

# Ichinitas de dinosaurios saurópodos en la Formación Rayoso (Cuenca Neuquina, Albiense, Argentina)

*Sauropod ichnites from Rayoso Formation (Neuquén Basin, Albian, Argentina)*

José Ignacio Canudo<sup>1,2</sup>, Alberto Garrido<sup>3,4</sup>, José Luis Carballido<sup>5</sup>, Diego Castanera<sup>6</sup> y Leonardo Salgado<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Grupo Aragosaurus-IUCA. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza. jicanudo@unizar.es

<sup>2</sup> Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Plaza Basilio Paraíso. 50008 Zaragoza.

<sup>3</sup> Museo Provincial de Ciencias Naturales "Prof. Dr. Juan A. Olsacher". Dirección Provincial de Minería. Zapala, Neuquén, Argentina.

<sup>4</sup> Departamento Geología y Petróleo. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires 1400 (8300), Neuquén Capital, Argentina. albertocarlosgarrido@gmail.com

<sup>5</sup> Conicet—Museo 'Egidio Feruglio', Fontana 140 9100, Trelew, Chubut, Argentina. jcarballido@mef.org.ar

<sup>6</sup> Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie and GeoBioCenter, Ludwig-Maximilians-Universität, Richard-Wagner-Str. 10, 80333 München, Alemania. d.castanera@lrz.uni-muenchen.de

<sup>7</sup> Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología, Universidad Nacional de Río Negro, Conicet, Av. Gral. J.A. Roca 1242, General Roca, Río Negro, Argentina. lsalgado@unrn.edu.ar

## ABSTRACT

*Sauropod dinosaur tracks from the Rayoso Formation (Albian) in Neuquén (Argentina) are described for the first time. Evidence of two narrow-gauge sauropod trackways has been found in two distinct outcrops of the Rincón Member. One of the trackways consists of small-sized tracks and might belong to a juvenile individual. Another possibility is that the two trackways were produced by different species of sauropod. Dinosaur fossils are rare in the Rayoso Formation, possibly as a result of its arid depositional environment. Rebbachisaurid diplodocoids are one of the most abundant sauropods at the end of the Lower Cretaceous of the Neuquén Basin. Indeed, the only dinosaurs known from the Rayoso Formation belong to this family. Bearing in mind this exclusive presence and the association of narrow-gauge trackways with diplodocoids, it is tentatively proposed that the trackways under study were produced by rebbachisaurid diplodocoids.*

**Key-words:** *Sauropod ichnites, Rebbachisauridae, Albian, Argentina.*

## RESUMEN

*Se describen por primera vez icnitas de dinosaurios saurópodos en la Formación Rayoso (Albiense) en Neuquén (Argentina). En dos afloramientos distintos del Miembro Rincón se han encontrado dos rastros de saurópodos con el paso estrecho. Uno de los rastros está formado por icnitas de pequeño tamaño, que podrían ser de un individuo juvenil. Otra posibilidad sería que los dos rastros sean de dos productores distintos. Los fósiles de dinosaurios son raros en la Formación Rayoso, evidencia posiblemente relacionada con su ambiente de depósito de gran aridez. Los diplodocoideos rebbaquisáuridos son uno de los saurópodos más abundantes al final del Cretácico Inferior de la Cuenca Neuquina, de hecho los únicos dinosaurios conocidos en la Formación Rayoso pertenecen a esta familia. Se propone de manera tentativa que los rastros estudiados los produjeron diplodocoideos rebbaquisáuridos, teniendo en cuenta el registro conocido y que los rastros de paso estrecho se asocian con diplodocoideos.*

**Palabras clave:** *Ichinitas saurópodo, Rebbachisauridae, Albiense, Argentina.*

*Geogaceta*, 61 (2017), 43-46  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 27 de junio de 2016  
Revisión: 3 de noviembre de 2016  
Aceptación: 25 de noviembre 2016

## Introducción

La Cuenca Neuquina presenta una gran extensión en el sector centro-oeste de la República Argentina, abarcando parte del territorio de la República de Chile (Fig. 1A). Los depósitos conservados en esta cuenca han aportado abundantes restos de dinosaurios, generalmente recuperados en formaciones del Cretácico Superior. En contrapartida, las unidades del Cretácico In-

ferior han contribuido con un conjunto mucho más reducido (aunque variado) de estos tetrápodos, procedentes principalmente de los afloramientos ubicados en el extremo sur de la cuenca (Salgado *et al.*, 2006; Apesteguía, 2007; Carballido *et al.*, 2012).

La Formación Rayoso (Aptiense superior-Albiense) es una de las que tienen un registro más escaso de vertebrados continentales de la Cuenca Neuquina. Los restos

de un rebbaquisáurido indeterminado (cf. *Zapalasaurus*) adulto y de al menos dos ejemplares juveniles provenientes del Miembro Pichi Neuquén (Fig. 1B) son los únicos fósiles de vertebrados conocidos de esta unidad (Salgado *et al.*, 2012).

Las prospecciones llevadas a cabo en los años 2011 y 2012 en la provincia de Neuquén (Argentina) nos han permitido localizar los dos primeros yacimientos con icnitas de dinosaurios de la Formación

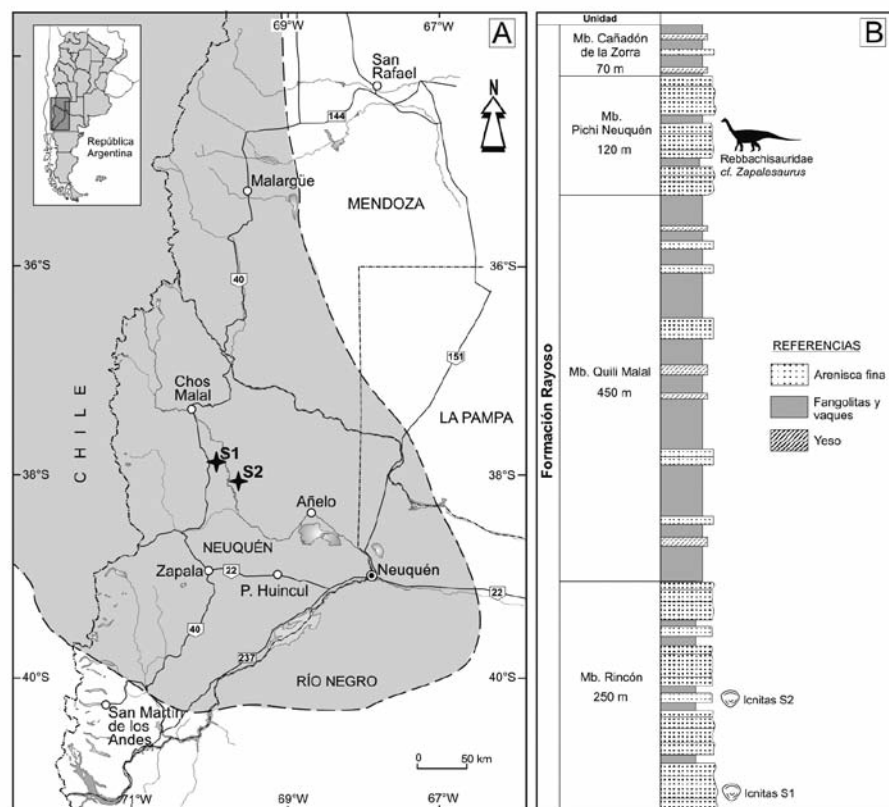


Fig. 1.- A) Situación geográfica en la Cuenca Neuquina de los yacimientos Cerro Morado (S1) y Cañadón Domo Nahuel (S2). B) Columna general de la Formación Rayoso en el entorno de los yacimientos estudiados, indicando la posición estratigráfica relativa de S1 y S2 y del *Rebbachisauridae* indet citado en el texto.

Fig. 1.- A) Geographical location of the Cerro Morado (S1) and Cañadón Domo Nahuel (S2) sites in the Neuquén Basin. B) Stratigraphic Section of the Rayoso Formation in the area of the studied sites, with the relative stratigraphic position of S1 and S2 and the *Rebbachisauridae* indet cited in the text.

Rayoso, que hemos denominado Cerro Morado y Cañadón Domo Nahuel. El yacimiento Cerro Morado (S1) se encuentra en las coordenadas 37°43'58.8" Sur / 70°01'48.5" Oeste. Se ubica sobre el flanco septentrional del cerro Morado, próximo a Balsa Huitrín (Fig. 1A). El nivel icnológico se sitúa a 15,6 m de la base de la unidad (Fig. 1B). El yacimiento Cañadón Domo Nahuel (S2) tiene las coordenadas 37°59'04.8" Sur / 69°47'12.4" Oeste. Se localiza en las proximidades del cerro Mesa, sobre el flanco occidental del Dorso de los Chihuidos (Fig. 1A). El nivel icnológico se sitúa a más de 100 m de la base de la unidad (Fig. 1B).

El objetivo de este trabajo es describir por primera vez las icnitas de dinosaurios de la Formación Rayoso y discutir sus posibles productores.

## Contexto geológico

Los dos yacimientos estudiados se encuentran en el Miembro Rincón, situado en la parte basal de la Formación Rayoso (Fig.

1B). Los niveles con las icnitas presentan idénticas litofacies, son areniscas finas, texturalmente maduras, con contenido variable de matriz lutítica. Se distribuyen en estratos tabulares de gran extensión lateral, caracterizados por el desarrollo casi exclusivo de estratificación de *ripples* generalmente simétricos y de cresta continua, presentando además en el yacimiento S2 sectores con *ripples* de interferencia. Los niveles con icnitas presentan bioturbación de relieve completo, entre las que se reconocen formas afines a *Skolithos* isp. y *Planolites* isp. Estas litofacies son interpretadas como depósitos asociados a cuerpos de aguas someros y efímeros.

De manera general, las sedimentos de la Formación Rayoso se depositaron durante una fase de continentalización de la Cuenca Neuquina, dando lugar a depósitos arcillosos y arenosos asociados a medios marginales de *sebkha*, lacustres someros y fluviales sinuosos (Leanza, 2003), formados en una alternancia de periodos de extrema aridez con otros más húmedos (Zavala y Ponce, 2011).

## Descripción de los yacimientos

### Yacimiento "Cerro Morado"

Nivel dinoturbado con una gran cantidad de icnitas subcirculares, conservadas como subhuellas y epirrelieves cóncavos en una arenisca de unos 8 cm de potencia. (Fig. 2). La superficie está muy deformada (Fig. 2C), además presenta bioturbación similar a *Planolites* (Fig. 2B). Se ha reconocido un rastro formado por cuatro icnitas consecutivas (Fig. 2A). Apparently el resto de icnitas podrían formar otros rastros pero no se ha podido reconocer sucesiones de ellas por la superposición de las pisadas y por el tamaño pequeño del afloramiento. Las dos primeras icnitas del rastro presentan un amplio reborde de barro. La forma del pie es subtriangular con una longitud máxima que oscila sobre los 41 cm y una anchura máxima entre 25 y 30 cm. Las impresiones de las manos están parcialmente borradas por la superposición de los pies. Tienen forma ovalada con una anchura de 11-15 cm y una longitud de 7-11 cm. No se han observado marcas de dedos. La zancada medida en el centro de los pies es 1,20 m. La anchura del rastro es de 80 cm y del paso es de 74 cm.

### Yacimiento "Cañadón Domo Nahuel"

Este yacimiento esta compuesto por un rastro formado por tres icnitas verdaderas de pie y dos de mano, conservadas como epirrelieves cóncavos con el contramolde conservado *in situ* (Fig. 3). Lateralmente hay posibles icnitas tridáctilas pero mal conservadas. Los pies tienen forma subtriangular, con el talón estrecho y girado hacia la línea central. La longitud del pie varía entre 20 y 24 cm. y la anchura entre 17 y 23 cm. La impresión de las manos es subovalada y grande. Su anchura varía entre 17 y 19 cm y la longitud entre 14 y 16 cm. La zancada es de 1,10 m y el paso es de 76 cm. La heteropodia oscila sobre 1:2. Las icnitas carecen de impresiones de los dedos.

## Discusión

Los rastros de saurópodos se han diferenciado tradicionalmente en rastros de paso (o vía) ancho y de paso estrecho (Farlow, 1992). Los rastros de paso estrecho son abundantes en el Jurásico Medio y Superior. Sin embargo los de paso ancho son

más comunes en el Cretácico (Wilson y Carrano, 1999). En el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior se encuentran los dos tipos de rastros (Moratalla, 2009). Este modelo simplista es más complicado, tanto en las anchuras de los rastros, como en su distribución temporal. Las variaciones en las anchuras de los rastros, en algunos casos, se han relacionado con la ontogenia, con diferencias en el tamaño de los animales productores, con la etología, modo de conservación y el posible dimorfismo sexual (Lockley *et al.*, 2002; Marty *et al.*, 2010; Castanera *et al.*, 2012), pero esto no significa que en algunos casos carezca de un gran valor sistemático cuando se correlaciona con el contenido osteológico en una misma formación.

La separación en la anchura de los rastros ha sido usada tradicionalmente para diferenciar entre saurópodos productores Titanosauriformes y no-Titanosauriformes (Wright, 2005; Wilson, 2005) entre los que se encuentran los miembros del clado Diplodocimorpha. El único dinosaurio descrito en la Formación Rayoso es un rebaquisáurido posiblemente nuevo, del que se conocen un ejemplar adulto y dos juveniles (Salgado *et al.*, 2012). Los rebaquisáuridos son filogenéticamente el grupo basal de Diplodocimorpha (Tschopp *et al.*, 2015). Los rebaquisáuridos son un componente habitual de las asociaciones de dinosaurios del final del Cretácico Inferior y del comienzo del Cretácico Superior de Sudamérica, donde se han descrito numerosas especies (Salgado *et al.*, 2006; Carballido *et al.*, 2012).

La asignación de ícnitas de una determinada morfología a un taxón establecido con restos esqueléticos es complicado y generalmente tentativo. Hay algunos ejemplos en los cuales una morfología y tamaño particulares se han podido relacionar con un taxón presente en la misma formación, como sucede con las grandes ícnitas de terópodos y el género *Tyrannosaurus* del Maastrichtiense de EE.UU. (McCrea *et al.*, 2014).

La presencia de rastros de paso estrecho y un solo representante de Diplodocimorpha (Rebbachisauridae) en la Formación Rayoso permite sugerir que las ícnitas descritas en este trabajo fueron producidas por este tipo de saurópodos. Moratalla (2009) ha llegado a conclusiones similares al relacionar los rastros de saurópodos de paso estrecho del Cretácico

Inferior de La Rioja (España) con los rebaquisáuridos, o Santos *et al.* (2015) que describen un rastro estrecho en el Albiense de Portugal. Además, una alta heteropodía podría ser un carácter de rebaquisáurido (Apesteguía *et al.*, 2010) tal y como presenta el rastro de Cañadón Domo Nahuel. Esta propuesta es tentativa debido a la escasez de restos apendiculares en rebaquisáuridos. Mannion y Upchurch (2010) apuntan la relación de los rastros de saurópodos con paso estrecho con medios costeros, contexto similar al que encontramos en la Formación Rayoso. Las diferencias morfológicas entre los dos rastros estudiados de la Formación Rayoso, como es la posición de la manos, se pueden interpretar como variaciones ontogenéticas, debidas al tipo de sustrato o a la velocidad de desplazamiento. Tampoco habría que descartar la presencia de dos especies distintas de rebaquisáuridos en la Formación Rayoso y por tanto los dos rastros estuvieran producidos por distintas especies.

## Conclusiones

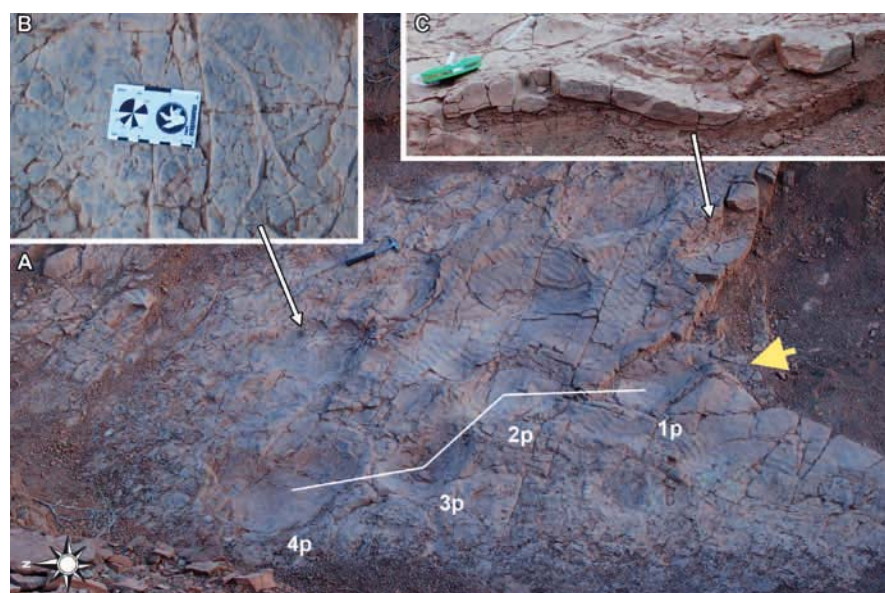
Se describen por primera vez ícnitas de dinosaurios en la Formación Rayoso (Cuenca Neuquina, Albiense, Argentina). Se trata de dos rastros de paso estrecho, uno

de ellos producido por un ejemplar de pequeño tamaño. Teniendo en cuenta el registro osteológico conocido en esta formación, se han relacionado los dos rastros con saurópodos rebaquisáuridos.

Además del tamaño hay algunas otras diferencias morfológicas entre los dos rastros que por el momento dificulta conocer si el productor es la misma especie de rebaquisáurido o pudiera haber dos taxones de esta familia de dinosaurios en la Formación Rayoso.

## Agradecimientos

Esta publicación forma parte del proyecto CGL2014-53548-P, del Ministerio de Economía y Competitividad, el Fondo Europeo de Desarrollo, la Universidad de Zaragoza y el Gobierno de Aragón, ("Grupos Consolidados"). La Dirección Provincial de Minería de Neuquén proporcionó soporte en los trabajos de campo. DC es beneficiario de una beca de la Fundación Humboldt (*Humboldt Research Fellowship for Postdoctoral Researchers*). Rupert Glasgow revisó el resumen en inglés. Se agradece el aporte al Dr. Julio Company y un revisor anónimo los aportes a esta publicación que han permitido una mejora sustancial.



**Fig. 2.-** Yacimiento Cerro Morado (Formación Rayoso, Albiense, Neuquén, Argentina). A. Vista general de la superficie "dinoturbada". Los números representan la impresión de los pies del rastro estudiado. La flecha amarilla indica la dirección de desplazamiento. B: Detalle de la bioturbación de invertebrados. C: Detalle de la deformación del estrato con ícnitas.

**Fig. 2.-** Overview of the Cerro Morado site located in the Rayoso Formation (Albian, Neuquén, Argentina). A. General view of surface with dinoturbation. The numbers represent the footprints of the studied trackway. The yellow arrow indicates the direction of displacement. B: Detail of invertebrate bioturbation. C: Detail of deformation of strata with footprints.

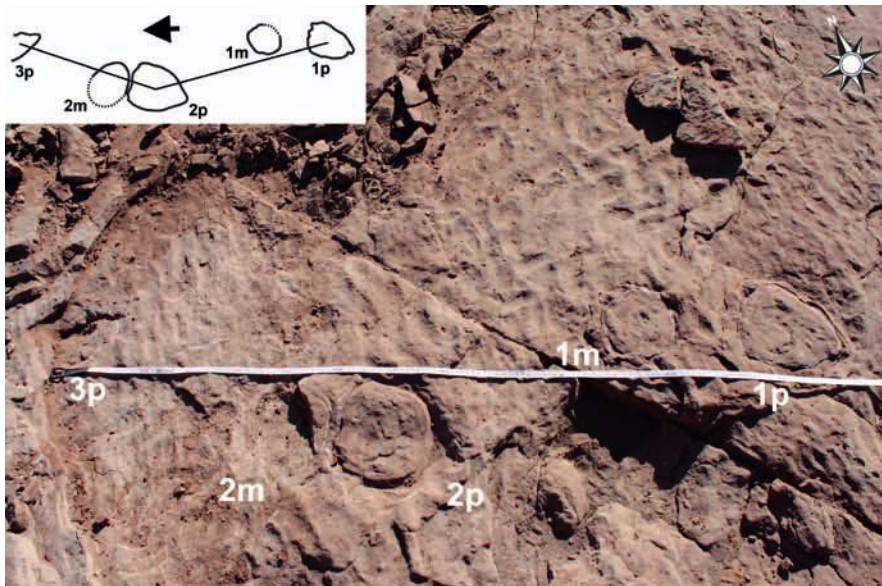


Fig. 3.-Yacimiento Cañadón Domo Nahuel (Formación Rayoso, Albiense, Neuquén, Argentina). Los números representan la impresión de los pies (1p, 2p, 3p) y de las manos (1m, 2m) del rastro estudiado. El esquema de las icnitas incluye una flecha indicando la dirección de desplazamiento.

Fig. 3.- Overview of The Cañadón Domo Nahuel site located in the Rayoso Formation (Albian, Neuquén, Argentina). The numbers represent the footprints of the pes (1p, 2p, 3p) and manus (1m, 2m) of the studied trackway. The scheme of the footprints includes an arrow with the direction of displacement dinosaur.

## Referencias

- Apesteguía, S. (2007). *Cretaceous Research* 12, 533-546.
- Apesteguía, S. Gallina, P.A. y Haluza, A. (2010). *Historical Biology* 22, 165-174.
- Carballido, J.L. Salgado, L., D. Pol, D., Canudo, J.I. y Garrido, A.C. (2012). *Historical Biology* 24, 631-654.
- Castanera, D., Pascual, C., Canudo, J.I., Hernández, N. y Barco, J.L. (2012). *Lethaia* 45, 476-489.
- Farlow, J.O. (1992). *Zubia* 10, 89-138.
- Leanza, H.A. (2003). *Servicio Geológico Minero Argentino, Serie de Contribuciones Técnicas - Geología* 2, 1-31.
- Lockley, M., Schulp, A.S., Meyer, C.A., Leonardi, G. y Mamani, D.K. (2002). *Cretaceous Research* 23, 383-400.
- Mannion, P.D. y Upchurch, P. (2010). *Paleobiology* 36, 253-282.
- Marty, D., Belvedere, M., Meyer, C. A., Mietto, P., Paratte, G., Lovis, C. y Thüring, B. (2010). *Historical Biology* 22, 109-133.
- McCrea, R. T., Buckley, L.G., Farlow, J.O., Lockley, M.G., Currie, P.J., Matthews, N.A. y Pemberton, S.G. (2014). *PLOS ONE* 9, e103613.
- Moratalla, J. (2009). *Geobios* 42, 797-811.
- Salgado, L., Souza Carvalho, I. de, y Garrido, A.C. (2006). *Geobios* 39, 695-707.
- Salgado, L., Canudo, J.I., Garrido A.C. y Carballido J.L. (2012). *Journal of Vertebrate Paleontology* 32, 603-313.
- Santos, V.F., Callapez, P.M., Castanera, D., Barroso-Barcenilla, F., Rodrigues, N.P.C. y Cúpeto, C.A. (2015). *Journal of Iberian Geology* 41, 155-166.
- Tschopp, E., Mateus, O. y Benson, R.B.J. (2015). *PeerJ* 3, e857.
- Wilson, J.A. (2005) En: *The Sauropods: Evolution and Paleobiology*. (K.A. Curry Rogers y J.A. Wilson, Ed.). University of California Press, 15-49.
- Wilson, J.A. y Carrano, M.T. (1999). *Paleobiology* 25, 252-267.
- Wright, J.L. (2005). En: *The Sauropods: Evolution and Paleobiology*. (K.A. Curry Rogers y J.A. Wilson, Ed.). University of California Press, 252-284.
- Zavala, C y Ponce J.J. (2011). *Relatorio del XVIII° Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén*, 205-222.