

Metavulcanitas básicas en el basamento de Cumbres Calchaquies (Tucumán, Argentina)

por José Ángel Sosa Gómez¹ y Arturo Villanueva²

1. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205, (4000) Tucumán, Argentina.

2. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán.

Summary. Basic metavolcanics outcrop in the crystalline basement of the Cumbres Calchaquies, Tucumán Province, Argentina. The crystalline basement rocks of the Cumbres Calchaquies in the southernmost Cordillera Oriental are mainly comprised of muscovite schist, occur basic metavolcanic on the western slopes of the range with within plate affinities, which have been never described before in detail. Based on the overall stratigraphic and structural context, these rocks are of late Proterozoic age. In context with the regional geologic setting and the structural position, geochemical data of these rocks clearly indentify them as volcanics sinsedimentary that formed in within plate setting.

Keywords: Cumbres Calchaquies, Basement, Metavolcanic rocks.

Resumen. Se encontraron afloramientos de rocas volcánicas básicas interestratificadas a las rocas del basamento de Cumbres Calchaquies. Las rocas metamórficas del extremo austral de Cordillera Oriental, están compuestas predominantemente por esquistos muscovíticos, hasta el presente nunca fueron descriptas metamorfitas de protolitos volcánicos cuya geoquímica revele magmatismo toleítico. El grado de deformación así como las relaciones de contacto con las rocas de caja reflejan un derrame sinsedimentario, lo que permite asimilar a las metavulcanitas con una edad idéntica a la de los esquistos muscovíticos.

Palabras clave: Cumbres Calchaquies, basamento, metavulcanitas.

Introducción

El macizo metamórfico de Cumbres Calchaquies es considerado tradicionalmente como un elemento montañoso del sistema de Cordillera Oriental, cuyo límite sur está establecido en forma interpretativa por un lineamiento de rumbo NE-SO Turner y Mon (1979). Sin embargo, el límite más claro es una importante fractura de rumbo NO-SE que deslinda el extremo norte de la Sierra del Aconquija con las estribaciones australes de las Cumbres Calchaquies (CC), en la latitud de la depresión de Taffí del Valle.

Esta división estructural de las unidades montañosas es en este caso sólo una expresión de la tectónica andina, ya que las carac-

terísticas petrográficas de las rocas metamórficas expuestas en ambas sierras guardan correspondencia, indicando una posible continuidad entre ellas.

Los estudios realizados en el basamento metamórfico de Cumbres Calchaquies tienen carácter regional, encontrándose estos enmarcados en el relevamiento de las hojas geológicas 11e y 10e Ruíz Huidobro (1966); Galván (1980) mientras que otros analizan los rasgos petrográficos Toselli y Toselli (1973).

La monotonía litológica, que es un rasgo común en numerosos macizos metamórficos del noroeste argentino, no se cumple en esta

porción de las CC. Las unidades metamórficas que integran el basamento de Cumbres Calchaquies son de gran heterogeneidad, condicionadas por los rasgos de las rocas originales. Se encuentran de este modo rocas metamórficas cuyos protolitos son: clásicos, carbonáticos y volcánicos.

La presencia de cuerpos de origen ígneo asociados a la evolución de las rocas clásticas es relevante como evidencia para la postulación de modelos paleotectónicos. Los objetivos de este trabajo consisten en destacar el hallazgo de metavulcanitas básicas sinsedimentarias emplazadas en el basamento de Cumbres Calchaquies, así como también proporcionar una caracterización geoquímica y petrográfica de las mismas.

Estratigrafía

La estratigrafía regional (Fig. 1) puede dividirse en dos tipos de entidades, una preandina (Precámbrica-Cámbrica inferior) conformada por el zócalo rígido integrado por metamorfitas y cuerpos plutónicos de composición variada, y otra, de edad andina representada en la pila de sedimentitas del Grupo Santa María (GSM) Galván y Ruíz Huidobro (1965).

La geología de la región (Fig. 1) indica que la unidad metamórfica-ígnea de CC, cabalga sobre la secuencia sedimentaria del Neógeno. En las observaciones de campo la fractura del borde occidental de CC puede reconocerse a lo largo de decenas de kilómetros con rumbo NNE, con vergencia al E y subparalela a los planos de esquistosidad más conspicuos (S_1). Las sedimentitas neógenas poseen un buzamiento general hacia el E encontrándose plegadas, con ejes de pliegues de azimut variables y sus afloramientos están fuertemente condicionados por la tectónica compresiva andina.

Basamento. El complejo metamórfico conformado por esquistos bandeados, metapsamitas y metapelitas e intrusivos granitoides, es la entidad motivo principal de este análisis. Los esquistos bandeados de colores

grises, se encuentran ampliamente distribuidos en la sierra. Sus planos de esquistosidad (S_1) bien desarrollados quedan definidos en las bandas subparalelas, las que en situaciones puntuales presentan una geometría anastomosada: las bandas son, continuas, de espesores delgados y de composición cuarzo-feldespática (microclino) y micácea alternantes estas últimas son de color gris oscuro, predominantemente biotíticas. Los contactos entre banda y banda son heterógenos, ellos varían entre neto, e interdigitado por aquellas bandas cuarzo-feldespáticas que alteran la disposición subparalela.

Los esquistos bandeados se vinculan hacia el E por medio de un contacto irregular con metasamitas y metaconglomerados de grano mas grueso y masivos. En estos últimos la esquistosidad S_1 se reduce a planos discontinuos e irregulares; definidos preferentemente por la orientación de las micas. En estos casos las rocas están conformadas por metasamitas y metapelitas y en proporciones menores un metaconglomerado esquistoso en cuyos bancos los planos S_1 poseen una geometría irregular.

En los niveles de metapelitas, los planos de esquistosidad poseen una elevada densidad. Dado el carácter neto del contacto sin rupturas tectónicas, entre los esquistos bandeados y las metasamitas-metapelitas, este podría responder a propiedades de origen sedimentario. Mármoles forman parte de este macizo metamórfico, ellos se encuentran emplazados en el ambiente de los esquistos bandeados Danieli (1963), fuera del área de nuestra observación. Estas rocas afloran desde el Co. Pabellón 15 km en línea recta hacia el SE en la comarca de Peñas Azules.

Metavulcanitas. Intercalados en las metasamitas se pudieron identificar al noroeste del Co Pabellón, en las inmediaciones del puesto Los Chorros, diferentes niveles de una roca verde oscura afírica, cuyo contacto inferior es plano paralelo (Fig. 2) y engloba algunos restos de la roca de caja, en tanto el techo es irregular. Estas rocas poseen un desarrollo de la esquistosidad S_1 con superfi-

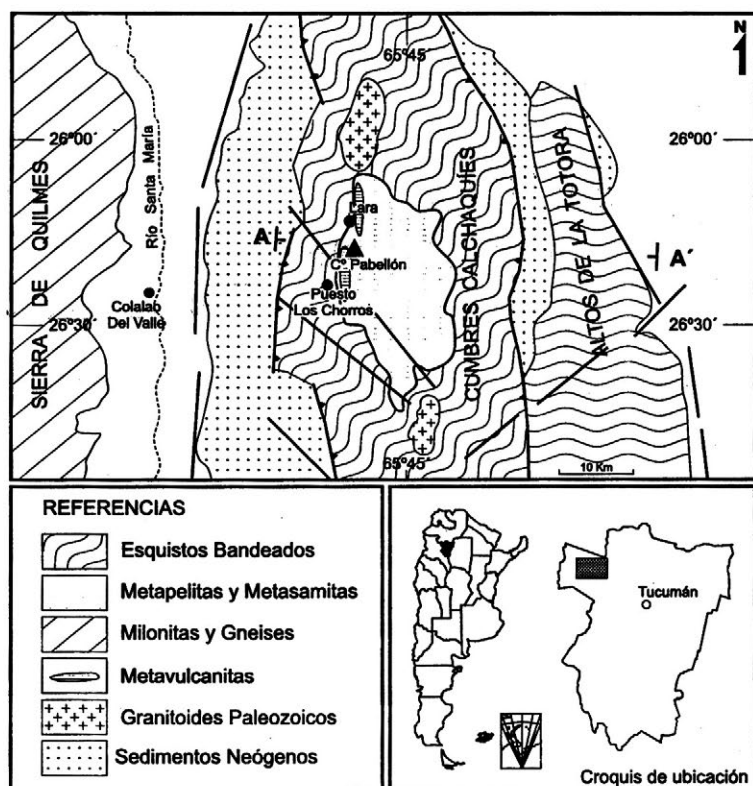


Fig. 1. Bosquejo de ubicación y mapa geológico con el posicionamiento de los hallazgos de metavulcanitas.

cies anastomosadas y muestran moderada modificación por efectos de la meteorización. Se destaca un sill de espesores variables entre 0,27 m y 1,60 m y gran continuidad lateral, alrededor de 700 m, el que posee geometría tabular de rumbo N10° E e inclinación subvertical 85° E. Es notable la continuidad lateral de los cuerpos, cuyos afloramientos están sobre el borde occidental de Cumbres Calchaqufes, éstos se extienden hacia el N en las proximidades de Lara y también transgreden los límites del cordón montañoso de Cumbres Calchaqufes, encontrándose hacia el S rocas semejantes con estructuras no tabulares, en las nacientes del A° Maravilla, flanco oeste de la sierra del Aconquija.

Descripción petrográfica. Las metavulca-

nitas son de textura granoblástica, constituidas principalmente por hornblenda verde, cuarzo y labradorita (85%) y subordinadamente por minerales opacos, titanita, biotita, clorita, apatita y circón. Los anfíboles constituyen una trabazón de cristales subhedrales a euhedrales formando una estructura típica de recrystalización en aspás.

El cuarzo y la plagioclasa son intersticiales. Encontrándose dos generaciones de cuarzo. El primero de carácter anhedral se caracteriza por su extinción en relámpago, mientras que el segundo forma mosaicos poligonizados con puntos triples y extinción normal. La plagioclasa aparece en dos poblaciones, una totalmente caracterizada por cristales anhedrales sin maclas y otra por cristales subhedrales con maclas de ley albíta polisintética, a veces estas maclas están



Fig. 2. Fotografía del contacto plano paralelo basal de metaanfibolitas con la roca de caja.

restringida únicamente al núcleo del feldespato. El cuarzo y el feldespato suelen hallarse inmersos en grandes cristales de clorita a modo de textura poiquilítica. La titanita es subedral, a veces granular y suelen hallarse cristales con sus bordes alterados a óxidos de hierro. La biotita es totalmente subhedral y recrystalizada de color castaño. Apatita y circón son escasos y aparecen segregados en nidos o como inclusiones en feldespato y cuarzo. En un cristal subedral alterado, de forma elongada se observa una concentración de minerales opacos de posición periférica, lo que se interpreta como un borde queilitico relíctico.

El contacto de esta metavulcanita está constituido por metasamitas gris rosadas de textura granoblástica característica y de composición cuarzo-biotíticas (Fig. 2), como también films de muscovitas bien desarrolladas e isoorientadas. Paralelo a los films de muscovita es frecuente la presencia de venillas y o parches de minerales opacos.

Este rasgo suele ser a veces notable en la metasamita de la base la que puede presentar una interdigitación entre aquella y la anfibolita a modo de un fino bandeado cuyas capas de espesores irregulares no superan 3 mm.

Los minerales subordinados son feldespatos, constituidos por microclino y plagioclasa, límpidos, granos de minerales opacos, circón y apatita. Estos componentes son intersticiales al mosaico granular, donde se observan con frecuencia algunas venillas de cuarzo recrystalizado, bien desarrollado, poligonizado con puntos triples.

Geoquímica de las Anfibolitas. La presencia de vulcanitas coetáneas a la acumulación de la Fm Puncoviscana fue mencionada por Toselli y Aceñolaza (1984) y Manca y otros (1987). No obstante, estos hallazgos fueron relativizados por Omarini y Alonso (1987), en el primer caso por existir en las inmediaciones donde fueron efectuadas las observaciones, rocas ordovícicas en una intrínca

Tabla 1

Elementos mayoritarios												
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃			
46,68	14,40	2,81	0,27	11,49	10,47	0,63	0,60	0,44	12,43			
46,24	11,35	2,56	0,25	11,09	11,25	1,38	0,31	0,59	13,26			
Elementos trazas												
Ba	Zr	I	Sr	Rb	Nb	Th	U	Cr	Co	Ni	V	Hf
204,70	102,64	19,13	59,14	42,01	31,89	4,06	1,64	346,62	114,47	185,39	241,80	3
197,00	88,00	19,00	172,00	15,00	21,00	3,40	1,33	251,00	72,00	250,00	-	-

relación estructural, mientras que en el otro hallazgo, localizado en la quebrada de Yacoraite, vulcanitas de una litología idéntica se emplazan simultáneamente en cuarcitas cámbricas. En la comarca de nuestras observaciones las rocas hospedantes son con certeza propias del Precámbrico Superior. Tanto en éstas como en las metavulcanitas se observan efectos de eventos de deformación con la consiguiente generación de planos de esquistosidad S1 (Fig. 2), por lo que se descartan emplazamientos posttectónicos.

Los análisis químicos de la metavulcanita fueron llevados a cabo en el Laboratorio del Instituto de Geología y Minería de la UNJU, cuyos resultados de elementos mayoritarios y trazas pueden verse en la Tabla 1.

Los datos geoquímicos fueron volcados en diferentes diagramas discriminantes (los resultados se agrupan en la Tabla 2). La composición química de las anfibolitas muestra afinidad con basaltos toleíticos como se manifiesta en el diagrama AFM

(Fig. 3) idénticos resultados surge de la relación entre $\text{Na}_2 + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ de Middlemost (1985).

En el diagrama AFM, (Fig. 3) las relaciones entre FeO total y MgO guardan una correspondencia balanceada indicando una tendencia de neto carácter toleítico, en el mismo diagrama los valores ocupan el rango del 10% de los álcalis.

Los valores de SiO₂ 46.68-46.24, son comparativamente muy bajos en relación a otros ejemplos mundiales de toleítas oceánicas Carmichael y otros (1974). A su vez las relaciones de los álcalis también representan valores relativamente bajos, no es el caso de MgO 11.49-11.09; Fe₂O₃ 12.43-13.26 y del P₂O₅ cuyos valores son superiores a los promedios registrados en Carmichael y otros (1974). En el caso del fósforo con tenores elevados, se corresponde con los porcentajes altos de hierro. En fundidos de carácter toleíticos como consecuencia de esto, se produce la reducción de los contenidos de SiO₂.

Tabla 2

Winchester & Floyd, 1977	Pearce, 1975	Meschede, 1986
Zr/TiO ₂ 0.0036 Nb/Y 1.387	Ti/Cr 46.08	Nb - 26.44 Zr - 95.32 Y - 19.06
Basaltos alcalinos	Basaltos de fondo oceánico	Basaltos alcalinos de intraplaca

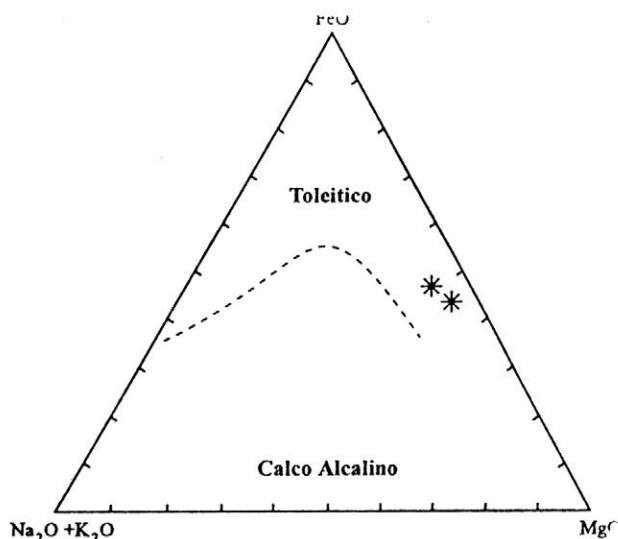


Fig. 3. Diagrama discriminante AFM Irvine y Baragar 1971.
La línea separa los campos toleítico del calcoalcalino.

El contenido de elementos trazas también proporcionan otras evidencias. Los elementos Cr, Ni y V forman parte de las primeras fases de cristalización especialmente en magmas básicos. En el caso de las metavulcanitas de CC estos elementos poseen un marcado enriquecimiento, las causas de estos valores elevados pueden ser motivo de diferentes análisis que no forman parte de este trabajo.

La relación Rb/Sr en rocas volcánicas es propensa a permanecer menos alterada que en otras rocas ígneas y por ello puede considerarse un indicador de la proveniencia de los fundidos. El promedio de las razones Rb/Sr es alrededor de 0.4 con lo que indicaría un magma cuya procedencia es la corteza inferior.

Elementos trazas que actúan químicamente estables durante procesos como el metamorfismo, se han combinado en diferentes relaciones a fin de caracterizar el ambiente geotectónico de los fundidos originales, las tendencias están reflejadas en la Tabla 2. Podría asumirse que existen contradicciones entre ellas, aunque los diagramas dis-

criminantes por sí solos raramente determinan de forma inequívoca el ambiente geotectónico, muchos de estos diagramas patrones, fueron llevados a cabo con rocas de una corteza mas diferenciada que la aquí analizada. La asociación de las metavulcanitas de CC y los protolitos mencionados revelan la depositación en una cuenca oceánica cuyas características coincidirían con un ambiente de fondo oceánico con corteza atenuada.

Discusión

Cumbres Calchaquies engloba en su constitución, pre-paleozoica, una heterogeneidad metamórfica que puede diferenciarse «a priori» en una segmentación O-E. La presencia de metavulcanitas en el flanco occidental, aporta nuevos criterios de análisis.

También es importante destacar la variación de la geometría de deformación entre la sierra de C C y el macizo Los Altos de la Titora (LAT) situado hacia el E (Fig 1) con la consiguiente correspondencia del metamorfismo. Estos macizos corresponden res-

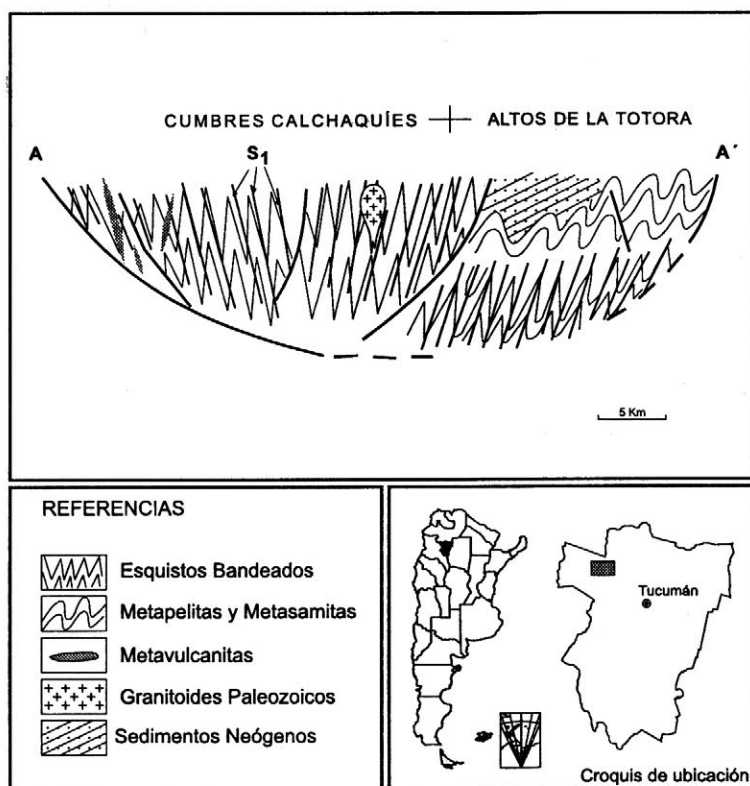


Fig. 4. Apilamiento de pisos estructurales con estilos diferentes.

Cumbres Calchaquies al O y Altos de la Totorá al E. La fallas representan los límites actuales de las unidades.

pectivamente a la división en cinturones de Esquistos Bandeados y Choromoro, de Mon y Hongn (1991). La figura 4 resume estas relaciones de ambas unidades orográficas, donde LAT, se caracteriza por una notable homogeneidad petrográfica con la preservación de los rasgos sedimentarios originales (estratificación, calcos de carga, turboglifos, ondulitas) mientras que CC refleja a los niveles mas profundos constituidos fundamentalmente por esquistos bandeados y metasamitas altamente deformados.

La posición espacial paralela actual entre ambos bloques CC y LAT sólo puede explicarse por medio de un contacto tectónico figuras 1 y 4. Aún así, la correlación desde el punto de vista temporal entre ambas unidades es incierta. De hecho, constituyen distintos niveles corticales, de donde puede

surgir que LAT participe de una posición estratigráfica más joven que CC, o que resulten de una acumulación sincrónica, diferenciado solo por las distintas profundidades de los eventos.

La presencia de metavulcanitas en el borde occidental de CC, en conjunción con otros elementos tales como las facies sedimentarias originales (turbiditas, conglomerados y calizas), expresan un ambiente epicontinental de la cuenca.

La asociación de esquistos biotíticos cuarzo feldespáticos con los sills de metavulcanitas señalarían una cuenca oceánica donde sedimentitas clásticas alternaron con rocas volcánicas, cuya naturaleza geoquímica indica basaltos toleíticos los que se emplazaron en un medio subacúeo. Se asume un control estructural para el emplazamiento

to de estos mantos lávicos los que habrían estado regidos por sistemas extensivos de tipo rift Rhodes y Bornhorst (1976) estos son los mecanismos que habrían provocado el atenuamiento del espesor cortical habilitando el ascenso magmático.

Agradecimientos

Este trabajo es financiado con fondos del CIUNT. Los autores agradecemos al Sr. Inés Valderrama por el apoyo de campo, al Geólogo Roberto Lencina por los dibujos, al Geólogo Dante Indri, por las discusiones de las descripciones petrográficas y a los árbitros cuyos comentarios fueron útiles en la claridad de las ideas.

Trabajos citados en el texto

- Carmichael, I. S. E.; F. J. Turner & J. Verhoogen. 1974. *Igneous Petrology*. McGraw Hill Book Company, Inc 739 p. USA.
- Danieli, C. A. 1963. Noticia preliminar sobre el hallazgo de un yacimiento de caliza cristalina en la Provincia de Tucumán. *Acta geológica lilloana*, 4: 135-153. Tucumán.
- Galván, A. & O. J. Ruiz Huidobro. 1965. Geología del Valle de Santa María. *Estratigrafía de las Formaciones Mesozoicas-Terciarias*. *Acta geológica lilloana*, 7: 217-230. Tucumán.
- Galván, A. 1980. Descripción Geológica de la Hoja 10e Cafayate, provincia de Salta y Catamarca. Servicio Geológico Nacional Boletín No 177, 47 p.
- Manca, N.; B. Coira; L. Barber & A. Pérez. 1987. Episodios magmáticos de los ciclos Pampeano y Famatiniano en el río Yacoraite-Jujuy. *Actas 10º Congreso Geológico Argentino* 4: 299-301 San Miguel de Tucumán.
- Mon, R. & F. Hongn. 1991. The structure of the Precambrian and Lower Paleozoic Basement of the Central Andes between 22° and 32° Lat. *Geologische Rundschau* Band 80 Heft 3 p. 745-758. Stuttgart.
- Omarini, R. & R. Alonso. 1987. Lavas en la Formación Puncoviscana, Río Blanco, Salta, Argentina. *Actas 10º Congreso Geológico Argentino* 4: 292-295 San Miguel de Tucumán.
- Rhodes, R. C. & T. J. Bornhorst. 1976. Petrologic provinces in Jurassic Tholeiites of Gondwanaland. *Geologische Rundschau* Band 65 Heft 3 p. 930-938. Stuttgart.
- Ruiz Huidobro, O. J. 1966. Contribución a la geología de las Cumbres Calchaquies y Sierra del Aconquija (Tucumán-Catamarca). *Acta Geológica Lilloana* Tucumán, 8: 215-247, Tucumán.
- Toselli, A. & R. J. Toselli. 1973. Metamorfismo de las Cumbres Calchaquies: 1. Rasgos de deformación y blastesis en las rocas del faldeo sur-occidental entre la Angostura y Tafí del Valle. Tucumán Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 28 (1) 45-55.
- Toselli, A. & F. G. Aceñolaza. 1984. Presencia de erupciones basálticas en afloramientos de la Fm Puncoviscana, en Coraya, Departamento de Humahuaca, Jujuy. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 39: 158-159.
- Turner, J. C. & R. Mon. 1979. Cordillera Oriental. En, Turner, J. C. (Ed.): *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*, 1: 51-94. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.