# Dataciones U-Th-Pb en zircones detríticos de la Formación Venado (Mioceno Superior), Costa Rica

Dirección de Geología y Minas Apdo. 10104 San José Costa Rica Martín Rojas<sup>1\*</sup>, Sofia Huapaya<sup>1</sup>, Luigi Solari<sup>2</sup>, Evelyn Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dirección de Geología y Minas, San Francisco de Guadalupe, San José, Costa Rica <sup>2</sup>Centro de Geociencias, Laboratorio de Estudios Isotópicos, UNAM, México



#### Introducción

La cuenca de San Carlos es una cuenca extensional intraarco localizada en el noroeste de Costa Rica (Figura 1), constituida por un basamento de rocas ígneas y ultramáficas de edad Jurásico - Cretácico y una cobertura sedimentaria sin-rift del Paleógeno - Neógeno Superior y sin-orogénica del Plioceno al Reciente. La colmatación de la cuenca se relaciona con un sistema deltaico del Mioceno (Formación Venado) cuya edad de sedimentación volcanogénica en este sector de la cuenca, ha sido sugerida mediante biocronología en el Mioceno Superior (p.ej. Sen Gupta et al, 1986).

Durante la cartografía geológica realizada por la Dirección de Geología y Minas, en un sector de la margen sur de la cuenca de SanCarlos (10°30' – 10°48'), se realiza también un muestreo en sedimentos volcanogénicos con el objetivo de datar zircones detríticos. No existe hasta el momento dataciones absolutas y análisis de procedencia en los sedimentos del Mioceno o más antiguos de la cuenca. Los análisis de edad U-Pb en zircones detríticos, así como su posible origen y procedencia aportan nueva información sobre la historia geológica y tectónica en este sector de América Central. La investigación proporciona nueva información sobre la edad máxima de sedimentación volcanogénica en este sector de la cuenca de San Carlos basado en dataciones absolutas de zircones detríticos. También permite obtener nueva información sobre el origen y procedencia de sedimentos volcanogénicos en esta área de América Central.

# Metodología

Se muestrearon siete sitios de interés con el objetivo de separar zircones detríticos, de los cuales cinco resultaron aptos para la separación de zircones (My475, My611, P1s, T1s y T2i) (Figura 2). Se logró separar en cinco muestras 365 granos de zircón con formas prismáticas bipiramidales y ovaladas, con zoneamiento oscilatorio, concéntrico y sectorial. Las muestras fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de Estudios Isotópicos de la UNAM. El procedimiento de preparación y análisis de las muestras se realizó según la metodología analítica del Laboratorio de Estudios Isotópicos de la UNAM (Solari et al., 2018). Los análisis de zircones en catodoluminiscencia y en imágenes de luz reflejada y transmitida, permiten caracterizar la morfología y estructura interna de los zircones para el sentido de la interpretación de los datos analíticos. El análisis isotópico U-Pb se realiza utilizando la técnica estándar de ablación láser (LA-ICP-MS).





Figura 1: Ubicación del área de estudio (A) y contexto geotéctonico de la cuenca de San Carlos (B), según Brandes et al., 2009.



San Carlos (Figrura 1 para ubicación)

#### Geocronología U-Pb de los zircones

El grupo de zircones más jóvenes concordantes se obtienen de la muestra My611 (30 zircones) (Figura 3), con una edad promedio de 6,89  $\pm$  0,19 Ma, indicando la edad máxima de sedimentación en el Mioceno Superior Terminal. En la muestra My475, el grupo de zircones más jóvenes concordantes (5 zircones) (Figura 4), aportan una edad promedio de 8,24  $\pm$  0,69 Ma y en el nivel superior del pozo Pataste (P1s, 6 zircones) de 10,63  $\pm$  0,28 Ma (Figura 5). Estas edades restringen la edad máxima de depositación de la Formación Venado en este sector de la cuenca al Mioceno Superior en concordancia con datos previos sobre la edad estratigráfica establecida para estos sedimentos del Tortoniense – Messiniense, basado en biocronología de ostrácodo y datación radiométrica K/Ar de una traquiandesita que sobreyace estos sedimentos (Sen Gupta et al, 1986). Estos datos aportan nueva información sobre la procedencia de zircones producto de un arco volcánico activo durante el Mioceno Superior, con zoneamientos oscilatorios y a veces concéntricos de origen magmático. En las muestras T1s y T2i del pozo Tonjibe las edades de zircones más jóvenes ponderan los 9,0  $\pm$  0,54 Ma y 15,51  $\pm$  0,86 Ma respectivamente (Tabla 1). El grupo de zircones más jóvenes del Cenozoico en la muesta T1s representan la edad de los sedimentos más recientes. Según los resultados de los análisis de las muestras en los niveles inferiores de los pozos Pataste y Tonjibe, el aporte de zircones detríticos se restringe a la sedimentación del Mioceno.

La presencia de zircones magmáticos no heredados en la muestra T2i cuya edad de concordia es 15,5 ± 0,86 Ma (9 zircones) (Tabla 1), se interpreta como la edad de cristalización del evento magmático, vulcanismo determinado también durante la cartografía geológica del área de estudio; geoquímica y petrográficamente constituido por dacitas, traquiandesitas basálticas, andesitas y basaltos, evidenciando la actividad magmática dentro de la cuenca durante del Mioceno Medio – Superior.

### Geoquímica

La mayor parte de los zircones tienen patrones similares de REE normalizado a Condrita (Boynton, 1984) (Figura 6), mostrando





un enriquecimiento en tierras raras pesadas (HREE) y empobrecimiento en tierras raras ligeras (LREE), con anomalía positiva de Ce y anomalías negativas en Pr y Eu. La tendencia a la anomalía positiva en Ce y negativa en Eu en la mayoría de los zircones analizados podría indicar un origen magmático, donde el volcanismo del Mioceno determinado en el área de estudio, ha sido en parte determinante en el aporte volcaniclástico del arco volcánico activo, evidente con la presencia de una fuente de zircones muy representativa del Mioceno. Aunque la geoquímica de elementos traza y tierras raras no es un discriminante determinante en el caso de zircones, a menos que esté asociado a metamorfismo de alto grado con granate, sugiere un decrecimiento en elementos incompatibles en las diferentes generaciones de zircones (pendientes ligeramente positivas en los diagramas REE/Condritas), para el caso de los zircones Mesozoicos podría estar relacionado con fuentes del metamorfismo HP-LT asociado con granate presentes en el Melánge de Siuna del MCOT (Flores et al., 2015), o bien con los fragmentos de corteza continental metamórfica del Paleozoico y Proterozoico del bloque Chortis.

Figura 4. (A) My475 [10° 31' 43,67"; 84° 45' 29,92"]; (B), (C) y (D) microfotografías en NC40x de una arenita lítico cristalina feldespática con microfósiles de diatomeas, foraminíferos y equinodermo; E) Imagen de catodoluminiscencia de los 60 circones selecionados para el análisis isotópico de fechamiento U-Th-Pb; F) Diagrama de concordia y medias ponderadas (Vermeesch, 2018) de los circones analizados; G) Diagrama radial mostrando la distribución de las edades estimadas; H) Estimación de densidad Kernel (KDE) y frecuencia; I) Media ponderada del grupo de zircones más jóvenes concordantes.

## Análisis de procedencia

Terrenos tectónicos de corteza continental metamórfica (cinturón grenvilliano de Norteamérica), de edad Precámbrica y Paleozoica – Triásica asociados al bloque Chortis, han sido reconocidos en el norte de América Central. Por otro lado, el bloque Chortis s.str., se ha caracterizado como un basamento continental de edad Paleozoica, restringido al norte de Nicaragua, Honduras y sureste de Guatemala. Baumgartner et al. (2008) le asocian un origen oceánico a la parte sur del bloque Chortis de edad Mesozoica, que denominan como Terreno Oceánico Compuesto Mesquito (MCOT), constituyendo la mayor parte del basamento de Nicaragua y norte de Costa Rica. Este contiene los Mélange de Siuma (NE-Nicaragua) y El Castillo (Nicaragua/Costa Rica) y el ultramáfico de Santa Elena (N-Costa Rica). Los tres sitios contienen rocas máficas y ultramáficas y radiolaritas con edades dependiendo del sitio del Triásico Tardío, Jurásico y Cretácico Temprano. El primero asocia exhumación de metamorfismo máfico durante el Cretácico Temprano; el segundo, bloques de radiolarita tectónicamente incorporados en serpentinitas con edad Triásico Tardío (Rhaetian), los fósiles de radiolarios más antiguos hasta el momento recuperados en el sur de América Central; el tercero contiene bloques de radiolarita altamente deformados de edad Jurásico Inferior - Superior probablemente retrabajados del MCOT. Los mismos autores proponen que las radiolaritas del Jurásico y también del Cretácico Inferior del Complejo de Nicoya fueron primeramente acrecionadas al MCOT y posteriormente retrabajadas dentro de lo que denominan Nicoya Plateau durante el Cretácico Tardío en el extremo sur del MCOT. No se conoce hasta el momento desde el sur de América Central, entre el sureste de Nicoya en Costa Rica y Colombia, la presencia de radiolaritas de edad Jurásica y de sedimentos más antiguos que Coniaciense -Santoniense, así como edades mayores a 95 Ma 40Ar / 39Ar (Baumgartner et al., 2008). La presencia de zircones detríticos con edades del Proterozoico y Paleozoico en la cuenca de San Carlos en esta región de América Central, resulta de interés para evaluar su posible origen y procedencia, como evidencia de la presencia de estos fragmentos de corteza continental Precámbrica y Paleozoica posiblemente exhumados y erosionados o rocas sedimentarias que han sido retrabajadas y resedimentadas a lo largo de una cuenca extensa del norte de Nicaragua hasta norte de Costa Rica durante el Mioceno. Se establece que lo más probable es que el aporte de estos zircones heredados provenga del norte de América Central.

#### Conclusiones

Integrando el total de zircones detríticos analizados en los sedimentos del Mioceno (Formación Venado), se presenta una amplia distribución de edades y generación de zircones de diferente origen, siendo la más representativa los del Cenozoico (79%) y en menor proporción Mesozoico (10%), Paleozoico (3%) y Proterozoico (8%) (Tabla 1). Es claro el aporte de granos de zircón heredados, donde formas redondeadas pueden indicar origen metamórfico o bien sedimentario (reciclados), los cristales prismáticos bipiramidales con zoneamiento oscilatorio de posible origen magmático y los xenocristales de origen metamórfico. La población del Mioceno es la más representativa, con la edad máxima de sedimentación de 6,89 ± 0,19 Ma, en concordancia con la edad de la última sedimentación sugerida para estos sedimentos (Formación Venado). Zircones con edades del Paleozoico y Proterozoico son un aporte nuevo sobre el origen y procedencia de sedimentos en este sector de América Central, lo cual podría estar relacionado a varios orígenes, entre ellos con terrenos de corteza continental del Precámbrico incorporados y exhumados en el bloque Chorotega (Patuca y/o Mesquito), que posteriormente fueron cubiertos por el volcanismo del Mioceno Superior, Plioceno y Cuaternario, o bien transportados y reciclados del norte de Centroamérica (Complejo Yoro en Honduras o norte de Nicaragua).





Figura 5. P1s [Pozo Pataste (10° 36' 3,69"; 84° 42' 57,39"; 585 – 650 m]; A) Imagen de catodoluminiscencia de los 100 circones selecionados para el análisis isotópico de fechamiento U-Th-Pb; B) Estimación de densidad Kernel (KDE) y frecuencia; C) Diagrama radial mostrando la distribución de las edades estimadas; D) Media ponderada del grupo de zircones más jóvenes concordantes.

Tabla 1: Resumen estadístico geocronólogico (U-Pb) de zircones detríticos en los sedimentos del Mioceno de la Cuenca de San Carlos (Formación Venado)											
Sedimentos volcanogénicos	Referencia	Profundidad / elevación	Proterozoico		Paleozoico		Mesozoico		Cenozoico		
			Edades	n %	Edades	n %	Edades	n %	Edades	n %	Edad máxima
T1s (100 zircones)	Pozo Tonjibe	405 - 800 m	644; 1212; 1819; 1910 Ma	(n=4) <b>4%</b>			103,9; 107,3; 122,2 Ma	(n=3) <b>3%</b>	9 - 43,3 Ma	(n=87) <b>93%</b>	9,0 ± 0,54 Ma
T2i (35 zircones) Muestra ígnea	Pozo Tonjibe	1400 - 1900 m			264,9; 277 Ma	(n=2) 6%	101 Ma	(n=1) 3%	13,8 - 51,3 Ma	(n=31) <b>91%</b>	15,51 ± 0,86 Ma
P1s (100 zircones)	Pozo Pataste	585 - 650 m	921; 1003; 1174 Ma	(n=3) <b>3%</b>	348; 520 Ma	(n=2) <b>2%</b>	104,9; 107,6; 107,8; 111,1; 116; 119,7; 176,3 Ma	(n=7) <b>7%</b>	10,5 - 65,9 Ma	(n=88) <b>88%</b>	10,63 ± 0,28 Ma
My475 (60 zircones)	Muestra superficie	425 msnm	552,3; 865,5; 946 - 989,2; 1019,4 -1034; 1105 - 1114; 1185 - 1274 Ma	(n=18) <b>30%</b>	275,8 - 292,1; 521 - 536,5 Ma	(n=8) <b>14%</b>	68,9 - 117,5; 243 Ma	(n=19) <b>31%</b>	7,5 - 19,2 Ma	(n=15) <b>25%</b>	8,24 ± 0,69 Ma
My611 (70 zircones)	Muestra superficie	149 msnm	592; 596; 1101; 1331 Ma	(n=4) <b>6%</b>			71; 72,5; 191,5 Ma	(n=3) <b>4%</b>	5,8 - 15,2 Ma	(n=62) <b>90%</b>	6,89 ± 0,19 Ma
Total de zircones			Total zircones%		Total zircones%		Total zircones%		Total zircones%		
(365)			8%		3%		10%		79%		

#### Referencias

- 1. Baumgartner, P., Flores, K., Bandini, A.N., Girault, F. & Cruz, D., 2008: Upper Triassic to Crretaceous radiolaria from Nicaragua and northern Costa Rica The Mesquito Composite Oceanic Terrane. Ofioliti, 33 (1), 1-19.
- 2. Brandes, C., Astorga, A. & Winsemann, J., 2009: The Moín High, East Costa Rica: Seamonut, laccolith or contractional structure? Journal of South American Earth Sciences: 28, 1-13.
- Flores, K., Skora, S., Martin, C., Horlow, G.E., Rodríguez, D. & Baumgartner, P.O., 2015: Metamorphic history of riebeckite and aegirine-augite-bearing high-pressure-low-temperature blocks within the Siuna Serpentine Mélange, northeastern Nicaragua. International Geology Review, vol. 57 (5-8), 943-977, http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2015.1027747.
- 4. Sen Gupta k., Malavassi, L. R. & Malavassi, E., 1986: Late Miocene shore in northern Costa Roca: Benthic foraminiferal record. Geology, v. 14, p. 218 220.
- 5. Solari, L., 2018: Informe de fechamientos por U-Pb en zircones. Universidad Autónoma de México, Centro de geociencias, Laboratorio de Estudios Isotópicos, 15 p.



Figura 6: Diagramas multielementos normalizado a condrita (Boynton, 1984): A) Muestra My611 (zircones Cenozoico); B) Muestra My475 (zircones Proterozoico).