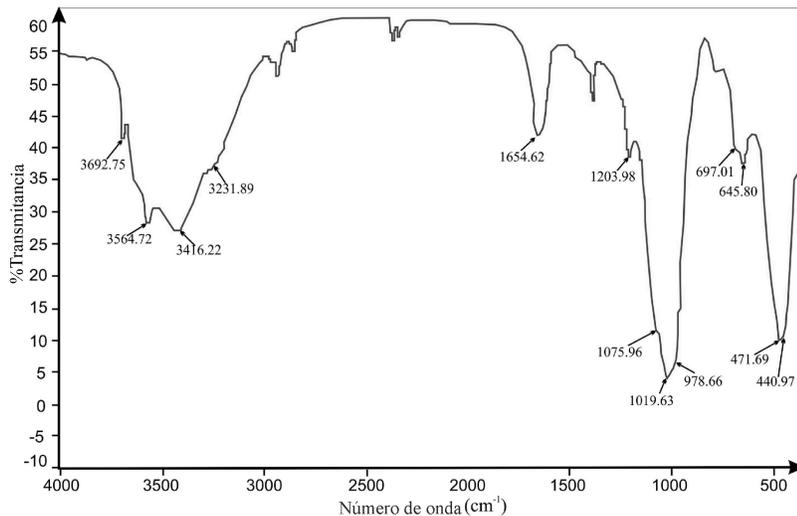


Figura 5: Espectro de infrarrojo de la sepiolita de mina Árbol Seco.

CUADRO 1: Análisis químicos de elementos mayoritarios y minoritarios (% en peso).

Elemento/Muestra	Sepiolita (1)	Sepiolita (2)	Sepiolita (3)	Sepiolita (4)	Sepiolita (5)
SiO ₂	53,5	60,61	59,7	52,5	54,07
Al ₂ O ₃	0,45	1,18	1,278	0,6	2,75
Fe ₂ O ₃ (T)	5,46	0,057	0,732	3,69	2,23
MnO	0,182	-	-	-	-
MgO	21,92	27,21	25,91	21,31	25
CaO	0,21	0,58	0,033	0,47	-
Na ₂ O	0,11	-	0,74	-	1,02
K ₂ O	0,06	-	0,678	-	-
TiO ₂	0,003	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0,01	-	-	-	-
LOI	18,44	10,36	10,91	21,27	12,73
Total	100,3	99,99	99,98	99,84	97,8

Sepiolita (1): Córdoba, 2011. Sepiolita (2): Kuzuu, District, Japon (Imai *et al.* 1969). Sepiolita (3): Amboseli, Kenya (Stoessel and Hay 1978). Sepiolita (4): Ampandrandara, Madagascar, (Caillere 1951). Sepiolita (5): La Adela, Argentina (Cortezzi *et al.* 1994).

CUADRO 2: Elementos menores y trazas (en ppm) de la sepiolita y roca total de la mina Árbol Seco.

Elemento /Muestra	Sepiolita	Roca Total
Sc	1	5
V	< 5	27
Ba	10	8
Zr	12	< 4
Cr	270	2470
Co	36	67
Ni	680	1690
Cu	110	30
Zn	70	90
Ge	1	2
As	< 5	< 5
Mo	< 2	< 2
Ag	1,9	< 0,5
In	< 2	< 2
Sb	< 0,5	< 0,5
Cs	< 0,5	< 0,5
Ce	0,6	0,1
Nd	0,1	0,1
Hf	< 0,2	< 0,2
W	3	3
Tl	0,1	< 0,1
Pb	< 5	< 5
Bi	< 0,4	< 0,4

una estrecha similitud composicional. *Elementos traza:* En el cuadro 2 se muestran los resultados de los análisis químicos de los elementos traza, de la sepiolita de la mina Árbol Seco y de la roca serpentínica. En esta última se observa un elevado contenido de Cr y Ni, característico de las rocas ultrabásicas. La sepiolita presenta un menor contenido de los elementos traza respecto de la roca de caja compatible con el proceso hidrotermal epigenético que la originó, y un aumento de Ba, Cu y Ag.

Análisis térmico

Jones y Galán (1988), dividen a la curva ATD (análisis término diferencial) en tres zonas. En la primera, de baja temperatura, menor a 300°C, la curva muestra un fuerte pico endotérmico a 120°C, causado por la pérdida de absorción y de agua zeolítica. En esta zona, la pérdida de peso es superior al 10%, y no se registran cambios significativos en la estructura. Le sigue una zona central (entre 300 y 600 °C) donde aparecen dos picos en-

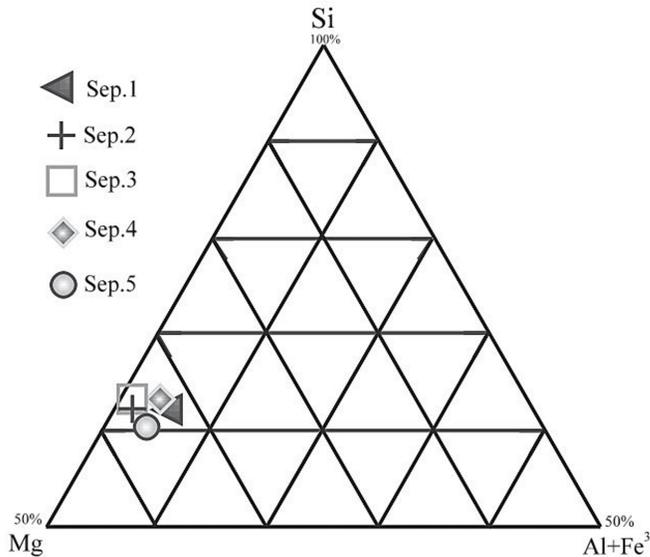


Figura 6: Diagrama composicional de sepiolitas tomado de Weaver y Pollard (1973). Sepiolita (1): Córdoba 2011. Sepiolita (2): Kuzuu, District, Japón (Imai *et al.* 1969). Sepiolita (3): Ambolesi, Kenya (Stoessell and Hay 1978). Sepiolita (4): Ampandrandara, Madagascar, (Caillere 1951). Sepiolita (5): La Adela, Argentina (Cortezzi *et al.* 1994).

dotérmicos en 350 °C y 500/550 °C, atribuidos a la pérdida de agua molecular y por último se observa una zona de alta temperatura, mayor a 600 °C, con un pico endotérmico a los 800 °C, seguido inmediatamente por un máximo exotérmico. Este primer pico corresponde a la dehidroxilación de la estructura, confirmado por la pérdida de peso identificada en el TG (térmico gravimétrico). El pico exotérmico se produce por la cristalización de la clinostatita. La pérdida total de peso es de 20%, incluido 2,4 a 3% de agua de dehidroxilación.

En la figura 7 se muestra el termograma obtenido con la sepiolita de la mina Árbol Seco. Es totalmente coincidente con las características mencionadas por Jones y Galan (1988). Se determinó una pérdida de peso total del 20,2%. En el ATD (análisis término diferencia) se obtuvieron picos endotérmicos en 136 °C, 358 °C, 521 °C y 802 °C, seguidos de un pico exotérmico en 822 °C.

CONCLUSIONES

- La sepiolita de la mina Árbol Seco, Córdoba, representa la primera mención en Argentina de este mineral asociado a rocas serpentínicas.

- Las propiedades ópticas, mineral incoloro a gris, con relieve bajo, $n < \text{bálsamo}$, birrefringencia fuerte y extinción aproximadamente paralela con elongación positiva; las principales reflexiones del difractograma en 12,1; 4,5 y 3,37 Å; la composición química de elementos mayoritarios y traza; la pérdida de peso de 20,2 % en el análisis termogravimétrico y los picos endotérmicos en 136 °C, 358 °C, 521 °C del ATG permiten determinar al mineral estudiado como sepiolita. Estos resultados son comparables con sepiolitas de otras partes del mundo y de Mina La Adela, provincia de Río Negro, Argentina.

- La orientación de las fibras de sepiolita de la mina Árbol Seco es concordante con la dirección de las fracturas. Éste mineral se habría generado a partir de la alteración de las rocas serpentínicas por fluidos hidrotermales que circularon por las fracturas preexistentes.

- La gran utilización de este mineral en industrias, especialmente petroleras permite sugerir la exploración en el área a fin de evaluar su potencialidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad

Nacional del Sur, a la Secretaría de Minería de la provincia de Córdoba, a la Comisión de Investigaciones de la provincia de Buenos Aires y al CONICET por el apoyo brindado. Agradecemos también la colaboración de la Dra. Olga Pieroni, por la realización del FTIR y al Sr. Rodolfo Salomón en la compaginación de las láminas.

TRABAJO CITADOS EN EL TEXTO

- Aiassa, D. J. y Ferreira Centeno, J. P. 1985. Estudio petrológico de la serpentinita de Árbol Seco. Trabajo final carrera de geología, Universidad Nacional de Córdoba, (inédito), 60 p., Córdoba.
- Besoain, E. 1985. Los suelos. En Tosso, J. (ed.). Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura: 25-95, Santiago.
- Bonalumi, A. A. y Gigena, A. A. 1987. Relación entre las metamorfitas de alto grado y las rocas básicas y ultrabásicas del departamento Calamuchita, provincia de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina 42: 73-81.
- Bouza, P., Simón, M., Aguilar, J. y Cortés, E. 2004. Neoformación de palygorskita, sepiolita y fluorita en un petrocalcíd xérico del NE de la provincia del Chubut. 7° Congreso de Mineralogía y Metalogía, Actas 1: 13-18, Río Cuarto.
- Caillere, S. 1951. Sepiolite, En Brown, G (ed.). X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals, Mineral Society London: 224-233, London.
- Cortezzi, C.R., Marfil, S.A. y Maiza, P.J. 1994. A sepiolite of large crystalline growth from "La Adela" mine, province of Río Negro, Argentina. Neues Jahrbuch für Mineralogie: 157-166.
- D'Aloia, M. y Bianucci, A. 1969. Estudio geológico minero del yacimiento de cromita "Atos Pampa", (pedanía Los Reartes, departamento Calamuchita, provincia de Córdoba). 4° Jornada Geológica Argentina, Actas 1: 253-268, Mendoza.
- Díaz, F.G. y Andrade, R. 1973. Comunicación acerca de las características petrogenéticas del cuerpo serpentínico de Bosque Alegre. Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba 2: 48-60.

- Di Fini, A. 1957. Cromita, descripción mineralógica, ubicación de yacimientos. Dirección Provincial de Minería, (inédito), 60 p., Córdoba.
- Duflho, A. C. 1985. Estudio petro-estructural de la serpentinita 25 de Mayo. Trabajo final carrera de geología, Universidad Nacional de Córdoba, (inédito), 70 p., Córdoba.
- Escayola, M., Ramé, G. y Kraemer, K. 1996. Caracterización y significado tectónico de las fajas ultramáficas de las Sierras Pampeanas de Córdoba. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 3: 421-438, Buenos Aires.
- Hayase, K., Manera, T. y Maiza, P. 1970. Sepiolite found in a calcareous rock deposit of the cantera Cecchi Mine, Río Negro Province, Argentina. Japanese Association of Mineralogy, Petroleum and Economic Geology 63: 95-108.
- Imai, N., Otsuka, R., Hayashi, H. y Kashide, H. 1969. Dehydration of palygorskite and sepiolite from the Kuzuu district, Tochigi Prefecture, Central Japan. Proc. International Clay Conference: 99-108, Tokyo.
- International Centre for diffraction Data (ICDD) 1993. Mineral Powder Diffraction File Databook, 1-42: 614-615, Swarthmore, Pennsylvania.
- Jones, B.F y Galán, E. 1988. Sepiolite and palygorskite. Hydrus Phyllosilicates (Exclusive of Micas). En Bailey, S.W. (ed.) Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America 19: 632-674, Washington, D.C.
- Maiza, P. y Marfil, S. 1993. Diaclasas mineralizadas con sepiolita en dolomita de cantera La Adela, provincia de Río Negro, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso Exploración de Hidrocarburos, Actas 6: 82-86, Mendoza.
- Mutti, D. 1997. La secuencia ofiolítica basal desmembrada de las sierras de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52: 209-218.
- Rodríguez, E. J. 2004. Asbestos Banned in Argentina. International Journal of Occupational and Environmental Health 10: 202-208.
- Stoessel, R.K. y Hay, R.L. 1978. The geochemical original of sepiolite and kerolite at Ambolesi, Kenya. Contributions to Mineralogy and Petrology 65: 255-267.
- Van Der Marel, H. W. and Beutelspacher, H. 1976. Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures: 210-211, New York.
- Villar, L. M. 1975. Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas en la República Argentina y su significado metalogénico. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica Actas 3: 135-156, Córdoba.
- Weaver, C. E. y Pollard, L. D. 1973. The Chemistry of Clay Minerals. Developments in Sedimentology 15, 213 p., New York.

Recibido: 1 de marzo, 2012.

Aceptado: 30 de julio, 2012.