



LA DATACIÓN U-Pb DEL EVENTO VOLCANIGÉNICO TRIÁSICO DE AGUA DE LA ZORRA-PARAMILLOS, USPALLATA, MENDOZA

Carlos A. CINGOLANI^{1,2}, Norberto J. URIZ¹, Miguel A.S. BASEI³

¹División Geología, Museo de La Plata, UNLP, Paseo del Bosque s/n, B1900FWA, La Plata, Argentina. norjuz@gmail.com

²Centro de Investigaciones Geológicas, Diag. 113 n. 275, CP1904, La Plata, Argentina. carloscingolani@yahoo.com

³Universidade de São Paulo, Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo), Sao Paulo, Brasil. baseimas@usp.br

RESUMEN

Se presentan los primeros datos geocronológicos U-Pb sobre circones correspondientes al evento volcánico desarrollado ampliamente en la región al NE de la localidad de Uspallata (Formación Paramillo), preservando un registro fosilífero de relevancia para el Triásico gondwánico hoy conocido como el "Bosque petrificado de Paramillo", descubierto por Darwin a mediados del siglo XIX. Un total de 57 circones, fueron analizados por la metodología U-Pb (LA-ICP-MS). Las edades están comprendidas entre 252-227 Ma, registrando un pico máximo de frecuencia *ca.* 240 Ma. Las edades fueron obtenidas tanto en sectores centrales como en los bordes de los circones. La morfología registra que corresponden a cristales euhedrales, con caras cristalinas bien desarrolladas, zonaciones bien marcadas y tamaños variables entre 250µm a 102µm. Entre los principales tipos reconocidos se observaron cristales prismáticos cortos, identificándose prismas multifacetados y otros con caras cristalinas simples y bipiramidales. El registro unimodal U-Pb permite circunscribir la edad máxima de sedimentación de la secuencia en torno a los 240 Ma, referible al Triásico Medio (Ladiniano) según la Escala Cronoestratigráfica de IUGS 2016. Es evidente la posibilidad de correlación con los datos U-Pb en circones obtenidos por otros autores para diferentes depocentros dentro de la Cuenca Cuyana, lo cual va a permitir calibraciones más precisas de la estratigrafía de las secuencias triásicas basadas en biozonas paleoflorísticas.

Palabras clave: Cuenca Cuyana, depocentro Uspallata, Triásico Medio, datación circones, correlaciones.

ABSTRACT

U-Pb zircon ages of the Triassic Agua de la Zorra-Paramillos volcanic event, Uspallata, Mendoza. It is presented here the first U-Pb geochronological data on zircons from the volcanic event which has covered the vegetated areas of the Paramillo Formation at the NE Uspallata region. This regional extended event preserved a fossiliferous record of relevance for the Triassic in SW Gondwana. A total of 57 zircons were analyzed by the U-Pb methodology (LA-ICP-MS). The data yielded ages between 252-227 Ma, recording a peak of *ca.* 240 Ma. Zircon ages were obtained at both, central sectors and on grains borders. The morphological studies record euhedral crystals, with well-developed crystalline faces, zonations and sizes ranging between 250µm to 102µm. Among the main recognized types, short prismatic crystals were observed, identifying prisms with multifaceted development and others with simple crystalline and bipyramidal faces. The uniform U-Pb ages allow circumscribing the maximum sedimentation age of the sequence to around 240 Ma of the Middle Triassic (Ladinian) according to the Chronostratigraphic Chart of IUGS 2016. These data can be easily correlated to U-Pb zircon ages obtained by other authors for different depocenters within the Cuyana basin, which will allow more accurate calibrations of the stratigraphy of the Triassic sequences than the one based on paleofloristic biozones.

Keywords: Cuyana basin, Uspallata depocenter, Middle Triassic, zircon ages, correlations.

INTRODUCCIÓN

La localidad de Agua de la Zorra-Paramillos se ubica a unos 23 km al NE de Uspallata, sobre la antigua ruta 7 que une Uspallata con Mendoza, pasando por los Caracoles de Villavicencio. Este lugar está caracterizado por el desarrollo de una antigua minería de sulfuros desde mediados del siglo XVII y especialmente por los estudios realizados por Darwin (1846) quien describió una secuencia portadora de un bosque petrificado compuesto esencialmente por coníferas silicificadas y en posición de vida y que fueron asignadas al Terciario. Luego la zona fue estudiada por otros autores como Stappenbeck (1910), Windhausen (1941), Harrington (1941; 1971), Massabie (1986), Ramos y Kay (1991), Cortés *et al.* (1997), Brea *et al.* (2009), Poma *et al.* (2009) quienes incluyeron a estos asomos dentro del Triásico. El área

mencionada es parte de la cuenca extensional Cuyana, desarrollada aquí sobre el Grupo Choiyoi (Permo-Triásico) o se dispone tectónicamente sobre la Formación Villavicencio (Devónico Inferior), registrando tres secuencias depositacionales (Kokogian *et al.*, 1999) que caracterizan los estadios de la evolución de un *rift*. En parte con abundantes tobas y niveles piroclásticos cubiertos o intercalados por flujos de lavas basálticas alcalinas en la etapa de *synrift*. Las rocas piroclásticas/tobáceas están interstratificadas con bancos de origen fluvial compuestos por areniscas, conglomerados, pelitas y el registro de paleosuelos. La acción volcánica que ha dado origen al material piroclástico/tobáceo ha sido descrita como una erupción freatomagmática en ambiente continental (Poma *et al.*, 2009), sin descartarse la posible ocurrencia de material redepositado. Desde el punto de vista litoestratigráfico las unidades se conocen de base a techo como Formaciones Paramillo y Agua de la Zorra confor-

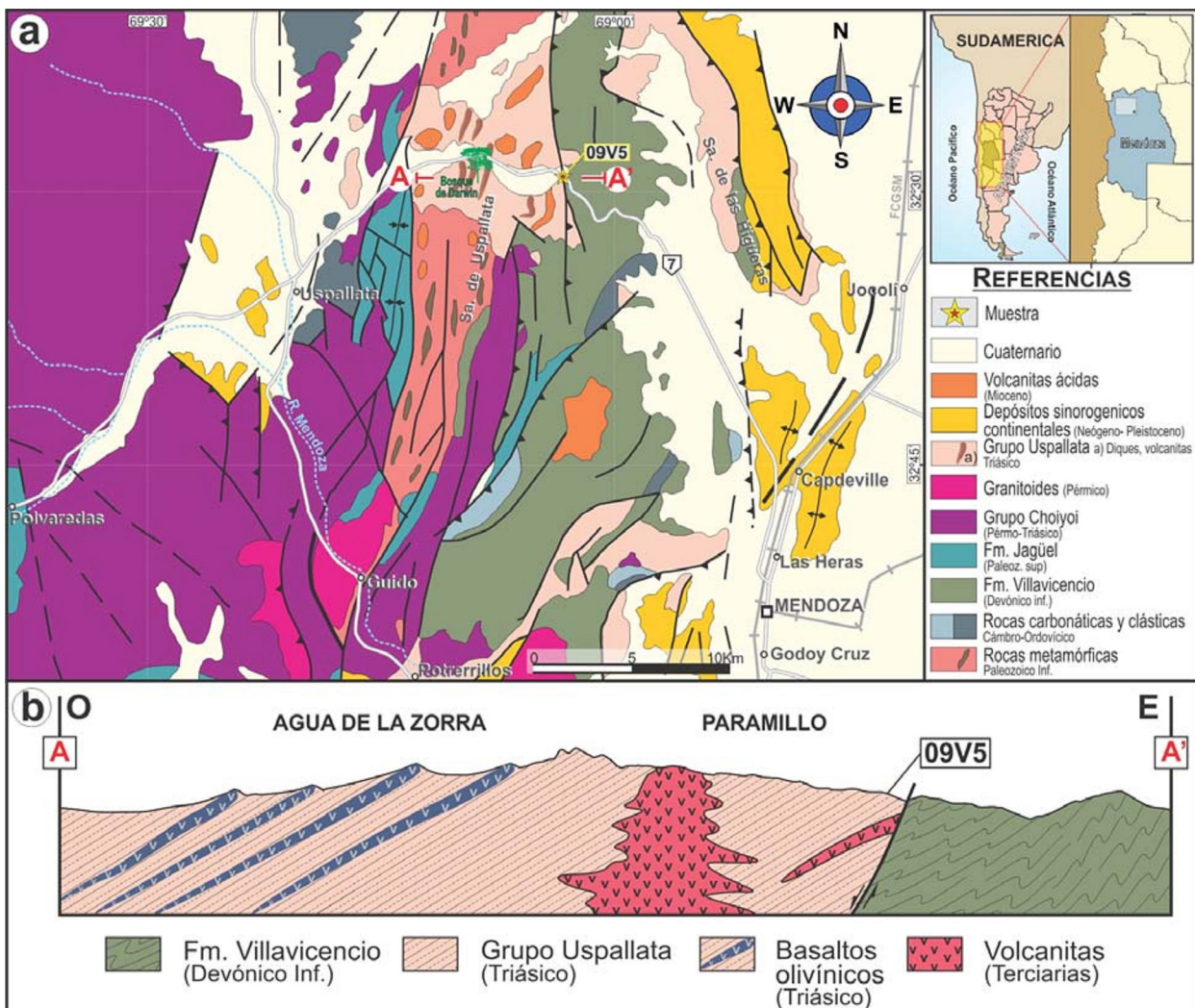


Figura 1. a) Ubicación de la zona de estudio y bosquejo geológico regional, con la posición de la muestra analizada. b) Perfil esquemático en el sector Agua de la Zorra-Paramillo. Basados en Harrington (1971) y Caminos *et al.* (1993).

mando el Grupo Uspallata (Brea *et al.*, 2009) que reemplaza al Grupo Cacheuta de Harrington (1971) integrado por cuatro formaciones.

El objetivo del trabajo es presentar los primeros datos geocronológicos U-Pb sobre circones de las rocas que corresponden al evento volcánico que ha cubierto las áreas vegetadas mencionadas, preservando un registro fosilífero de relevancia para el Triásico gondwánico (Du Toit, 1927; Morel *et al.*, 2003). Los datos isotópicos precisos obtenidos en circones, son útiles para discutir la correlación y origen de procesos volcanigénicos registrados en las cuencas triásicas precordilleranas (*e.g.* Ávila *et al.*, 2006; Spalletti *et al.*, 2008; Mancuso *et al.*, 2010; Barredo *et al.*, 2012).

GEOLOGÍA DEL ÁREA

El sector ubicado entre Agua de la Zorra y Paramillos de Uspallata (Harrington, 1971), está caracterizado por la presencia de la Formación Villavicencio del Devónico Inferior, el Grupo Choiyoi (Permo-Triásico) y superpuesto en relación discordante o tectónica las unidades del Triásico. Estas se caracterizan porque en varios sectores se encuentran intruídas por rocas andesíticas terciarias que habrían dado origen al yacimiento 'Paramillo de Uspallata' de características hidrotermales (Fig. 1 a, b). De acuerdo a Harrington (1971), el Grupo 'Cacheuta' tiene en su base a la Formación Paramillo de 1000 m de espesor, originada en sistemas fluviales sinuosos, compuesta por areniscas líticas, pelitas, con material tobáceo. Esta unidad es la portadora de la rica flora registrada en diversos niveles por Brea *et al.* (2008). La Formación Agua de la Zorra que se le superpone con 350 m de potencia, está dominada por pelitas bituminosas, margas y areniscas de grano fino. En esta se encuentran intercalados basaltos olivínicos (Harrington, 1971)

con edades K-Ar de 235 ± 3 Ma (Massabie, 1986; Ramos y Kay, 1991; Ramos, 1993). Continúa la Formación Portezuelo Bayo con areniscas tobáceas bien estratificadas y en la parte superior del Grupo la Formación Los Colorados de unos 250 m de espesor, compuesta por areniscas moradas, estratificadas en bancos delgados con intercalaciones de conglomerados. La Formación Paramillo ha sido correlacionada con la parte inferior de la Formación Potrerillos (Spalletti *et al.*, 1999; Morel *et al.*, 2003) de la cuenca de Potrerillos-Cacheuta sobre la base de las biozonas y condiciones estratigráficas del relleno de la cuenca. La secuencia triásica descrita se encuentra suavemente plegada, con inclinación general de las capas hacia el Oeste con $10-25^\circ$. Además de las plantas ya mencionadas de la 'flora de *Dicroidium*' se han registrado escamas de peces y filópodos que posibilitan su comparación bioestratigráfica con el depocentro de Potrerillos-Cacheuta.

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

La muestra analizada en corte delgado registra la presencia de numerosos restos fósiles (valvas fracturadas) de composición carbonática, plagioclasa detrítica alterada, cuarzo anhedral, litoclastos volcánicos y ferromagnesianos muy alterados a clorita y calcita, todo en una mesostasis vítrea también alterada. Se han registrado trizas de vidrio volcánico, en parte vacuolares, como las que se observan en la Figura 2a, b. La composición de los cristales presentes indicaría una composición fenodacítica conformando una roca con escaso o nulo transporte.

RESULTADOS U-PB (LA-ICP-MS)

La muestra estudiada (09V5) proviene de los niveles inferiores de la Formación Paramillo localizada en el

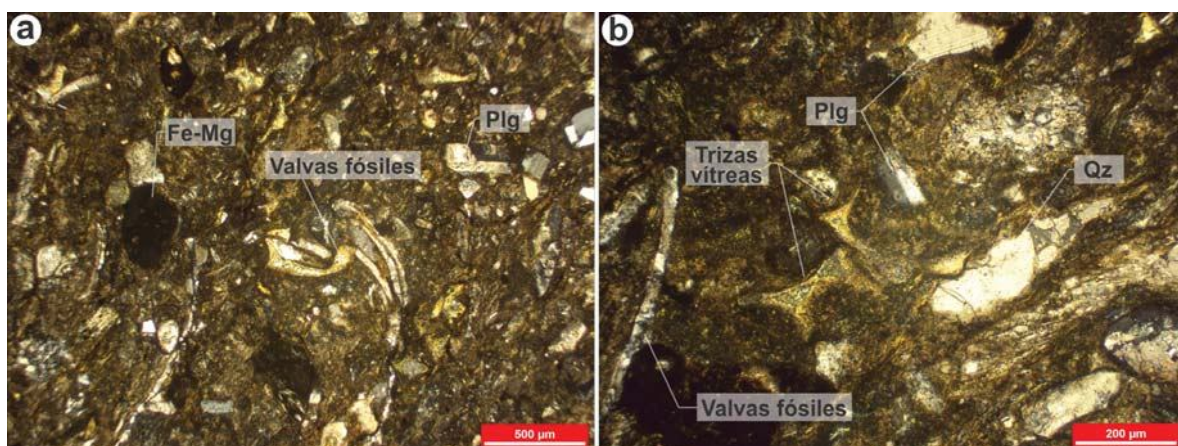


Figura 2. Microfotografías de la muestra 09V5 de la Formación Paramillo. (Qz: Cuarzo, Plg: Plagioclasa, Fe-Mg: Ferromagnesianos).

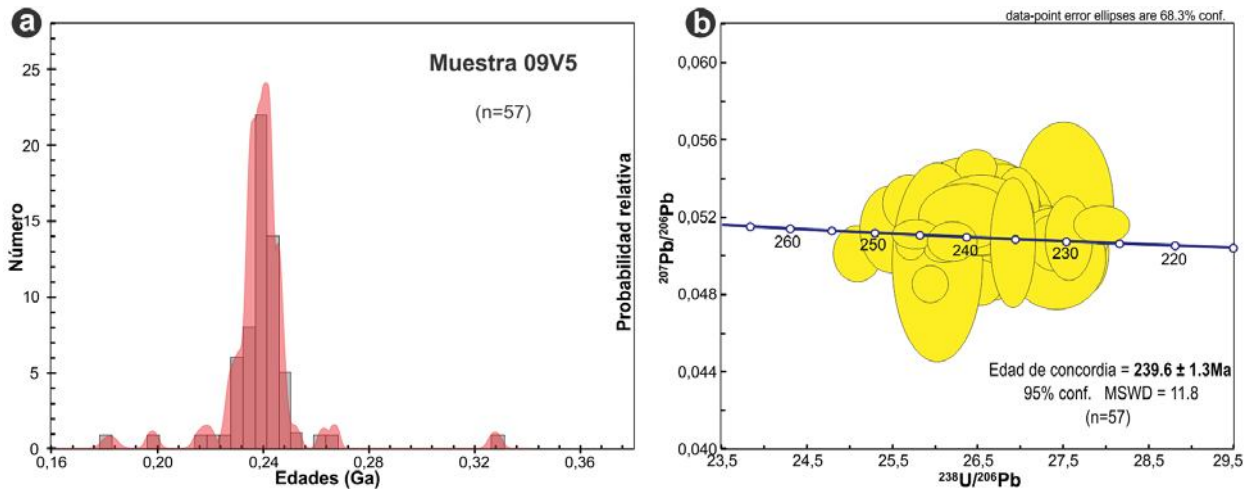


Figura 3. a) Gráfico de probabilidad relativa con las edades U-Pb en circones para la muestra 09V5 de la Formación Paramillo. b) Curva de tipo Tera-Wasserburg con detalle para el intervalo entre 220-260 Ma.

sector oriental del conjunto triásico (GPS: 32° 29' 43.2"S-69° 03' 18.8"W; Fig. 1) cercano al contacto por falla con la Formación Villavicencio. Un total de 57 circones, fueron analizados por la metodología U-Pb LA-ICP-MS (CPGeo, Universidade de São Paulo, Brasil). Los mismos arrojaron edades comprendidas entre 252-227 Ma, registrando un pico máximo de frecuencia de *ca.* 240 Ma. Las edades fueron obtenidas tanto en sectores centrales como en los bordes de los circones. Las mismas se resumen en el histograma de frecuencias y en el diagrama de concordia Tera-Wasserburg con los errores analíticos (2 sigma) (Fig. 3a y b).

LA MORFOLOGÍA DE CIRCONES

Los circones analizados corresponden en general a cristales euhedrales, con caras cristalinas bien desarrolladas, zonaciones bien marcadas y tamaños variables entre 250µm a 102µm, medidos a partir de su eje mayor. Entre las principales morfologías reconocidas se presentan cristales prismáticos cortos, identificándose prismas con desarrollo multifacetado y otros con caras cristalinas simples y bipiramidales. Las formas prismáticas alargadas hasta aciculares se encuentran frecuentemente fracturadas, con facetas simples y caras bipiramidales. Algunos pocos granos tienen bordes corroídos, inclusiones y crecimientos secundarios a partir de núcleos probablemente más antiguos (Fig. 4).

CONCLUSIONES

Se confirma que los niveles de la Formación Paramillo estudiados representan una secuencia constituida por componentes clásticos con aporte piroclástico de naturaleza tobácea, depositada rápidamente lo que posibilitó la preservación de flora y fauna continental triásica. Esta

particularidad queda en evidencia a partir de las trizas vítreas reconocidas en las secciones delgadas, como así también, por las morfologías de los circones analizados que dan cuenta de la importante participación de componentes volcanigénicos en la unidad.

Por otro lado, el registro unimodal de edades U-Pb obtenidas a partir de los circones derivados de estos niveles, permite circunscribir la edad máxima de sedimentación de la secuencia en torno a los 240 Ma referible al Triásico Medio (Ladiniano) según la Escala Cronoestratigráfica de la IUGS 2016.

Es evidente la posibilidad de correlación con los datos U-Pb en circones obtenidos por otros autores para las zonas de: Cerro Puntudo (243,8±1,9 Ma, Mancuso *et al.*, 2010), Rincón Blanco (230,3±1,5 a 246,4±1,1 Ma, Barredo *et al.*, 2012), Potrerillos (239,7±2,2 a 230,3±2,3 Ma, Spalletti *et al.*, 2008), Cacheuta (243±4,7, Ávila *et al.*, 2006; Spalletti *et al.*, 2008) y dataciones K-Ar roca total en diques de Agua de la Zorra (240±10 y 235±10 Ma, Massabie, 1986; Linares, 2007; Ottone *et al.*, 2011) que van a permitir mejorar las calibraciones temporales de la estratigrafía de la cuenca Cuyana basada en biozonas. Asimismo, se reafirma el concepto sugerido por Barredo *et al.* (2012), el cual reconoce que los distintos depocentros albergan secuencias referidas al Mesotriásico.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos de campo fueron financiados parcialmente por CONICET (PIP 199) y UNLP Proyecto 11/704. Los datos isotópicos fueron posibles por el convenio de cooperación FAPESP-CONICET. Agradecemos al Dr. Eduardo J. Llambías por los comentarios y descripción petrográfica, a los Dres. Víctor Ramos y Eduardo Morel por las sugerencias y al Dr. Héctor Ostera por aportar los datos originales K-Ar de INGEIS. A la

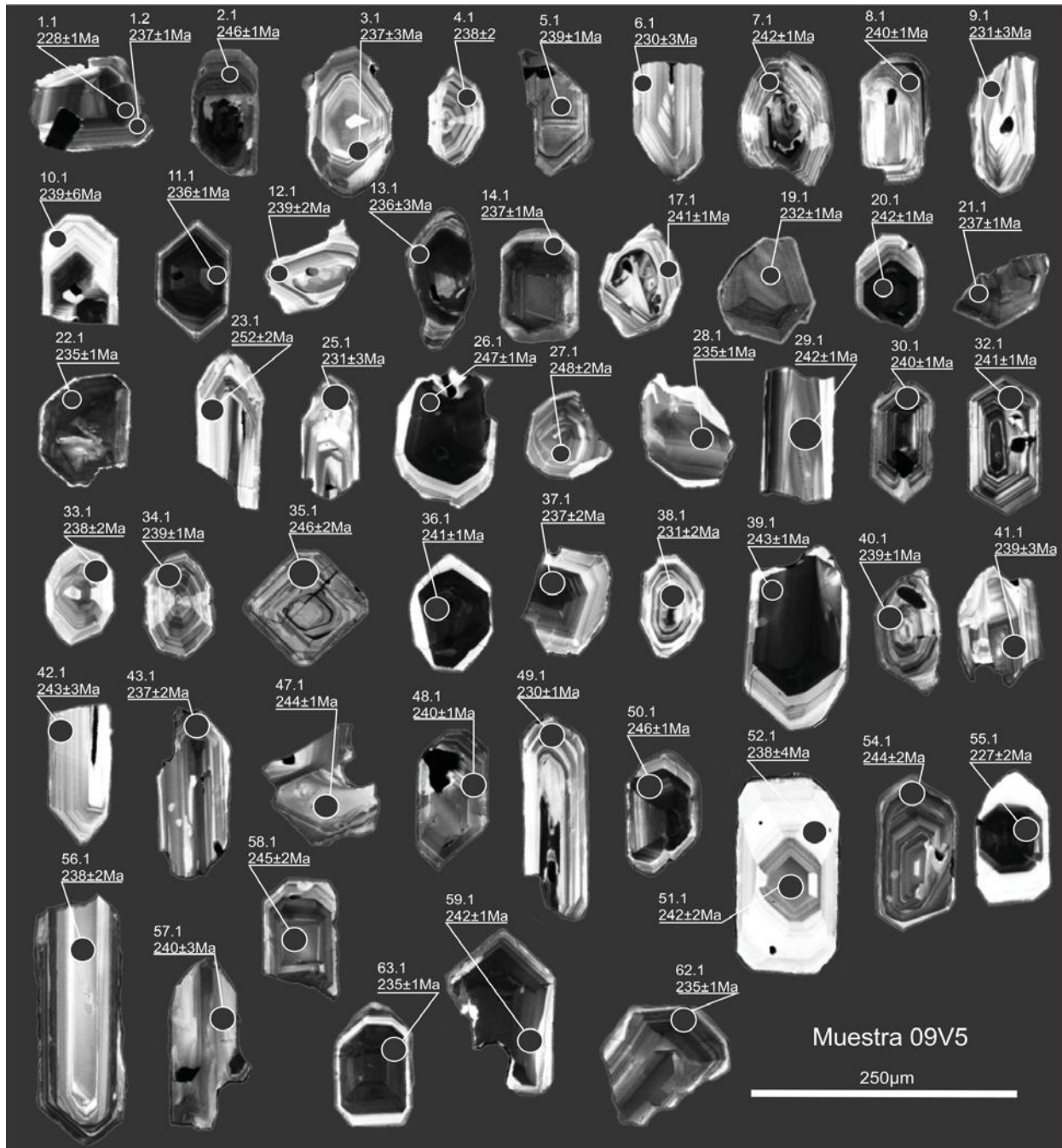


Figura 4. Imágenes de catodoluminiscencia (CPGeo, USP, Brasil) de los circones analizados indicando el punto de datación con el registro obtenido.



Dra. Silvia Barredo y a los organizadores del Simposio de Geocronología, agradecemos la detallada corrección que ha permitido mejorar el artículo.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ávila, J.N., Chemale Jr. F., Mallmann, G., Kawashita, K. y Armstrong, R.A. 2006. Combined stratigraphic and isotopic studies of Triassic strata, Cuyo Basin, Argentine Precordillera. *Geological Society of America Bulletin*, 118:1088-1098.
- Barredo, S., Chemale Jr., F., Ávila, J.N., Marsicano, C., Ottone, E.G. y Ramos, V.A. 2012. Tectono-sequence stratigraphy and U-Pb zircon ages of the Rincon on Blanco deponenter, northern Cuyo rift, Argentina. *Gondwana Research*. 21: 624-636.
- Brea, M., Artabe, A.E. y Spalletti, L.A. 2009. Darwin Forest at Agua de la Zorra: the first *in situ* forest discovered in South America by Darwin in 1835. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64: 21-31.
- Caminos, R., Nullo, F.E., Panza, J.L. y Ramos V.A. 1993. Mapa geológico de la provincia de Mendoza. Escala 1:500.000. Secretaría de Minería de la Nación. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Buenos Aires, Argentina.
- Cortés, J.M., González Bonorino, G. y Koukharsky, M.L. 1997. Hoja Geológica 3369-09 Uspallata. Provincia de Mendoza. República Argentina. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina 1:100.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 281, 160 p. Inédito.
- Du Toit, A.L. 1927. A geological comparison of South America with South Africa. *Carnegie Institution Publication* 381, 158 p.
- Harrington, H.J. 1941. Investigaciones geológicas en las Sierras de Villavicencio y Mal País, provincia de Mendoza. Dirección de Minas y Geología, Boletín 49:1-54.
- Harrington, H.J. 1971. Descripción Geológica de la Hoja 22c, "Ramblón" provincia de Mendoza y San Juan. Carta Geológico-Económica de la República Argentina. Escala 1: 200.000. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 114: 1- 87.
- Linares, E. 2007. Catálogo de edades radimétricas de la República Argentina años 1957-2005. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, p. 11. Serie "F" (Publicaciones en CD) 2, CD.
- Mancuso, A.C., Chemale Jr., F., Barredo, S., Ávila, J.N., Ottone, E.G. y Marsicano, C., 2010 Age constraints for the northernmost outcrops of the Triassic Cuyana Basin, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 30 (2):97-101.
- Massabie, A.H. 1986. Filón Capa Paramillo de Uspallata, su caracterización geológica y edad, Paramillo de Uspallata, Mendoza. Primeras Jornadas sobre Geología de la Precordillera (San Juan, 1985), Actas 1: 325-330.
- Morel, E.M., Artabe, A. y Spalletti, L.A. 2003. The Triassic floras of Argentina: biostratigraphy, floristic events and comparison with other areas of Gondwana and Laurasia. *Alcheringa* 27:231-243.
- Ottone, E.G., Avellaneda, D. y Koukharsky, M. 2011. Plantas triásicas y su relación con el volcanismo en la Formación Agua de la Zorra, provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana* 48:177-188.
- Poma, S., Litvak, V.D., Koukharsky, M., Maisonnave, E.B. y Quenardelle, S. 2009. Darwin's observation in South America: what did he find at Agua de la Zorra, Mendoza province? *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64: 13-20.
- Ramos, V.A. 1993. El magmatismo Triásico-Jurásico de intraplaca. En V.A. Ramos (Ed.) *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*, Relatorio. XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza, 1993). I (8):79-86.
- Ramos, V.A. y Kay, S.M. 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, central Argentina. En: R.S. Harmon y C.W. Rapela (Eds.), *Andean magmatism and its tectonic setting*. *Geological Society of America Special Paper* 265:79-91.
- Stappenbeck, R. 1910. La Precordillera de San Juan y Mendoza. *Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería* 4: 1-187.
- Spalletti, L.A., Artabe, A.E., Morel, E.M. y Brea, M. 1999. Biozonación paleoflorística y cronoestratigrafía del Triásico Argentino. *Ameghiniana* 36: 419- 451.
- Spalletti, L.A., Fanning, C.M. y Rapela, C.W. 2008. Dating the Triassic continental rift in the Southern Andes: the Potrerillos Formation, Cuyo Basin, Argentina. *Geologica Acta*, 6(3):287-283.
- Windhausen, H. 1941. El "Rético" del Paramillo de Uspallata (Mendoza). Tesis Doctoral 28. Universidad Nacional de La Plata, 72 p. Inédita.