

CONTENIDOS DEL MATERIAL SUPLEMENTARIO

Material Suplementario A: Metodología de dataciones y tabla de resultados con ubicación de muestras

Material Suplementario B: Información analítica, resultados crudos (*raw data*) y gráficos de muestra M-197 de Formación Leticia

Material Suplementario C: Información analítica y resultados crudos (*raw data*) y gráficos de muestra 311 de Formación San Pablo

Material Suplementario D: Información analítica y resultados crudos (*raw data*) y gráficos de muestra 865-3 de Formación Viamonte

MATERIAL SUPLEMENTARIO A

Metodología de dataciones realizadas en circones detríticos

Se dataron 3 muestras de areniscas (Tabla 1), de 2 kg cada una, en el laboratorio LaTeAndes (Salta, Argentina). Los concentrados de circón fueron obtenidos utilizando técnicas gravimétricas, magnéticas y ópticas tradicionales. A partir de esos concentrados se seleccionaron circones por separación manual (*hand picking*) bajo lupa binocular con un aumento de 15x. Los circones seleccionados fueron montados en teflón PFA en una probeta cuadrada de 1 cm de lado, o bien en resina Epoxy en una probeta de 25 mm de diámetro. Posteriormente la probeta fue pulida a espejo mediante desbaste y pulido con pastas diamantadas.

Para la muestra 865-3 (Tabla 1) los análisis de U-Pb fueron llevados a cabo en el Centro de Geocronología de Londres, a cargo del Dr. Pieter Vermeesch. Los análisis fueron realizados mediante LA-ICP-MS (Laser Ablation - Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), con un haz de láser de aproximadamente 30 μm x 10 μm . Los granos sobre los que se midió se seleccionaron evitando en lo posible inclusiones o fracturas. Las mediciones incluyen en general un *spot* por circón analizado.

Los análisis fueron realizados mediante un sistema de ablación láser New Wave NWR 193nm acoplado a un ICP-MS Agilent 7700 cuadrupolo. Los datos en tiempo real se procesan utilizando GLITTER contra la medición reiterada de circones estándares para corregir el sesgo del instrumento por masa y fraccionamiento isotópico. En cada medición de muestras se incluyeron las muestras a medir de edad desconocida, circón estándar de Plesovice con relaciones de $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ conocidas (337 Ma, Slama et al. 2008), circón estándar GJ-1 de edad U-Pb conocida (602 Ma, Horstwood et al. 2016) y vidrio NIST SRM612 (de relaciones $^{238}\text{U}/^{29}\text{Si}$ and $^{232}\text{Th}/^{29}\text{Si}$ conocidas).

El procesamiento y reducción de datos fue llevado a cabo utilizando el método de *bracketing* (Albarede et al., 2004), utilizando los patrones standard GJ-1 y NIST para controlar el fraccionamiento isotópico.

Para las muestras M-197 y 311 los análisis de U/Pb fueron llevados a cabo en instalaciones de La.Te.Andes con una combinación instrumental de LA-ICP-MS utilizando un láser de ablación RESolution 193 nm fabricado por Australian Scientific Instruments y un ICP-MS triple cuadrupolo modelo 8900 fabricado por Agilent Technologies. El diámetro de spot vario entre 20 y 30 μm de acuerdo al tamaño y la homogeneidad de los circones. Las concentraciones

elementales se obtienen considerando el vidrio NIST 610 como material de referencia (RM) primario y NIST 612 como RM secundario (Jochum et al. 2011). Las edades U/Pb se calculan a partir de las relaciones isotópicas empleando circón 91500 como material de referencia (Wiedenbeck et al. 2004) y mediciones repetidas sobre circón Plesovice (edad TIMS de referencia 337.13 +/- 0.37 Ma; Slama et al., 2008) como testigo. Una secuencia analítica típica, consiste en 100-150 granos de una muestra, al comienzo y al final de cada muestra tres mediciones de vidrio NIST SRM 612 y 610, tres de 91500 y dos de Plesovice, con un punto de análisis de Plesovice y uno de 91500 después de cada 20-30 análisis. La precisión de los resultados, se confirma a través de la obtención de la edad $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ media ponderada del testigo (Plesovice). La secuencia analítica comprendió 25 segundos de mediciones de fondo (sin ablación), seguidas de 25 segundos de ablación y 10 segundos de lavado (láser apagado). Para las concentraciones elementales se monitorearon las masas indicadas en las planillas adjuntas (Material Suplementario B y C). Para la reducción de los datos se utilizó el Software LADR 1.1.0.7 (Norris y Danyushevsky, 2018).

El procesamiento posterior de datos de todas las muestras se realizó con IsoplotR (Vermeesch, 2018), versión 5.0.

Métodos de determinación de edades

Las edades máximas de deposición para cada muestra se determinaron utilizando tres métodos diferentes de acuerdo a los resultados de cada muestra:

Y3Go: Media ponderada de los tres circones más jóvenes cuyas edades se solapan considerando incertidumbres de 2 sigma (Copeland, 2020).

Relative Probability Peak: Edad del pico más joven del gráfico de probabilidad relativa o de densidad de probabilidad.

YC1 σ : Media ponderada del cluster más joven de dos o más granos cuyas edades se solapan considerando incertidumbres de 1 sigma (Copeland, 2020). Se usó solamente en la muestra 865-3 en la cual no se pudo determinar una edad Y3Go con los circones más jóvenes.

Resultados

Se presenta una tabla con los resultados sintéticos de cada muestra, así como su ubicación. Los datos crudos y gráficos de cada muestra están incluidos en el Material Suplementario B a D.

Tabla 1: Muestras estudiadas y edades máximas de deposición obtenidas

Muestra	Formación	Coordenadas (WGS1984)	Edad Y3Go (Ma $\pm 2\sigma$)	Edad Relative Prob. Peak (Ma)	Edad YC1 σ (Ma $\pm 2\sigma$)
M-197	Leticia	54°28'46,5"S 66°25'37,3"O	37.2 $\pm$ 0.9	~39	-
311	San Pablo	54°10'56,2"S 66°57'15,3"O	20.6 $\pm$ 1.0	~22	-
865-3	Viamonte	54°01'37,3"S 67°20'21,1"O	-	~21	21.2 $\pm$ 0,8

Referencias

- Albarede, F., Telouk, P., Blichert-Toft, J., Boyet, M., Agranier A. y Nelson, B. 2004. Precise and accurate isotopic measurements using multiple-collector ICPMS. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68(12), 2725–2744. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2003.11.024>.
- Copeland, P. 2020. On the use of geochronology of detrital grains in determining the time of deposition of clastic sedimentary strata. *Basin Research* n/a. 10.1111/bre.12441.
- Horstwood, M.S.A., Košler, J., Gehrels, G., Jackson, S.E., McLean, N.M., Paton, C., Pearson, N.J., Sircombe, K., Sylvester, P., Vermeesch, P., Bowring, J.F., Condon, D.J. y Schoene, B. 2016. Community-Derived Standards for LA-ICP-MS U-(Th-)Pb Geochronology – Uncertainty Propagation, Age Interpretation and Data Reporting. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 40, 311-332. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2016.00379.x>.
- Jochum, K.P., Weis, U., Stoll, B., Kuzmin, D., Yang, Q., Raczek, I., Jacob, D.E., Stracke, A., Birbaum, K., Frick, D.A., Günther, D. y Enzweiler, J. 2011. Determination of Reference Values for NIST SRM 610–617 Glasses Following ISO Guidelines. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 35, 397-429. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2011.00120.x>.
- Norris A., Danyushevsky L. 2018. Towards Estimating the Complete Uncertainty Budget of Quantified Results Measured by LA-ICP-MS, *Goldschmidt*, Boston, 2018-08-12.
- Sláma, J., Košler, J., Condon, D.J., Crowley, J.L., Gerdes, A., Hanchar, J.M., Horstwood, M.S.A., Morris, G.A., Nasdala, L., Norberg, N., Schaltegger, U., Schoene, B., Tubrett, M.N., Whitehouse, M.J. 2008. Plesovice zircon – A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, 249 (1-2), 1-35, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2007.11.005>.
- Vermeesch, P. 2018, Isoplot R: a free and open toolbox for geochronology. *Geoscience Frontiers*, 9, 1479-1793. doi:10.1016/j.gsf.2018.04.001.
- Wiedenbeck, M., Hanchar, J.M., Peck, W.H., Sylvester, P., Valley, J., Whitehouse, M., Kronz, A., Morishita, Y., Nasdala, L., Fiebig, J., Franchi, I., Girard, J.P., Greenwood, R.C., Hinton, R., Kita, N., Mason, P.R.D., Norman, M., Ogasawara, M., Piccoli, P.M., Rhede, D., Satoh, H., Schulz-Dobrick, B., Skår, O., Spicuzza, M., Terada, K., Tindle, A., Togashi, S., Vennemann, T., Xie, Q. y Zheng, Y.F. 2004. Further Characterisation of the 91500 Zircon Crystal. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 28, 9-39. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2004.tb01041.x>.