

ICNOESTRATIGRAFÍA DE *CRUZIANA* (TRAZA FÓSIL) EN EL ORDOVÍCICO DE SUDAMÉRICA Y SUS REGISTROS EN EL PERÚ Y COLOMBIA

Guillermo Aceñolaza¹ y Juan Carlos Gutiérrez-Marco²

¹ INSUGEO–CONICET. Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L., Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205, 4000 Tucumán, Argentina. Email: insugeo@csnat.unt.edu.ar; facenola@infovia.com.ar

² Instituto de Geología Económica (CSIC–UCM), José Antonio Novais 2, 28040 Madrid, España. Email: jcgrapto@geo.ucm.es

INTRODUCCIÓN

El icnogénero *Cruziana* d'Orbigny 1842, representa una de las trazas fósiles de invertebrados más renombrada del Paleozoico a nivel mundial, y nombra también a la icnofacies más difundida en los ambientes de plataforma marina durante todo el Fanerozoico, especialmente las dominadas por tormentas y mareas. Desde el punto de vista morfológico, *Cruziana* es una traza bilobulada ornada por estrías comúnmente oblicuas al eje central, que suele formar hiporrelieves convexos en la base de los estratos de areniscas y cuarcitas, si bien su génesis puede ser tanto pre- como postdeposicional en relación al estrato que las fosiliza. Etológicamente ha sido interpretada como trazas de pastoreo, locomoción o excavación profunda generadas por artrópodos, por regla general trilobites, sin descartar las implicaciones de otros grupos de caparazón no mineralizado. El registro de *Cruziana* ocurre típicamente en rocas marinas paleozoicas, pero a partir del Carbonífero y a lo largo de todo el Mesozoico, el icnogénero se documenta con cierta frecuencia en medios acuáticos continentales, con organismos productores no trilobíticos (icnofacies de *Mermia*). Además de las informaciones paleoambientales, paleoetológicas y tafonómicas que aporta *Cruziana* en distintos yacimientos, la aplicación bioestratigráfica de muchas de sus icnoespecies cámbricas y ordovícicas continúa siendo objeto de debate, sobre todo a raíz de las propuestas de Crimes (1970) y Seilacher (1970, 1994, 2007), que además revisten importantes implicaciones para el margen andino de Sudamérica.

En la presente nota se pasa revista a los principales registros de *Cruziana* en el Ordovícico sudamericano, relativos tanto a las formas del Grupo Rugosa (Seilacher, 1970), que abundan en las espesas sucesiones siliciclásticas de la parte meridional de la Cuenca Central Andina, como a ciertos hallazgos enigmáticos en Bolivia y Perú, y a las escasas citas del icnogénero en el norte de Sudamérica.

BOLIVIA

El icnogénero *Cruziana* fue originariamente definido en Bolivia por el naturalista francés Alcide Dessalines d'Orbigny (1802-1857), quien lo consideró como el posible fósil de un animal articulado y se lo dedicó al mariscal Andrés de Santa Cruz (1792-1865), ex-presidente de Bolivia y Supremo Protector de la Confederación Peruano-Boliviana. Las formas descritas por d'Orbigny (1842: *C. rugosa* y *C. furcifera*) fueron asignadas a la Formación Anzaldo del Ordovícico Superior (Rivas-Valenzuela, 1971), una datación mantenida en los trabajos locales que ilustraron nuevo material de *Cruziana*, incluyendo *C. cf. barriosi* Baldwin (Branisa, 1965; Rodrigo de Walker y Toro, 1987; Toro *et al.*, 1990). Sin embargo, la abundancia de las mismas icnoespecies en la Cuarcita Armoricana del suroeste europeo había hecho que *C. rugosa* fuera considerada por Seilacher (1990, 1994, 2007) como una forma exclusiva del Ordovícico Inferior, a pesar de que el mismo autor había reconocido su posible presencia en el Ordovícico Superior de Bolivia (Seilacher, 1992). Ésta fue finalmente confirmada por los “redescubrimientos” de Egenhoff *et al.* (2007) y Davies *et al.* (2007). En ellos se cita *C. rugosa*, *C. furcifera* y *C. goldfussi* Rouault dentro de la Formación Anzaldo, en una posición estratigráfica compatible con una edad Sandbiana (Ordovícico Superior), confirmada localmente por una asociación de conodontes presente en niveles calcáreos intercalados (Toro y Miranda, 1991; Egenhoff *et al.*, 2007).

Otros hallazgos de *Cruziana* en Bolivia corresponden a niveles del Ordovícico Inferior y Medio. Los más antiguos se localizan en las formaciones Rumi Orkho y Sella, aflorantes en el Departamento de Tarija, donde Egenhoff *et al.* (2007) identificaron *C. rugosa*, *C. furcifera*, *C. goldfussi* y *C. rouaulti* Lebesconte, en areniscas datadas mediante graptolitos como Arenigiano medio (Floiano). Más al norte, y en la parte inferior de la Formación Capinota, los mismos autores mencionan la presencia de *C. furcifera* y *C. goldfussi* en

asociación con trilobites de edad Ordovícico Medio (Darriwiliense). La icnoespecie rusoficiforme *Cruziana balsa* es citada por Seilacher (1994, 2007) también en el Ordovícico Medio y Superior de Bolivia, sin más precisiones en cuanto a sus circunstancias de hallazgo.

Un caso aparte merecen las formas recogidas por Forbes (1861) en afloramientos de las cabeceras de los Yungas de La Paz, considerados del Ordovícico Superior por Suárez Soruco (1976), y con cuyo material Salter (1861) estableció las nuevas “especies” *Cruziana cucurbita* y *C. unduavi*. De acuerdo con la descripción e ilustraciones de Salter (1981, lám. 5, fig. 4-8), ninguna de las dos formas es bilobulada y ambas trazas corresponden a cuerpos subcilíndricos, ornados por una cresta longitudinal (“*C.*” *cucurbita*) o 9-10 crestas irregulares (“*C.*” *unduavi*), que claramente no guardan relación alguna con el icnogénero *Cruziana* y tienen una difícil adscripción paleontológica. Estos icnotaxones bolivianos tampoco fueron mencionados en la literatura posterior sobre *Cruziana*.

ARGENTINA

En el norte argentino, las formas de *Cruziana* del Grupo Rugosa abundan en diversas localidades ordovícicas de la Cordillera Oriental y las Sierras Subandinas (Mángano *et al.*, 2001; Aceñolaza y Aceñolaza, 2002; Aceñolaza y Milana, 2005, todas con referencias previas), siendo cinco sus principales áreas de hallazgo: Zenta, Los Colorados, Río Capillas; Sierra de Santa Bárbara (Jujuy) y Sierra de Mojotoro (Salta). Particularmente la Sierra de Zenta se destaca por presentar los hallazgos más extraordinarios, donde *C. rugosa*, *C. furcifera*, *C. goldfussi*, *C. rouaulti* y *C. gutii* Aceñolaza y Heredia, se registran en pavimentos extensos del Ordovícico Medio-Superior, datados por conodontes (Aceñolaza y Heredia, 2008). En Los Colorados, *C. rugosa* se identifica en las Formación Alto del Cóndor y en los niveles suprayacentes a la misma (ex “Fm. Sepulturas” *sensu lato*), donde se asocia con *C. furcifera* y *C. yini* Yang, una rara icnoespecie de amplia distribución gondwánica (Aceñolaza *et al.*, 2008). Más hacia el sur, y en la Sierra de Mojotoro, las formaciones del Ordovícico Inferior Mojotoro y San Bernardo libran *C. rugosa*, *C. furcifera* y *C. goldfussi*, además de raros ejemplares de *C. yini* (Mángano *et al.*, 2001; Aceñolaza *et al.*, 2008). Otras icnoespecies citadas en el Ordovícico Inferior de la Cordillera Oriental son *C. simplicata* Salter (Fms. Santa Rosita, Lampazar, Cardonal y Saladillo), *C. tortworthi* Crimes (Fms. Lampazar y Cardonal), *C. problematica* (Schindewolf) y *C. omanica* Seilacher (Aceñolaza y Fernández, 1978; Mángano y Buatois, 2003). Asimismo, *Cruziana furcifera* es mencionada en el Sistema del Famatina de la Provincia de Catamarca, donde se reconoce en los notorios estratos volcanosedimentarios del Ordovícico Medio asignados a la Formación Suri (Aceñolaza y Aceñolaza, 2002). Finalmente, *Cruziana* se conoce en el Sistema de Tandilia del oriente argentino, donde distintos autores han citado *C. furcifera?*, *C. bonariensis* Borrello y *C. ancora* Seilacher (Borrello, 1966; Poiré *et al.*, 2003, con referencias previas). Los hallazgos se sitúan en la Formación Balcarce, una unidad de datación incierta, referida tanto al Cambro-Ordovícico como al Silúrico, con cuyos icnofósiles se ha sustentado una teoría sobre un brazo de mar transgondwánico, que conectaría hipotéticamente con el norte de África (Seilacher *et al.*, 2003; Seilacher, 2005).

PERÚ

La única referencia sobre *Cruziana* en el Ordovícico peruano es la de Balta (1897a, 1897b), quien encontró un ejemplar “algo diferente de la *C. furcifera* (D’Orb.)” en la cúspide de la divisoria entre las localidades de Potoní y Usicayos (Cordillera Oriental). En virtud de tales diferencias, que no explicita, el autor propone la creación de una forma nueva que denomina *Cruziana Carranzae* (sic), en honor al estadista Luis Carranza (1843-1898), por entonces presidente de la Sociedad Geográfica de Lima. No obstante, esta icnoespecie carece de validez formal, en virtud de que nunca fue descrita o ilustrada. Tan sólo volvió a ser citada por Lisson y Boit (1924, p. 17), quienes probablemente tuvieron acceso al ejemplar original, y manifiestan que “la *Cruziana Carranzae* que describió Balta es idéntica a la *Cruziana furcifera* d’Orb.”, una opinión compartida por Steinmann (1929). Con respecto a la posición estratigráfica del ejemplar, posiblemente éste derive de niveles indeterminados de la Formación Sandia, en cuyo equivalente boliviano (Formación Amutara), Reinmann *et al.* (2006) citan el hallazgo de *Cruziana* (isp.).

COLOMBIA

Cruziana es un icnofósil muy raro en las cuencas ordovícicas del norte de Sudamérica, donde su único registro conocido se sitúa en la parte media de la Formación Aracuara de la región amazónica de Colombia. Su descubrimiento corresponde a un trabajo inédito (Herrera Gálvez y Velásquez, 1978), mencionado por vez primera por Bogotá (1983a), quien aporta la identificación de *Cruziana* cf. *furcifera* proporcionada por O. Hughes. Thèry *et al.* (1986) establecen nuevas precisiones sobre la ubicación geológica del hallazgo, que datan como Arenigiano mediante acritarcos, sin mencionar nuevos ejemplares. El material original de estas *Cruziana* se ha buscado sin éxito en las colecciones de la Universidad Nacional de Bogotá y el Museo Royo Gómez de INGEOMINAS, donde se le considera perdido. Sin embargo, la fotografía de una muestra conteniendo *C.* cf. *furcifera* fue aportada por J. Mojica (en Bogotá, 1983b, p. 120) y es por ello que concordamos con dicha identificación icnotaxonómica. El dato constituye, hoy por hoy, la única evidencia objetiva de la presencia de *Cruziana* en el Ordovícico del norte de Sudamérica, que había pasado inadvertida a la práctica totalidad de los paleoicnólogos contemporáneos.

CONSIDERACIONAS FINALES

Desde el punto de vista icnoestratigráfico, el registro sudamericano de *Cruziana* es muy interesante porque demuestra que las formas del Grupo Rugosa se extienden en un amplio rango en las espesas unidades siliciclásticas del Ordovícico Inferior a Superior en la Cuenca Andina Central (Cordillera Oriental argentino-boliviana), que alcanzan 10.000 m de potencia en algunas localidades (Suárez Soruco, 1992; Egenhoff, 2000). Hasta el presente, el icnogénero no ha sido registrado aún en cuencas eopaleozoicas de la Cadena Andina septentrional del norte de Perú, Ecuador y Colombia. Sin embargo, *Cruziana* está presente en secuencias epicratónicas del Ordovícico Inferior de la Amazonía colombiana (Escudo Guayanés), constituyendo el enlace perigondwánico con las facies de areniscas con *Cruziana* (Cuarcita Armoricana y equivalentes) del norte de África y la Europa mediterránea.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo constituye una contribución a los proyectos CGL2009-09583 del Ministerio de Ciencia e Innovación de España, PIP 6388 del CONICET argentino, y CIUNT-26-G401/2 de la Universidad Nacional de Tucumán.

REFERENCIAS

- Aceñolaza, F.G. y Fernández, R. 1978. Trazas fósiles en el Ordovícico inferior de la Sierra de Cajas, Jujuy. *Acta Geológica Lilloana (Supl.)*, 14, 33-37.
- Aceñolaza, G. y Aceñolaza, F.G. 2002. Ordovician trace fossils of Argentina. In: Aceñolaza, F.G. (ed.), Aspects of the Ordovician System in Argentina. *INSUGEO, Serie Correlación Geológica*, 16, 177-194.
- Aceñolaza, G. y Heredia, S. 2008. The status of the *Cruziana* (trilobite trace fossil) stratigraphy in Western Gondwana: The mixing of Lower and Upper Ordovician elements in the Central Andean Basin of South America. *Cuadernos del Museo Geominero*, 9, 13-17.
- Aceñolaza, G.F y Milana, J.P. 2005. Remarkable *Cruziana* beds in the Lower Ordovician of the Cordillera Oriental, NW Argentina. *Ameghiniana*, 42, 633-637.
- Balta, J. 1897a. Fósiles de Carabaya. *Boletín de Minas, Industria y Construcciones*, Lima, 13 (9), 69-70.
- Balta, J. 1897b. Observaciones hechas en un viaje a Carabaya. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, 7 (1-3), 105-119.
- Bogotá R., J. 1983a. Estratigrafía del Paleozoico Inferior en el área amazónica de Colombia. *Geología Norandina*, 6, 29-38.
- Bogotá, J. 1983b. La región de la Amazonia Colombiana. II Reunión del Grupo de Trabajo Internacional IGCP 192. *INSUGEO, Serie Correlación Geológica*, 1, 119-120.
- Borrello, A. 1966. Trazas, restos tubiformes y cuerpos fósiles problemáticos de la Formación La Tinta, Sierras Septentrionales, Provincia de Buenos Aires. *Paleontología Bonaerense*, La Plata, 5, 42 pp.
- Branisa, L. 1965. Los fósiles guías de Bolivia. I, Paleozoico. *Boletín del Servicio Geológico de Bolivia*, 6, 1-282.
- Crimes, T.P. 1970. The significance of trace fossils in sedimentology, stratigraphy and palaeoecology with examples from Lower Palaeozoic strata. In: Crimes, P.T. y Harper, J.C. (eds.), *Trace Fossils*. Geological Journal, Special Issue, 3, 101-126.

- Davies, N., Sansom, I., Albanesi, G. y Céspedes, R. 2007. Ichnology, palaeoecology and taphonomy of a Gondwanan early vertebrate habitat: Insights from the Ordovician Anzaldo Formation, Bolivia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 249, 18-35.
- Egenhoff, S. 2000. Sedimentologie und Beckenentwicklung im Ordovizium in Südbolivien. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, A207, 1-173.
- Egenhoff, S., Webber, B., Lehnert O. y Maletz, J. 2007. Biostratigraphic precision of the *Cruziana rugosa* group: a study from the Ordovician succession of Southern and Central Bolivia. *Geological Magazine*, 144, 289-303.
- Forbes, D. 1861. On the geology of Bolivia and southern Peru. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 17, 7-62.
- Herrera Gálvez, A. y Velásquez, B.E. 1978. *Estratigrafía de la sección de Araracuara (Amazonas)*. Tesis del Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. 82 pp.
- Lisson, C.I. y Boit, B. 1924. *Edad de los fósiles peruanos y distribución de sus depósitos en toda la República, acompañado por un mapa paleontológico del Perú*. Tercera Edición, Imp. Americana, Lima, 226 pp.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 2003. Trace fossils. In: Benedetto, J.L. (ed.), Ordovician fossils of Argentina. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, 507-534.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A. y Moya, M.C. 2001. Trazas fósiles de trilobites de la Formación Mojotoro (Ordovícico Inferior-Medio) de Salta, Argentina: implicancias paleoecológicas, paleobiológicas y bioestratigráficas. *Revista Española de Paleontología*, 16, 9-28.
- Orbigny, A. d', 1842. *Voyage dans l'Amérique Méridionale*. Tome Troisième, 4è. Partie: Paléontologie. P. Bertrand, Paris, y V. Levrault, Strasbourg, 188 p., 22 pl.
- Poiré, D.G., Spalletti, L.A. y del Valle, A. 2003. The Cambrian-Ordovician siliciclastic platform of the Balcarce Formation (Tandilia System, Argentina): Facies, trace fossils, palaeoenvironments and sequence stratigraphy. *Geologica Acta*, 1, 41-60.
- Reinmann, C.R., Spiske, M., Bahlburg, H., Lopez, S. y Carlotto, V. 2006. Sedimentological analysis of the Ordovician and Devonian basins in southern Peru and northern Bolivia. Resúmenes XIII Congreso Peruano de Geología, Lima, 566-569.
- Rivas-Valenzuela, S. 1971. Ordovícico en el corazón de Bolivia. *Boletín del Servicio Geológico de Bolivia*, 15, 9-15.
- Rodrigo de Walker, G. y Toro, M. 1987. Icnofacies de la Formación Anzaldo (Ordovícico) en las regiones de Santivañez, Cuchupunata y Sacabamba, Departamento de Cochabamba. In: Suárez Riglos, M. y Suárez Soruco, R. (Eds): Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Paleontología, Santa Cruz de la Sierra, 2: 647-664.
- Salter, J.W. 1861. On the fossils from the High Andes, collected by David Forbes. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 17, 62-73.
- Seilacher, A. 1970. *Cruziana* stratigraphy of «non-fossiliferous» Paleozoic sandstones. In: Crimes, P.T. y Harper, J.W. (eds.), *Trace Fossils*. Geological Journal, Special Issue, 3, 447-476.
- Seilacher, A. 1990. Paleozoic trace fossils. In: Said, R. (ed.), *The Geology of Egypt*. Balkema, Rotterdam, 649-670.
- Seilacher, A. 1992. An updated *Cruziana* stratigraphy of Gondwanan Palaeozoic sandstones. In: Salem, M.J., Hammuda, O.S. y Eliagoubi, B.A. (eds.), *The Geology of Libya* vol. 4. Elsevier, Amsterdam, 1565-1581.
- Seilacher, A. 1994. How valid is *Cruziana* stratigraphy?. *Geologisches Rundschau*, 83, 752-758.
- Seilacher, A. 2005. Silurian trace fossils from Africa and South America mapping a trans-Gondwanan seaway?. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monashfte*, 2005 (3), 129-141.
- Seilacher, A. 2007. *Trace fossil analysis*. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg. 226 pp.
- Seilacher, A., Cingolani, C. y Varela, C. 2003. Ichnostratigraphic correlation of early Paleozoic quartzites in central Argentina. In: Salem, M.J., Oun, K.M. y Seddig, H.M. (eds.), *The Geology of Libya*. Earth Science Society of Libya, Tripoli, 1, 275-292.
- Steinmann, G. 1929. *Geologie von Perú*, mit Beiträgen von R. Stappenbeck, F. Sieberg und C. Lissón. Carls Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg, 1-448.
- Suárez Soruco, R. 1976. El Sistema Ordovícico en Bolivia. *Revista Técnica de YPFB*, 5, 111-223.
- Suárez Soruco, R. 1992. El Paleozoico Inferior de Bolivia y Perú. In: Gutiérrez-Marco, J.C., Saavedra, J. y Rábano, I. (eds.), Paleozoico Inferior de Ibero-América. Universidad de Extremadura, 225-240.
- Toro, M. y Miranda, R. 1991. Los conodontos de los niveles calcáreos de la Formación Anzaldo (Ordovícico) en el área de estancia Calientes, Cordillera del Tunari, Departamento de Cochabamba, Bolivia. *Boletín de la Sociedad Geológica Boliviana*, 26, 45-56.
- Toro, M., Paredes, F. y Birhuet, R. 1990. Paleicnología de la Formación Anzaldo (Ordovícico) en el Anticlinal de Jallpa-Cueva, Cordillera del Tunari, Dpto. Cochabamba-Bolivia. *Revista Técnica de YPFB*, 11, 293-302.
- Therý, J.M., Peniguel, T. y Haye, G. 1986. Descubrimiento de acitarcos del Arenigiano cerca a Araracuara (Caquetá-Colombia). Ensayo de reinterpretación de esta región de la Saliente del Vaupés. *Geología Norandina*, 9, 3-17.