

ESTUDIO DE TURMALINAS Y SU IMPLICANCIA GENÉTICA EN CUERPOS PEGMATOIDEOS DEL CERRO GUACHO, SIERRAS SEPTENTRIONALES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

LAJOINIE, M. F. ¹⁻²; CANAFOGLIA, M. E. ³; LANFRANCHINI, M. E. ¹⁻⁴; ETCHEVERRY, R. O. ¹⁻²

¹ Instituto de Recursos Minerales (INREMI) FCNyM-UNLP-CIC. Calle 64 esq. 120, La Plata (1900) Argentina. Tel/Fax: +54(0221)-422-5648. florencialajo@hotmail.com

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³ Centro de Química Inorgánica (CEQUINOR) FCE-UNLP-CONICET

⁴ Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICBA)

ABSTRACT

In the Cerro Guacho, Sierras Septentrionales of the Buenos Aires province, the complexity of the relationships between igneous and metamorphic processes difficults to establish the origin of the pegmatoid bodies with feldspar + plagioclase + quartz + tourmaline, located on the western flank of this hill. Petrographic, mineralogic and chemical studies (X-ray diffraction, FTIR spectroscopy, SEM and EDAX microscopy) indicate that the tourmaline of these bodies corresponds to the Schorl variety. According to compositional diagrams, these tourmalines come from Li-poor granitoids and pegmatites. The establishment of the origin of the tourmaline-bearing bodies contributes to the understanding of the geological history of the Precambrian basement.

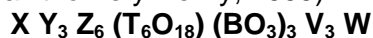
Palabras clave: turmalinas - cuerpos pegmatoides - Cerro Guacho - Sierras Septentrionales

Keywords: tourmalines - pegmatoid bodies - Cerro Guacho - Sierras Septentrionales

INTRODUCCIÓN

Las turmalinas pertenecen al grupo de los inosilicatos, habitualmente son minerales accesorios en rocas ígneas y metamórficas (London *et al.*, 1996).

Estos silicatos, poseen una fórmula general (según Hawthorne y Henry, 1999):



Siendo:

X= Na⁺¹, Ca⁺², vacante. Según Darrell *et al.* (2011), este sitio también puede incluir K⁺¹.

Y= Li⁺¹, Fe⁺², Mg⁺², Mn⁺², Al⁺³, Cr⁺³, Fe⁺³, V⁺³, Ti⁺³.

Z= Mg⁺², Al⁺³, Fe⁺³, V⁺³, Cr⁺³.

T= Si⁺⁴, Al⁺³, B⁺³.

B= B⁺³, vacante.

V= OH⁻, O⁻².

W= OH⁻, F⁻, O⁻².

Poseen numerosas propiedades significativas, entre las cuales se destacan: su estabilidad en un amplio rango de presión y temperatura, su resistencia a la alteración física y química, su variabilidad composicional y su capacidad de

intercambiar iones con fluidos externos (Henry y Dutrow, 1996).

Su cristalización puede deberse a distintos procesos geológicos. Según Pesquera y Velasco (1997) el reemplazo metasomático de ciertos silicatos preexistentes puede generarse por la saturación de fluidos acuosos cargados en boro, durante los últimos estadios de consolidación de un magma granítico. Deer *et al.* (1996), explican como la introducción de boro en la etapa neumatólica produce el reemplazo de minerales ígneos donde las biotitas y feldspatos son los primeros minerales en ser reemplazados por turmalina, mientras que el cuarzo permanece estable. Si el reemplazo es completo, la asociación final de la roca será cuarzo + turmalina.

Por otro lado, Slack (1993) y Peng y Palmer (1995) proponen que la turmalina se forma por removilización de fluidos ricos en boro, durante procesos metamórficos, metasomáticos e hidrotermales.

De este modo las turmalinas pueden registrar y preservar cambios químicos

durante su cristalización, así el estudio de este mineral, permite realizar consideraciones sumamente importantes desde el punto de vista genético (Henry y Guidotti, 1985; Dutrow y Henry, 2000).

En el presente trabajo se realiza una caracterización petrográfica, mineralógica y química de los cristales de turmalina identificados en cuerpos pegmatoides con aspecto vetiforme relevados en el Cerro Guacho, en el ámbito del basamento cristalino de las Sierras Septentrionales. El objetivo es interpretar los procesos responsables de la formación de este mineral. De este modo, se podrá avanzar en el estudio y entendimiento de las complejas relaciones existentes entre los procesos ígneos y metamórficos en la zona de estudio.

MARCO GEOLÓGICO

El Cerro Guacho se encuentra ubicado al SO de la ciudad de Tandil, entre las localidades de Azucena y Barker (Fig. 1). Corresponde a una elevación de unos 320 metros s.n.m. (Fig. 2 y Fig. 3.a), que forma parte de los afloramientos del basamento ígneo-metamórfico de las Sierras Septentrionales denominado Complejo Buenos Aires (Marchese y Di Paola, 1975). Dicho basamento corresponde a una típica asociación ígneo-metamórfica compuesta por gneisses granítico-tonalíticos, migmatitas, anfibolitas y plutones graníticos a intermedios y en menor proporción por mármoles, esquistos y diques de composición ácida, intermedia y básica. Su evolución tectonomagmática corresponde principalmente al ciclo orogénico Transamazónico o Tandileano, 2200-1800 Ma (Teruggi *et al.* 1973 y Dalla Salda *et al.* 1988).

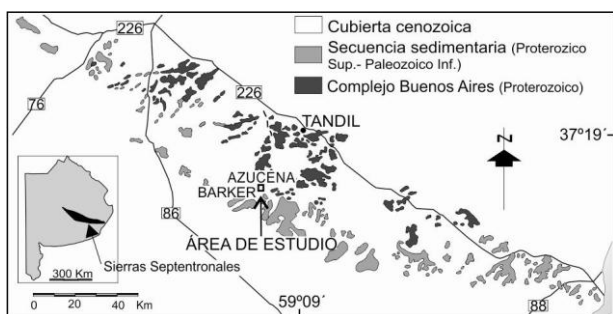


Figura 1: Mapa geológico de las Sierras Septentrionales extraído de Dalla Salda *et al.* (2005), con la ubicación del área de estudio.

En esta zona, el basamento está representado principalmente por un gneiss granatífero-biotítico y un cuerpo ígneo de composición granítica compuesto por cuarzo + plagioclasa + microclino + biotita, fuertemente metamorizado, que constituye el denominado Cerro Guacho. En algunos sectores del área, las rocas presentan milonitización y abundantes inyecciones feldespático-cuarzosas. Además en el área de trabajo afloran un depósito tipo skarn y diques graníticos, con rumbo general NO-SE, que intruyen al gneiss granatífero-biotítico y al plutón granítico (Fig. 2).

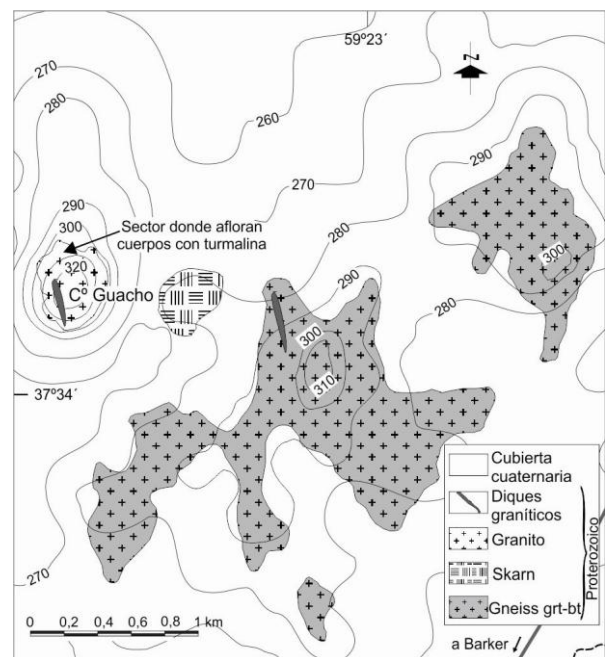


Figura 2: Mapa geológico del área de estudio, donde se destaca el sector en el que afloran los cuerpos con turmalina.

CUERPOS PEGMATOIDEOS CON TURMALINA

Se identificaron cuerpos feldespático -cuarzosos de aspecto vetiforme, portadores de turmalina. Presentan de 2 a 3 metros de longitud y un espesor variable entre 20 y 50 centímetros (Fig. 3.b y c). Los mismos se disponen en forma subhorizontal en el flanco noroccidental del Cerro Guacho (Fig. 2). En dicho sector se localiza una cantera de granito inactiva, la cual facilita el reconocimiento de las relaciones de corte entre los cuerpos pegmatoides y la roca granítica (Fig. 3.b).

La mineralogía de estos cuerpos está representada fundamentalmente por

feldespato alcalino tipo microclino y en menor proporción por cuarzo, plagioclasa y turmalina (Fig. 3.c). Los cristales de la asociación mineral tienen un tamaño variable, entre algunos milímetros y 5-6 centímetros, correspondiendo los individuos más grandes a microclino. A escala mesoscópica se reconocen dos tipos de feldespatos, uno de color gris oscuro de mayor tamaño y otro más pequeño de tonalidad blanquecina (Fig. 3.c). Al microscopio ambos feldespatos presentan

similares características como macla en enrejado, bordes irregulares y texturas perfiticas y mirmequíticas (Fig. 3.d y e). El cuarzo es ahumado, muy escaso y posee extinción ondulosa (Fig. 3.e). Las turmalinas son anhedrales con pleocroísmo marcado entre castaño oscuro y claro, sin zonación (Fig. 3.f) y crecen en forma intersticial entre los cristales de microclino, o como coronas de reemplazo sobre el feldespato (Fig. 3.d y e).

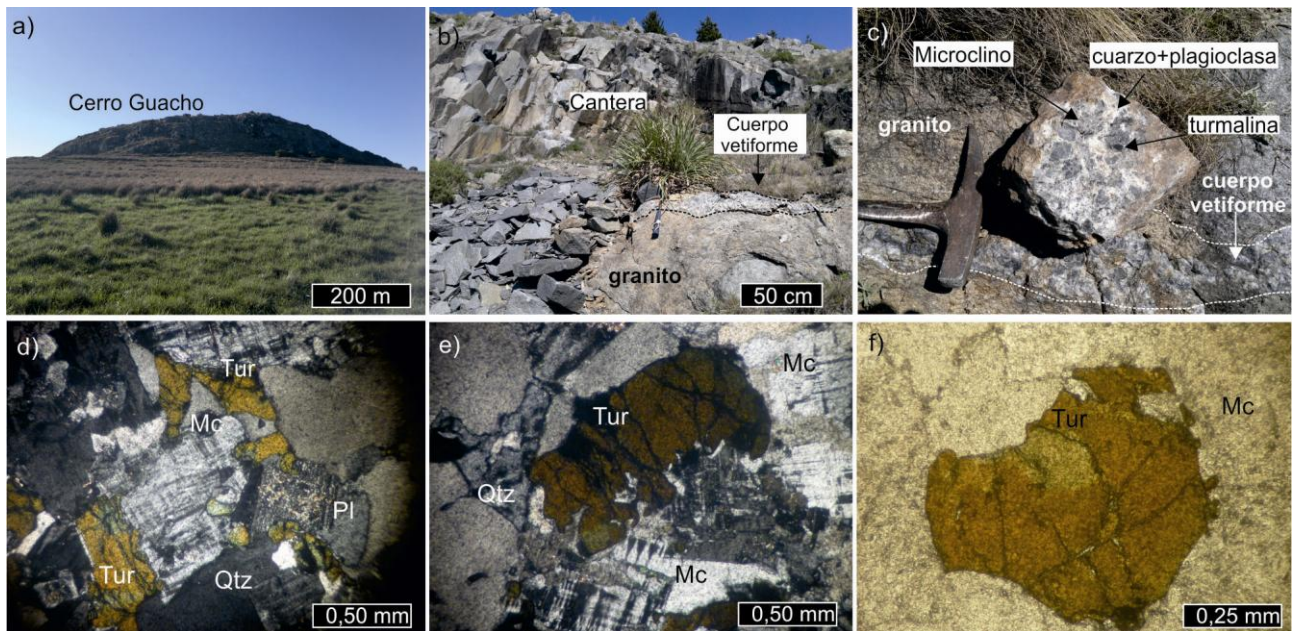


Figura 3: a) Cerro Guacho. b) Sector noroccidental del cerro donde se encuentran la cantera y los cuerpos vetiformes. c) Afloramiento de un cuerpo vetiforme feldespático-cuarzoso con turmalina. d) Asociación mineral, con desarrollo de una corona de turmalina sobre cristales de microclino. Fotografía tomada con analizador. e) Cristal de turmalina que reemplaza y engloba microclino. Fotografía tomada con analizador. f) Cristal de turmalina rodeado de microclino. Fotografía tomada sin analizador. Abreviaturas según Kretz (1983).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El relevamiento de detalle de los distintos cuerpos permitió la extracción de muestras representativas de los mismos. A partir de su molienda se seleccionaron bajo lupa binocular cristales de turmalina para su posterior caracterización mediante diferentes técnicas. Entre ellas, los análisis de espectros obtenidos por difracción de rayos X (DRX) se efectuaron mediante un difractómetro Philips PW1710, radiación $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1,5378\text{nm}$), con velocidad de barrido $60^\circ/\text{h}$. La microscopía electrónica de barrido, en centro y borde de cristales aislados, se realizó con un ESEM (FEI Quanta 200), con filamento de tungsteno. Para las determinaciones semi-cuantitativas EDS por

microanálisis se utilizó un EDAX Detector Apollo 40 (LIMF-UNLP). Las mediciones fueron realizadas a bajo vacío y a dos presiones distintas. La Espectroscopia Infrarroja (FTIR) fue efectuada en un espectrofotómetro Bruker Equinox 55, utilizando la técnica de pastilla de KBr, en un rango de frecuencia comprendido entre 4000 y 400 cm^{-1} .

RESULTADOS

Los difractogramas efectuados presentan picos máximos e intensidades en: 2,58 (100%); 3,99 (90%); 2,95 (70%) correspondientes al PDF 43-1464.

La fotografía de la Fig. 4 muestra la morfología prismática de un cristal de la especie estudiada. En la misma se observan secciones triangulares redondeadas y fractura concoidal (Klein y Hurlburt, 2003).

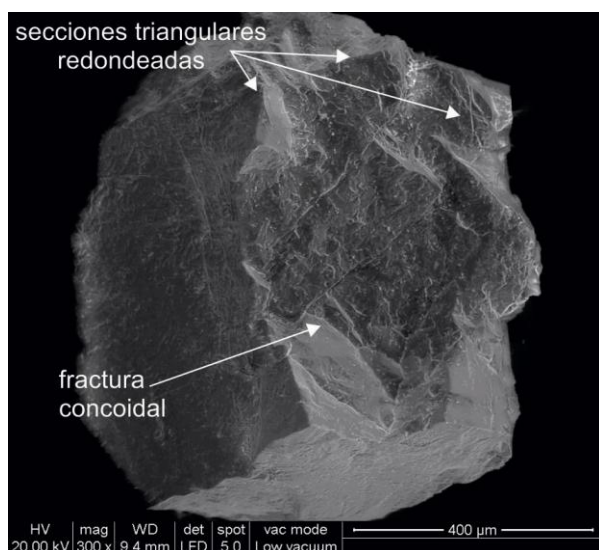


Figura 4: Fotografía obtenida mediante microscopio electrónico de barrido de un cristal de turmalina.

El estudio FTIR ha permitido observar la influencia de las sustituciones catiónicas sobre los enlaces químicos. El espectro de la Fig. 5 se caracteriza por las débiles bandas en 3746 y 3655 cm^{-1} , asignadas a vibraciones del agua. La ancha banda centrada en 3436 cm^{-1} es debida a grupos OH y puentes de H del H_2O . La señal en 1616 cm^{-1} se corresponde a la deformación angular del H_2O . La zona de 1400 cm^{-1} se caracteriza por presentar tres bandas seguidas, siendo la central en 1375 cm^{-1} la de mayor intensidad. Ésta se puede atribuir a la presencia de grupos boratos $(\text{BO}_3)^{-3}$, donde los estiramientos B-O se localizan en 1350-1240 cm^{-1} (Farmer, 1974). En la zona de 1200-1000 cm^{-1} se localizan las bandas de los estiramientos de los enlaces Si-O, grupos $(\text{SiO}_4)^{-4}$, la misma está caracterizada por un hombro en 1078 cm^{-1} y un máximo en 988 cm^{-1} , para las variedades de chorlo esta señal se ha reportado en 1077-983 cm^{-1} (Blanco, 1988). En este rango aparecen también las vibraciones del Al-O en posición tetraédrica cuando hay reemplazo de Si por Al.

La zona comprendida entre 800-500 cm^{-1} del espectro es la más difícil de asignar con precisión, dado que en ella se encuentran las señales de las deformaciones angulares de las especies de Si, así como el reemplazo de Si

por Al en posición tetraédrica, los estiramientos del enlace M-O (particularmente cationes bivalentes en coordinación octaédrica), las vibraciones del H_2O y grupos OH, así como los modos de red. Es destacable que en el rango comprendido entre 550-470 cm^{-1} aparece una banda intensa que ha sido atribuida a iones trivalentes en posiciones octaédricas, que pueden asignarse a los modos de vibración del Al (Blanco, 1988; Farmer, 1974).

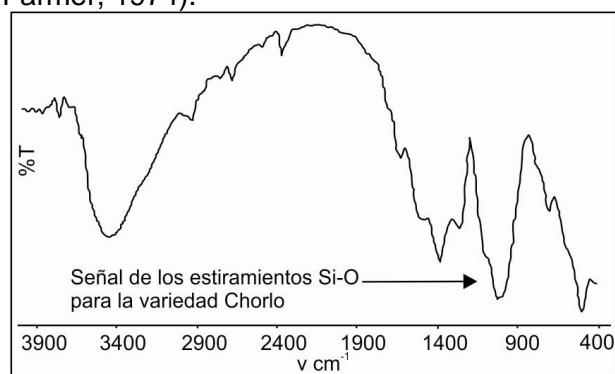


Figura 5: Espectro FTIR de la turmalina.

Los resultados de los análisis químicos realizados se indican en la Tabla 1, como datos promedio de cristales sin zonación y que arrojaron composiciones similares.

Óxidos	Porcentaje
NaO	1,94
MgO	5,28
Al_2O_3	38,69
SiO_2	42,01
K_2O	0,36
CaO	0,99
Ti_2O_3	1,02
$\text{FeO}_{(\text{total})}$	9,71
Total	100,00

Tabla 1: Contenido promedio de óxidos de las turmalinas expresado en % en peso.

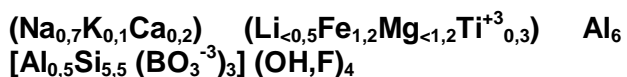
DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

Los estudios de DRX permitieron definir que la especie estudiada corresponde al grupo espacial $R 3m$, variedad Chorlo.

El análisis del espectro obtenido por FTIR confirmó la presencia de grupos OH en el sitio V y de $(\text{BO}_3)^{-3}$ en el sitio B, por las intensas señales identificadas en las zonas de 3400 cm^{-1} y 1400 cm^{-1} , respectivamente.

Si bien la presencia de Li no ha podido ser determinada, se asume un contenido inferior a 0,5 átomos por unidad de fórmula en el sitio Y, conforme a los datos bibliográficos para la especie determinada (Darrell *et al.*, 2011), en concordancia con los altos contenidos en boro estimados por FTIR.

Sobre la base de los resultados obtenidos y los datos químicos promedio se pudo aproximar la fórmula química de la especie:



Según Henry y Guidotti (1985) existe una relación entre la variedad de turmalina y el tipo de roca de la cual deriva. En los diagramas triangulares de la Fig. 5, propuestos por estos autores, se ha graficado la composición de las

turmalinas estudiadas, ubicándose en el campo 2, correspondiente a granitoides, aplitas y pegmatitas pobres en Li. Los cuerpos vetiformes estudiados portadores de turmalina evidencian un origen ígneo.

Esta hipótesis genética es respaldada por los estudios petrográficos de estos cuerpos pegmatoides, donde la presencia de coronas de turmalina sobre cristales de microclino, representan el reemplazo ocurrido en los últimos estadios de cristalización magmática por la saturación en boro de los fluidos ígneos (Deer *et al.*, 1996).

El origen ígneo de la turmalina en estos cuerpos aporta nueva información que contribuye a reconstruir la evolución del basamento proterozoico de las Sierras Septentrionales.

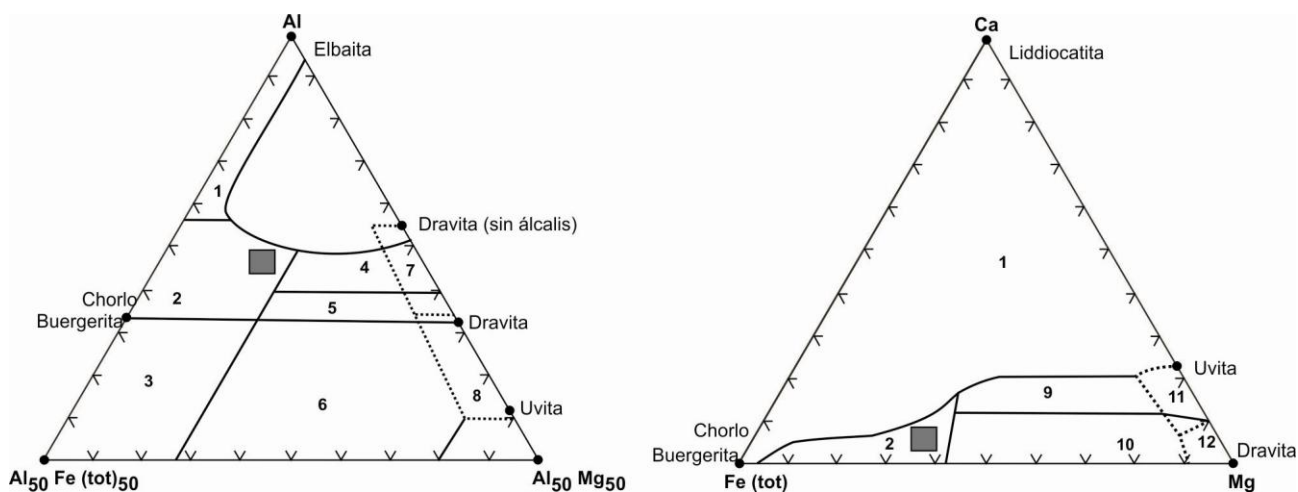


Figura 5: Diagramas de clasificación de Henry y Guidotti, 1985. Campos: 1-Granitoides, aplitas y pegmatitas ricas en Li, 2-Granitoides, aplitas y pegmatitas pobres en Li, 3-Rocas cuarzo-turmalínicas ricas en Fe^{+3} , 4-Metapsamitas y metapelitas saturadas en Al, 5- Metapsamitas y metapelitas no saturadas en Al, 6-Metapelitas, rocas calcosilicatadas y cuarzo-turmalínicas ricas en Fe^{+3} , 7- Metaultramafititas ricas en Ca, 10-Metapelitas pobres en Ca, metapsamitas y rocas cuarzo-turmalínicas, 11-Metacarbonatos, 12-Metaultramafititas. ■ Composición de turmalinas estudiadas.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, M. 1988. Espectros de infrarrojo en Turmalinas. *Acta Geológica Hispánica*, 23: 283-290.
 Dalla Salda, L.H., Bossi, J. y Cingolani, C.A. 1988. The Río de la Plata cratonic region of southwestern Gondwana. *Episodes* 11(4): 263–269.
 Dalla Salda, L., de Barrio R.E., Echeveste, H.J. y Fernández, R.R. 2005. El Basamento de las Sierras de Tandilla. En: de Barrio, R., Etcheverry, R., Caballé, M. y Llabrés, E. (eds.). *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires*. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino, 1-50.

Darrell, J., Henry, D.C., Novák, M., Hawthorne, F.C., Ertl, A., Dutrow, B.L., Uher, P. y Pezzotta, F. 2011. Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. *American Mineralogist*, 96: 895-913.
 Deer, W.A., Howie, R.A. y Zussman, J. 1996. *An introduction to the Rock-Forming Minerals* (2nd ed.). Longman, London, 696 p.
 Dutrow, B. y Henry, D.J. 2000. Complexly zoned fibrous tourmaline: A record of evolving magmatic and hydrothermal fluids. *Canadian Mineralogist*, 38: 131-143.
 Farmer, V.C. 1974. Infrared spectra of minerals. In: Farmer, V.C. (ed.). *Mineralogical Society Monograph No. 4*. Mineralogical Society, London, 399 p.

Hawthorne, F.J. y Henry, D.J. 1999. Classification of the minerals of the tourmaline group. *European Journal of Mineralogy*, 11: 201-216.

Henry, D.J. y Guidotti, C.V. 1985. Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite grade metapelites of NW Maine. *American Mineralogist*, 70: 1-15.

Henry, D. y Dutrow, B. 1996. Metamorphic and Sedimentary Tourmaline. In Anovitz, L. and Grew, E. (eds.). *Boron: Mineralogy, Petrology, and geochemistry in the Earth's Crust*, Mineralogical Society of America, Washington, D.C., 33: 503-558.

Klein, C. y Hurlburt, C. S. 2003. *Manual de Mineralogía de Dana*. Editorial Reverté S.A., 4 (2) 396p.

Marchese, H.G. y Di Paola, E. 1975. Miogeosinclinal Tandil. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 30(2):161-179.

London, D., Morgan, G.B. y Wolf, D. 1996. Boron in granitic rocks and their contact aureoles. In: Grew, E.S., Anovitz, L.M. (eds). *Boron. Mineralogy, petrology and geochemistry*. The Mineralogical Society of America, Washington, DC, *Reviews in Mineralogy*, Mineralogical Society of America, Virginia, 33: 299-330.

Peng, Q.M. y Palmer, M.R. 1995. The palaeoproterozoic boron deposits in eastern Lianing, China: a metamorphosed evaporite. *Precambrian Research*, 72:185-197.

Pesquera, A. y Velasco, F. 1997. Mineralogy, geochemistry and geological significance of tourmaline-rich rocks from the Paleozoic Cinco Villas massif (western Pyrenees, Spain). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 129: 53-74.

Kretz, R. 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 68: 277-279.

Slack, J.F. 1993. Models for tourmalinite formation in the Middle Proterozoic Belt and Purcell supergroups (Rocky Mountains) and their exploration significance. *Current Research, Canada Geologic Survey*, 93-1E: 33-40.

Teruggi, M.E., Kilmurray, J.O. y Dalla Salda, L.H. 1973. Los dominios tectónicos de la región de Tandil. *Anales Sociedad Científica Argentina* 295 (1-2): 81-94.

Agradecimientos: Los autores de este trabajo desean expresar su agradecimiento al señor Luis Magnasco por su hospitalidad y trato cordial y a la Dra. Teresita Montenegro por la enriquecedora revisión de este manuscrito. Este trabajo fue financiado por la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires y por la Universidad Nacional de La Plata en el marco del Proyecto 11N-617.