

## Los Cayos S y D: dos afloramientos con icnitas de saurópodos, terópodos y ornitópodos en el Cretácico inferior del área de Los Cayos (Cornago, La Rioja, España)

*Los Cayos S and D: two sites with sauropod, theropod and ornithopod tracks from the Lower Cretaceous of the Los Cayos area (Cornago, La Rioja, Spain)*

J.J. Moratalla<sup>1</sup>, J. Hernán<sup>2</sup>

### RESUMEN

Mientras que la mayor parte de los afloramientos del área de Los Cayos (Cornago, La Rioja) han proporcionado casi exclusivamente icnitas de terópodos no avianos, Los Cayos S y D han aportado, por el contrario, pisadas fósiles de saurópodos y de ornitópodos respectivamente.

Los Cayos S contiene 10 niveles paleoicnológicos, aunque el más significativo de ellos muestra la presencia de un rastro corto de saurópodo que, sobre la base de la morfología de una icnita de la mano, se identifica con el icnogénero *Titanosaurimanus*. Esta pista ha sido producida por un saurópodo titanosaurio o al menos por un titanosauriforme. Los Cayos D ha proporcionado abundantes icnitas, la mayoría aisladas, de dinosaurios ornitópodos de gran talla cuyas huellas identificamos con el icnogénero *Iguanodontipus*.

La existencia de ambos tipos de icnitas añade un interés adicional al área de Los Cayos, ya que indica la presencia de grandes dinosaurios fitófagos en los ecosistemas cretácicos que dieron lugar al Grupo Enciso.

**Palabras clave:** Dinosaurios, Cretácico Inferior, Grupo Enciso, Paleoicnología, Cuenca de Cameros, España.

### ABSTRACT

Although most part of the Los Cayos area track-bearing layers have yielded almost non-avian theropod footprints, Los Cayos S and D have revealed the presence of fossil prints belonging to sauropods and ornithopods respectively.

Los Cayos S contains ten track-bearing layers, but the most significant one shows a short sauropod trackway that, based on manus print morphology, it is identified with the ichnogenus *Titanosaurimanus*. This trackway was caused by a titanosaurid sauropod or at least by a titanosauriform. On the contrary, Los Cayos D has yielded abundant footprints—most of them isolated—that have been produced by relatively big ornithopod dinosaurs. We identify these tracks with the ichnogenus *Iguanodontipus*.

The existence of both footprint morphotypes is very interesting for the Los Cayos area due to it represents the presence of large herbivorous dinosaurs in those Cretaceous ecosystems that produced the sediments of the Enciso Group.

**Key words:** Dinosaurs, Lower Cretaceous, Enciso Group, Paleoichnology, Cameros Basin, Spain.

<sup>1</sup> Instituto Geológico y Minero de España (Museo Geominero). Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid, ESPAÑA. Email: j.moratalla@igme.es

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Ríos Rosas, 21. 28003 Madrid, ESPAÑA.

## Introducción

El área de Los Cayos (Cornago, La Rioja) está situada a unos 2,5 km al norte del pueblo de Cornago, alrededor del denominado Barranco de Los Cayos. La zona es muy amplia y contiene diversos afloramientos y niveles con icnitas de dinosaurios, que se han denominado Los Cayos A, B, C, D, E y S y, aunque cada uno tiene sus características propias, un denominador común es el inmenso predominio de las icnitas de dinosaurios terópodos sobre todas las demás. No obstante, a pesar de este predominio, el área de Los Cayos destaca asimismo por su alta icno-diversidad, ya que sus diferentes afloramientos, además de las conocidas icnitas de dinosaurios, han proporcionado impresiones de quelonios, pterosaurios y también posibles aves (Moratalla & Sanz, 1992; Moratalla *et al.* 2003, 2004). Los afloramientos denominados Los Cayos S y D destacan precisamente por la presencia de icnitas de dinosaurios ornitópodos (Los Cayos D) y de saurópodos (Los Cayos S). En consecuencia, este hecho supone una cierta novedad dentro del marco que supone la paleoicnología del área de Los Cayos, completando el registro paleoicnológico del tramo superior del Grupo Enciso, episodio al que pertenecen estos afloramientos.

Los Cayos D es un afloramiento que se conoce en esta comarca desde hace muchos años y cuya primera descripción, sucinta y provisional, puede verse ya en Moratalla (1993) y posteriormente en algunas recopilaciones, especialmente en Moratalla *et al.* (2003). Desafortunadamente, debido a la construcción de una pista para vehículos, el afloramiento fue completamente destruido a principios de 2005 y hoy en día nada puede observarse *in situ* a excepción de algunas icnitas aisladas en la zona superior del estrato. A pesar de ello, la presencia de una gran cantidad de icnitas de ornitópodos es lo suficientemente significativa como para dar a conocer esta breve descripción, aunque el afloramiento haya desaparecido prácticamente en su totalidad. A todo esto hay que añadir, además, que lamentablemente no se dispone de réplicas de las icnitas sino tan sólo de un archivo fotográfico de aquellas pisadas que aparecen numeradas en la cartografía del yacimiento incluida en el apartado descriptivo.

El objetivo de este trabajo es describir brevemente estos dos pequeños afloramientos de la zona de Los Cayos y dar a conocer las icnitas que éstos han proporcionado.

## Contexto geológico

La cuenca de Cameros se localiza en la parte más noroccidental de la actual Cadena Ibérica, extendiéndose unos 7.500 km<sup>2</sup> a través de las provincias de Burgos, Soria y La Rioja (fig. 1A). En la actualidad, la cuenca constituye un cinturón montañoso de pliegues y cabalgamiento de dirección predominante NO-SE, consecuencia de la inversión contractiva acontecida durante el Paleógeno y el Mioceno inferior, formando una lámina de cabalgamiento sobre las colindantes cuencas terciarias del Ebro hacia el norte y del Duero y Almazán, hacia el sur (fig. 1A).

Durante el Jurásico superior-Cretácico inferior, la placa Ibérica estuvo sometida a un contexto tectónico distensivo relacionado con la apertura del Golfo de Vizcaya y el Atlántico Norte. Este régimen extensional originó un rifting generalizado en todos sus paleomárgenes, así como en áreas más interiores. En los dominios de la actual Cadena Ibérica se desarrolló un importante rift intraplaca denominado Sistema de Rift Mesozoico Ibérico, el cual compartimentó esta zona en cuatro cuencas muy subsidentes: Cameros, Maestrazgo, Columbrete y Sur-Ibérica (fig. 1A) (Salas *et al.*, 2001). La cuenca de Cameros se caracteriza por exhibir unas características propias que la diferencian del resto de cuencas: un relleno marcadamente continental con escasa influencia marina, una elevada velocidad de subsidencia, una alta tasa de sedimentación y un evento metamórfico de bajo a muy bajo grado. Tectónicamente se interpreta como una cuenca sinclinal, no limitada por grandes fallas de borde, originada por una falla extensional subhorizontal localizada en el basamento y a gran profundidad (Mas *et al.*, 2002).

La cuenca de Cameros se estructura en dos subcuencas (Cameros Oriental y Occidental), cada una de las cuales exhibe un marco paleogeográfico y tectonosedimentario característico (fig. 1B). La subcuenca de Cameros Oriental atesora un potente registro sedimentario sinrift de hasta unos 8.000 m en las áreas depocentrales, mientras que la subcuenca occidental «sólo» alcanza los 3.000 m. Ambas se caracterizan por mostrar un fuerte control tectónico de su relleno. La subcuenca oriental es mundialmente conocida por sus abundantes y bien conservados yacimientos icnológicos (Pérez-Lorente, 2002, 2003), principalmente huellas de dinosaurios aunque no son raras las icnitas de pterosaurios, cocodrilos, aves y tortugas (Moratalla *et al.*, 1997;

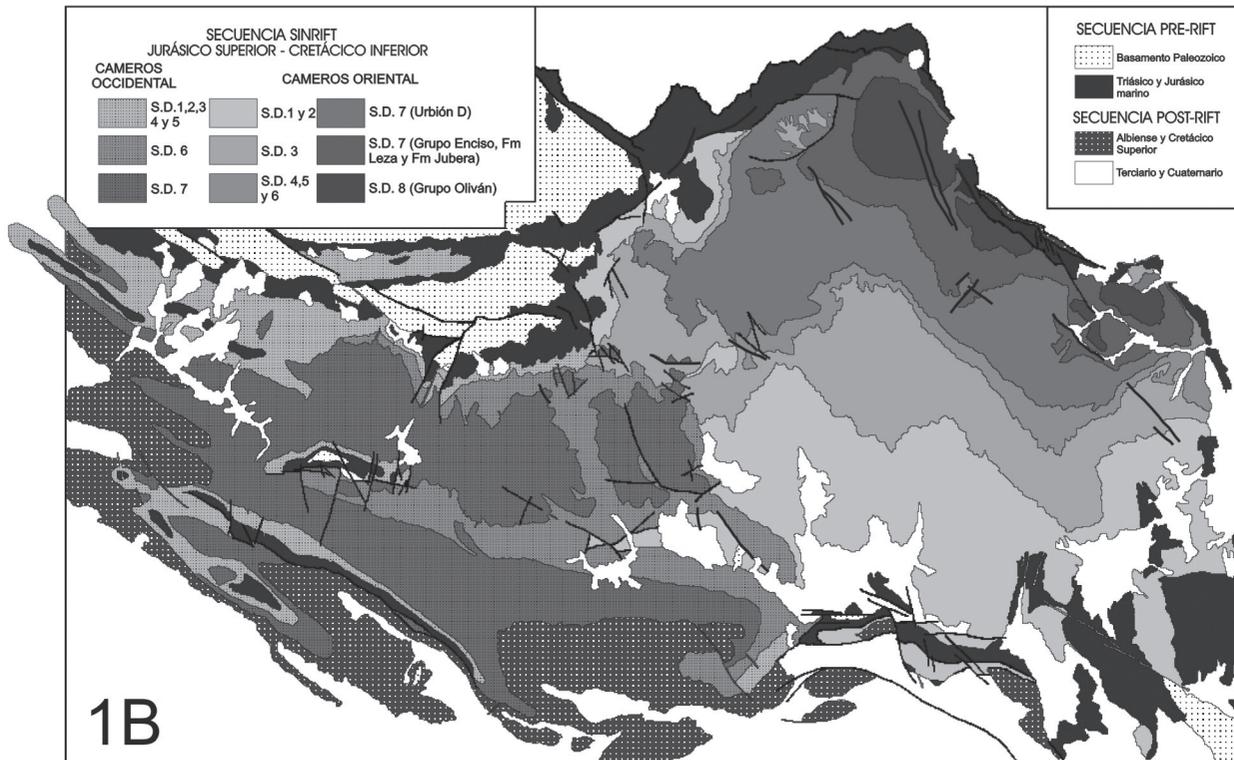
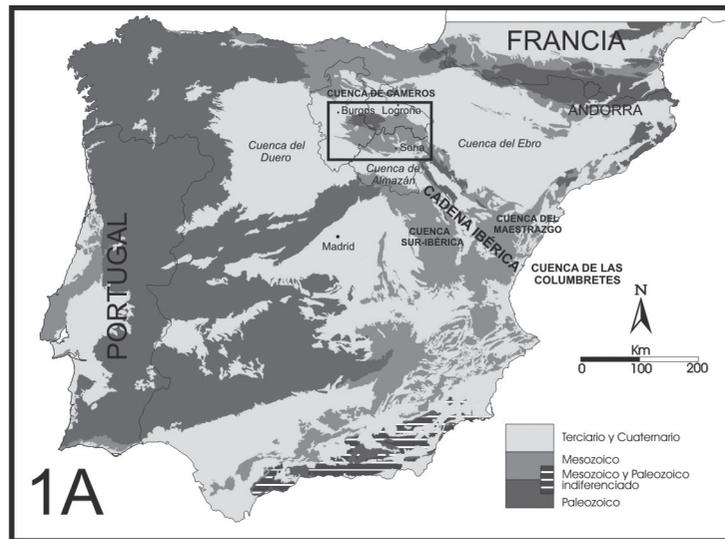


Fig. 1.—Mapas geológicos y de situación. **A**, mapa general de España mostrando la situación de la cuenca de Cameros en relación a otras cuencas del rifting mesozoico citadas en el texto. **B**, mapa del relleno sedimentario de la cuenca de Cameros mostrando las diferentes secuencias deposicionales (SD).

Sanz *et al.*, 1997). Por el contrario, la subcuenca occidental es más señalada por sus cuantiosos restos óseos (Torcida-Fernández-Baldor, 2006).

El relleno sinrift finijurásico-eocretácico consta de depósitos continentales con escasas incursiones

marinas constituyendo, en conjunto, una megasecuencia limitada por dos discordancias regionales de edad Titónico y Albiense inferior. Esta megasecuencia se organiza en ocho secuencias deposicionales correlacionables, a grandes rasgos, en el

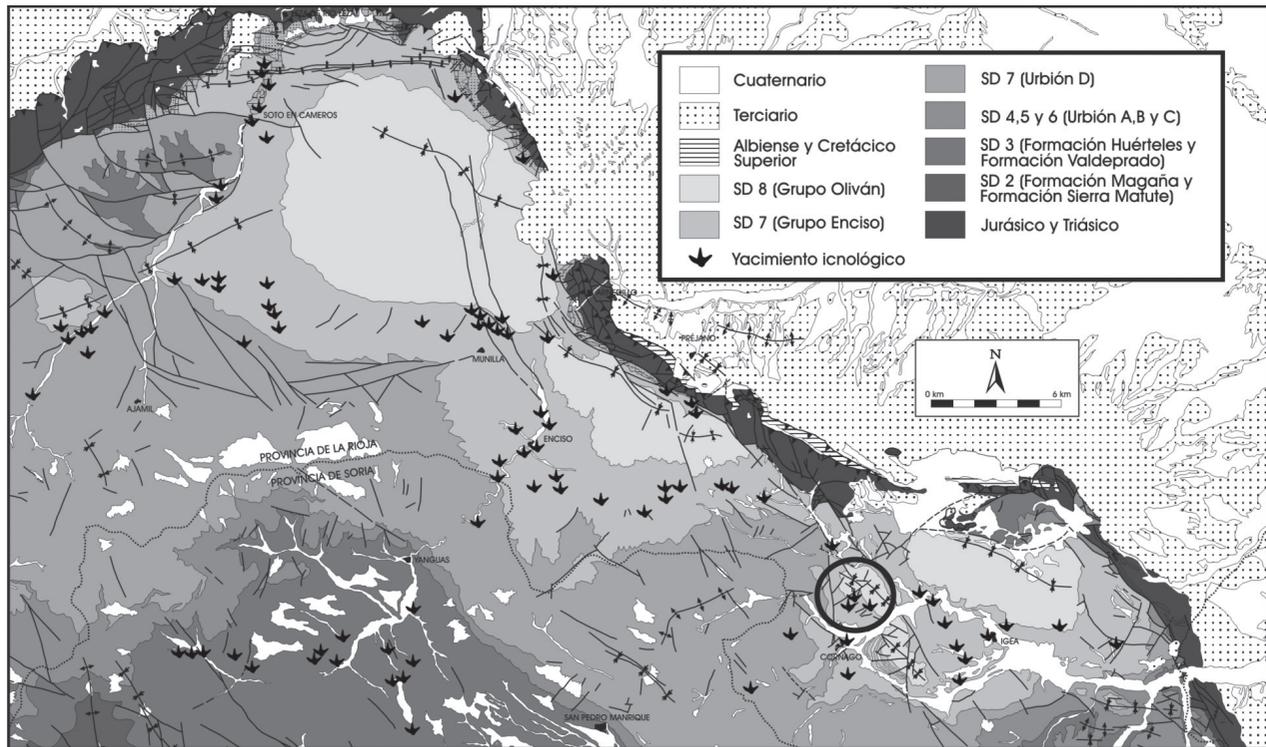


Fig. 2.—Mapa geológico del Grupo Enciso (secuencia deposicional SD7) indicando los yacimientos icnológicos existentes hasta la fecha. La zona de estudio (Los Cayos) aparece marcada con un círculo.

ámbito de todas las cuencas del Rift Mesozoico Ibérico. El dispositivo sedimentario dentro de cada secuencia deposicional está integrado por una unidad basal siliciclástica de naturaleza fluvial que evoluciona vertical y/o lateralmente a depósitos carbonatados de naturaleza lacustre (Salas *et al.*, 2001; Mas *et al.*, 2002).

Los yacimientos icnológicos objeto del presente estudio aparecen en la parte media-alta del Grupo Enciso (secuencia deposicional 7 que abarca desde el Barremiense superior hasta el Aptiense inferior) (fig. 2). El Grupo Enciso, que llega a alcanzar hasta 1.400 m de potencia en las zonas de mayor subsidencia, aparece sólo en la subcuenca de Cameros Oriental. Representa el depósito de sistemas fluvio-lacustres en un clima subtropical cálido y húmedo (Mas *et al.*, 2002; Doublet *et al.*, 2003) y muestra una extraordinaria riqueza en yacimientos icnológicos (fig. 2) (Moratalla & Hernán, 2007).

En el área de Cornago el registro estratigráfico comprende una alternancia cíclica (métrica a decamétrica) de paquetes siliciclásticos y carbonatados con frecuentes cambios laterales y verticales de facies (fig. 3) (Moratalla *et al.*, 2003). Las secuencias siliciclásticas están compuestas por mantos y/o cana-

les «ribbon» de areniscas finas a medias constituyendo el aporte de clásticos depositados por mantos de arroyada, derrames y/o canales de desembocadura en pequeños deltas lacustres. Las lutitas, que son mayoritarias, representan la deposición por decantación en las zonas adyacentes a los canales y/o en cuerpos de aguas lénticas (Tye & Coleman, 1989a, 1989b, Smith & Pérez-Arlucea, 1994; Pérez-Arlucea & Smith, 1999). Las secuencias carbonatadas están compuestas por margas y calizas ricas en materia orgánica con escaso contenido en terrígenos y proporciones variables de bioclastos (ostrácodos y/o moluscos) que se disponen en secuencias repetitivas de somerización hacia techo. Se interpretan como sistemas lacustres someros tipo rampa de baja energía (Platt & Wright, 1991) y/o sistemas palustres poco evolucionados (Alonso-Zarza, 2003). La fauna de invertebrados (Moratalla *et al.*, 2003) sugiere medios lacustres fluctuantes dulceacuícolas a salobres.

En resumen, el ambiente deposicional es interpretado como un cinturón de avulsión y deltas/derrames lacustres progradantes en dirección NE sobre los lagos carbonatados someros que se desarrollaban durante las etapas de escaso o nulo aporte de detríticos.

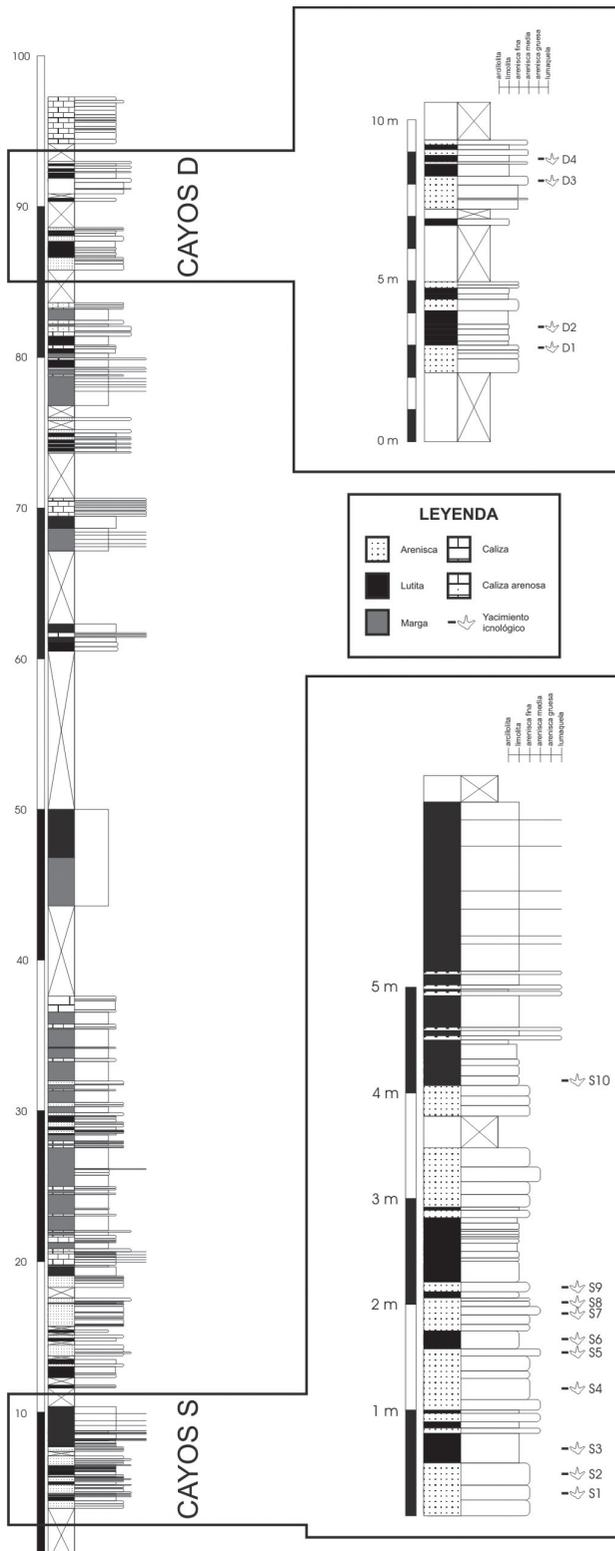


Fig. 3.—Columnas estratigráficas en el área de Los Cayos S y de Los Cayos D que comprenden los afloramientos de Los Cayos S y de Los Cayos D (nivel D4). Este tramo se encuentra situado en la base de la columna general del área de Los Cayos (Cornago).

## Descripción

### Los Cayos S

Los Cayos S ( $42^{\circ} 4' 57,03''N$ ,  $2^{\circ} 5' 25,58''W$ ) está constituido por un paquete siliciclástico de unos 7 m de potencia (fig. 3), conteniendo icnitas de dinosaurios. Para este trabajo se han seleccionado un total de 10 niveles conteniendo icnitas de dinosaurios, situado en la base de la columna estratigráfica general que forma la serie de Los Cayos en Cornago. A continuación se van a describir los contenidos fósiles de aquellos niveles más ricos en icnitas de dinosaurios.

### Nivel S1

Está formado por una pequeña superficie estratigráfica de areniscas de grano fino que contiene 10 icnitas de dinosaurios, 6 de las cuales constituyen el rastro denominado LCS1-R1 (fig. 4A) (tabla 1). Las icnitas no están bien conservadas ya que desafortunadamente

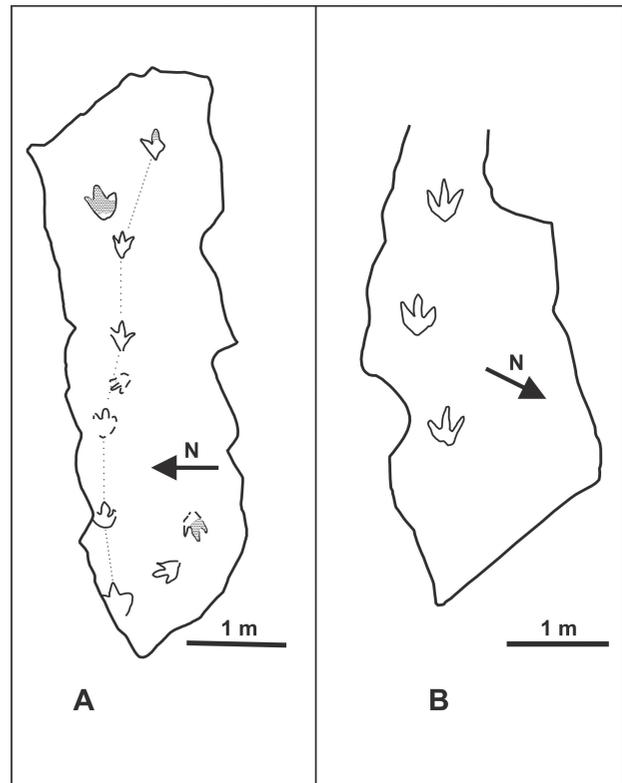


Fig. 4.—Icnitas de terópodos en el afloramiento de Los Cayos S (Cornago, La Rioja). **A**, nivel S1; nótese la presencia de un rastro (LCS1-R1) constituido por 6 icnitas; la trama punteada indica la presencia de sedimento de relleno. **B**, nivel S4, mostrando la presencia de un rastro (LCS4-R1) formado por 3 improntas.

Tabla 1.—Medidas del rastro LCS1-R1 de Los Cayos S (Cornago, La Rioja) véase la figura 4A

Ícnita	L	A	L/A			
LCS1-R1/1	—	—	—			
LCS1-R1/2	25	—	—			
LCS1-R1/3	30	—	—			
LCS1-R1/4	30	32	0,94			
LCS1-R1/5	28	25	1,12			
LCS1-R1/6	32	27	1,18			
<b>Medias</b>	29	28	1,08			
	(1-2)	(2-3)	(3-4)	(4-5)	(5-6)	<b>Medias</b>
Paso	82	92	87	90	105	91,2
	(1-3)	(2-4)	(3-5)	(4-6)		
Zançada	175	182	180	195	183	
Dirección						272°

**L**, longitud de la ícnita. **A**, anchura de la ícnita. Entre paréntesis se encuentran los números de ícnitas entre las cuales se ha estimado la variable correspondiente de la columna de la izquierda. **Paso**, distancia entre puntos homólogos de dos ícnitas consecutivas de pies alternos. **Zançada**, distancia entre puntos homólogos de dos ícnitas consecutivas pertenecientes al mismo autópod. **Dirección**, sentido de progresión del rastro. Medidas en cm.

tunadamente este nivel se encuentra en el lecho de un barranco y, por consiguiente, tanto las impresiones fósiles como la capa que las contiene, están bastante afectadas por la erosión y la escorrentía. Las ícnitas del rastro son tridáctilas y presentan dedos delgados y de terminación distal acuminada. LCS1-R1/1 (la ícnita número 1 del rastro según el sentido de progresión del animal —véase fig. 4A—) está parcialmente destruida sobre todo en su zona proximal (posterior). Respecto a la segunda (LCS1-R1/2) le falta la parte distal del dedo II mientras que la nº 3 (LCS1-R1/3) es apenas una leve impresión subredondeada. El rastro es muy estrecho y rectilíneo, con las ícnitas orientadas paralelamente a la dirección de movimiento. La última ícnita (LCS1-R1/6) no ha conservado el dedo externo (IV) mientras que el central (III) aún contiene sedimento de relleno. Además de las ícnitas de este rastro, existen 4 huellas aisladas en este nivel sedimentario, que en general presentan una morfología semejante tanto en forma como en talla. En algunos ejemplares aún se conservan parcialmente los restos del sedimento que ha rellenado las improntas.

#### Nivel S2

Se trata de un nivel de arenisca fina bastante masivo a techo del cual existen algunos moldes

Tabla 2.—Medidas del rastro LCS4-R1 de Los Cayos S (Cornago, La Rioja) véase la figura 4B

Ícnita	L	A	L/A			
LCS4-R1/1	38	37	37,5			
LCS4-R1/2	40	37	38,5			
LCS4-R1/3	42	38	40			
<b>Medias</b>	40	37,3	38,6			
	(1-2)	(2-3)		<b>Medias</b>		
Paso	115	105		110		
	(1-3)					
Zançada	225			225		
Dirección					242°	

Variables como en la tabla 1. Medidas en cm.

convexos de bivalvos. En esta superficie aparecen diversas pisadas fósiles aisladas de pequeño tamaño, subredondeadas y fuertemente erosionadas, hasta tal punto que su estado de preservación no permite una identificación más precisa.

#### Nivel S4

La figura 4B representa un esquema de las 3 ícnitas de dinosaurios que constituyen este nivel icnológico de arenisca fina, las cuales constituyen el rastro LCS4-R1 (tabla 2 y fig. 4B). Aunque las ícnitas están muy poco marcadas en el sedimento, la morfología general, sobre todo del contorno, es claramente apreciable y permite su identificación precisa. Los dedos largos y relativamente estrechos, con el central en forma de V, son típicos de los dinosaurios terópodos. A esta misma conclusión conduce también el análisis de la morfología del talón, con una superficie plantar relativamente estrecha y pequeña, con un contorno medial revelando la presencia de una fuerte escotadura, lo que supone un carácter claramente teropodiano que tiene como consecuencia una ícnita más bien asimétrica sobre todo en la zona proximal.

#### Nivel S9

Este nivel de arenisca fina contiene el fragmento del rastro denominado LCS9-R1 que es quizá el más significativo del afloramiento y que ha sido producido por un dinosaurio saurópodo. Este rastro está formado por 5 ícnitas aunque, debido a la ruptura del estrato, dos de ellas no se encuentran com-

pletas (fig. 5A). Las dos impresiones subovaladas de relativo gran tamaño están producidas por los pies del animal que causó esta traza y presentan una longitud en torno a los 55 cm. Están relativamente mal preservadas y son muy someras. Las icnitas de las manos están más profundamente marcadas en el sedimento aunque, como hemos dicho, la primera y la tercera no están completas. La segunda, sin embargo, está muy bien preservada y aporta una información realmente interesante sobre el dinosaurio productor de este rastro. Esta huella tiene forma de media luna, con la concavidad dirigida posteriormente (fig. 5A). Tiene una longitud de 32 cm y una anchura de 35 cm, así como una profundidad media de 4 cm. Es una icnita perteneciente a la mano izquierda y presenta los dedos I y V claramente redondeados, siendo el V ligeramente más ancho que el I. En el interior de la icnita se aprecian con claridad las impresiones de los dedos II y IV, así como una amplia zona cercana al borde anterior que corresponde a la impresión del dedo III, muy amplia, de unos 25 cm de anchura. Un carácter muy interesante hace referencia a la disposición relativa de los dedos I y V, que forman entre sí un gran ángulo, ligeramente mayor que  $270^\circ$ . El rastro es tan fragmentario que no permite saber con seguridad a qué morfotipo general pertenece (ancho —«wide gauge»— o estrecho —«narrow gauge»—, véase el apartado de Discusión).

#### Nivel S10

Este nivel está constituido también por una superficie de arenisca de grano fino intensamente dinoturba da con 18 huellas subredondeadas, entre 40 y 50 cm de diámetro (fig. 5B). Algunas impresiones, debido a la alta tasa de erosión (el afloramiento se encuentra en el lecho de un barranco), son muy profundas y su forma original parece estar fuertemente alterada. Ocasionalmente algunas huellas aparecen dispuestas por parejas de distinta talla sugiriendo la posibilidad de que sean parejas mano-pie. No obstante, su orientación relativa y disposición general no permiten identificar la presencia de ningún rastro.

#### Los Cayos D

De todos los afloramientos conocidos del área de Los Cayos, solamente éste ha proporcionado (nivel D4), hasta la fecha, icnitas producidas claramente por dinosaurios ornitópodos (fig. 6). Este yacimien-

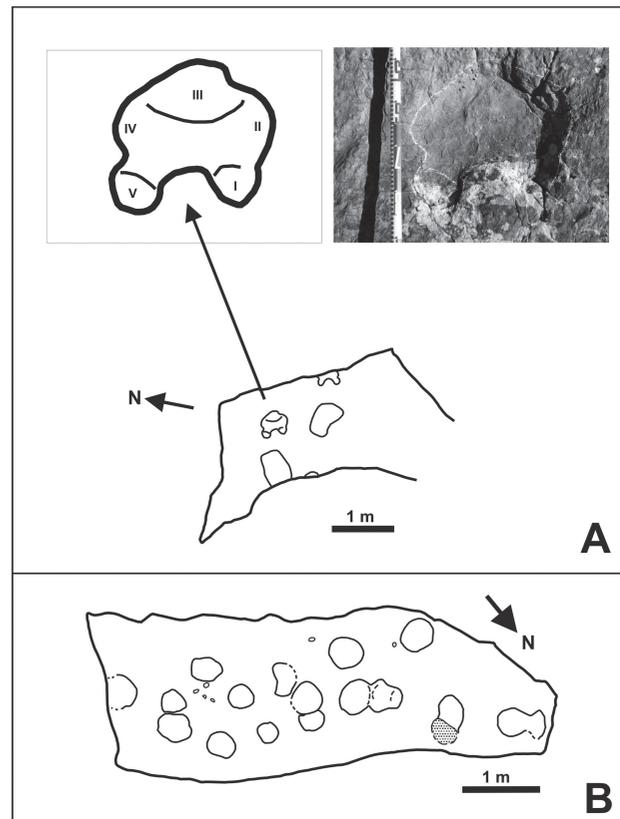


Fig. 5.—Icnitas de dinosaurios saurópodos en el afloramiento de Los Cayos S (Cornago, La Rioja). **A**, nivel S9. El fragmento de un rastro de dinosaurio saurópodo ha conservado muy bien la impresión de la mano izquierda cuyos caracteres permiten situar al autor de la misma dentro del clado Titanosauria o al menos Titanosauriformes. **B**, el nivel S10 ha conservado solamente marcas subredondeadas, profundas y de tamaño variable, producidas por dinosaurios saurópodos.

to fue inicialmente citado en Moratalla (1993) aunque sólo de un modo puntual y provisional. Posteriormente, Moratalla *et al.* (2003, 2004) describieron brevemente algunas características de este afloramiento aunque sin presentar una planimetría general del mismo.

El yacimiento consistía en una superficie estratigráfica de unos 130 m<sup>2</sup> fuertemente bioturbada, formada por una arenisca de grano fino de color gris verdoso en superficie (fig. 7A). En el techo del estrato se podían observar 90 icnitas tridáctilas de dinosaurios (fig. 7B), muchas de ellas no muy bien conservadas aunque el estado de preservación de muchas de ellas permitió una identificación bastante consistente de los dinosaurios productores. La mayoría de las huellas se encontraban aisladas, es decir, sin formar parte de ningún rastro. Solamente

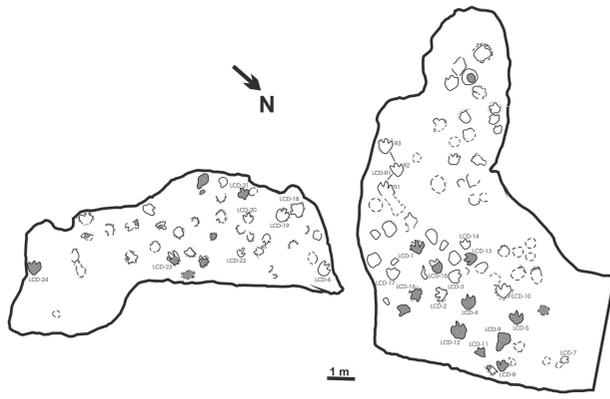


Fig. 6.—Este plano a escala del yacimiento de Los Cayos D (Cornago, La Rioja) revela la presencia de icnitas tridáctiles, en su mayoría aisladas y de relativa gran talla, que fueron producidas por dinosaurios ornitópodos. La trama gris punteada indica la presencia de sedimento de relleno (véase, por ejemplo, la fig. 7B).

en la parte superior izquierda del afloramiento existía una pista formada por 3 icnitas que hemos denominado LCD-R1 (fig. 7C) (tabla 3). Estas improntas eran de relativa gran talla (entre 58 y 60 cm de longitud) y su conjunto constituía un rastro de zancada corta y andar fuertemente zambo.

La figura 6 muestra la planimetría de este afloramiento, que aparece dividido en dos partes debido a la presencia de una pequeña fractura. De todo el material icnológico, fueron seleccionadas las 24 icnitas mejor preservadas cuyas siglas pueden cotejarse en la tabla 4. Muchas de las icnitas de este afloramiento eran muy profundas y estaban rodeadas por fuertes y altos burletes periféricos, lo que sugiere que los dinosaurios responsables de la dinoturbação de esta superficie pisaron sobre un lodo muy húmedo. Las huellas mejor preservadas son de gran talla y su longitud oscila entre los 60 y 65 cm. Los dedos son muy anchos, cortos y redondeados en la zona distal. El dedo III (dígito central) presenta una clara forma en U, carácter muy significativo para su identificación. La superficie plantar es muy amplia y el contorno del talón redondeado, muy abierto y proximalmente poco elongado. A ambos lados del mismo se observa la presencia de dos claras escotaduras, tanto en el borde medial como en el lateral, muy parecidas entre sí que confieren a las icnitas un aspecto claramente simétrico. Lo mismo puede hacerse extensivo a la parte más distal de las improntas, ya que los dedos II y IV presentan en general un grado de desarrollo similar, lo que da lugar a un patrón morfológico muy simétrico.

Tabla 3.—Medidas del rastro LCD-R1 de Los Cayos D (Cornago, La Rioja) véanse las figuras 6 y 7C

Icnita	L	A	L/A
LCD-R1/1	—	—	—
LCD-R1/2	58	53	1,09
LCD-R1/3	60	60	1
<b>Medias</b>	59	56,5	1,04
	<b>(1-2)</b>	<b>(2-3)</b>	<b>Medias</b>
Paso	84	94	89
	<b>(1-3)</b>		
Zancada	257		257
Dirección			222°

Variables como en la tabla 1. Medidas en cm.

## Discusión

Como se ha visto en el apartado de Descripción, se puede afirmar que el conjunto de los afloramientos que constituyen Los Cayos S y D contienen básicamente 3 tipos de icnitas pertenecientes a dinosaurios terópodos, saurópodos y ornitópodos.

Los Cayos S constituye un ejemplo de icnocenosis dominada por terópodos y saurópodos aunque en ninguno de los niveles estratigráficos estudiados aparecen ambos morfotipos en la misma capa, lo que indica claramente que las icnitas de terópodos y saurópodos en Los Cayos S no fueron producidas de forma sincrónica. Las huellas de terópodos de los niveles S1 y S4, las mejor preservadas del afloramiento, son relativamente semejantes a las que se pueden observar también en otros afloramientos del área de Los Cayos así como en otros yacimientos de la Cuenca de Cameros, especialmente abundantes en el Grupo Enciso. La morfología relativamente asimétrica de los dedos, la marca del dedo central en forma de V, la terminación acuminada de los dedos en la zona distal, la asimetría de la marca de los dedos II y IV, la forma del talón relativamente estrecha y elongada, la escotadura medial que produce una superficie plantar asimétrica e incluso la situación bien proximal de los hypex sugieren inequívocamente que estas icnitas han sido producidas por dinosaurios terópodos de media-gran talla. Aunque este tipo de icnita fue incluida originalmente dentro del icnogénero *Buckeburgichnus* por Moratalla (1993), posteriormente Lockley *et al.*, (1996 y 1998) propusieron para este tipo de icnita el icnogénero *Megalosauripus*, que es probablemente la

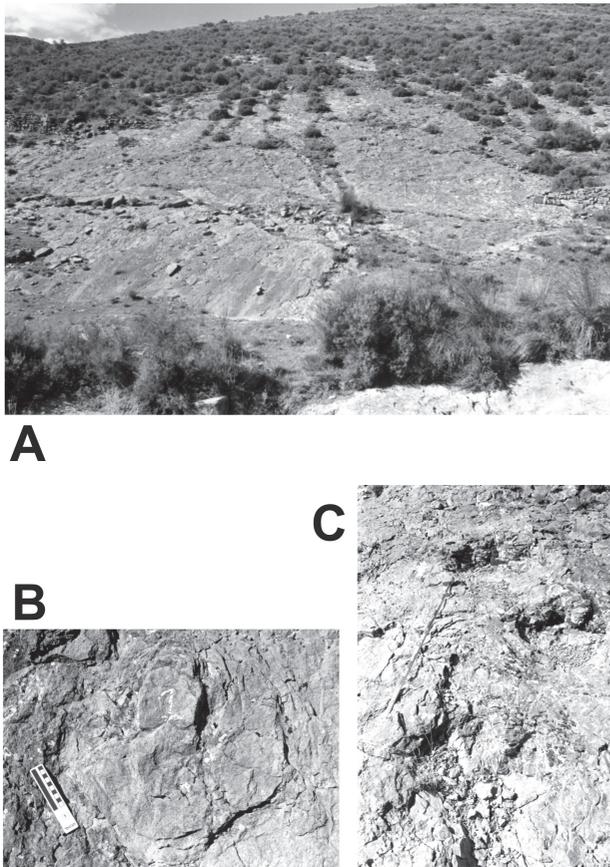


Fig. 7.—**A**, vista general del afloramiento de Los Cayos D antes de su desaparición en 2005. **B**, icnita LCD-1 mostrando caracteres típicos de las pisadas de ornitópodos (véase texto) y que conserva aún el sedimento de relleno. **C**, vista del único rastro (LCD-R1) que ha conservado Los Cayos D y que está constituido únicamente por 3 icnitas de gran tamaño muy profundamente impresas en el sedimento.

forma más intuitiva de denominar este morfotipo icnológico. No obstante, esta problemática debería ser incluida también en un análisis comparativo con otros tipos morfológicos de icnitas de terópodos de la misma área. De hecho, ya Moratalla (1993) y Moratalla (2002) estableció la presencia de diversos morfotipos no avianos de icnitas de terópodos en la Cuenca de Cameros, pero hasta la fecha no se ha entrado en un análisis profundo de toda esta icno-diversidad. Por consiguiente, para resolver adecuadamente este problema haría falta, por un lado una caracterización morfológica más precisa de esta icno-diversidad y, por otro, una correlación coherente con el registro osteológico, trabajo que está en este momento en preparación. En consecuencia y a falta de resultados cuantitativos más consistentes por el momento, identificamos estas icnitas dentro

Tabla 4.—Medidas de las icnitas aisladas del yacimiento Los Cayos D (Cornago, La Rioja)

Icnita	L	A	L/A
LCD-1	50	50	1
LCD-2	45	—	—
LCD-3	—	—	—
LCD-4	54	47	1,15
LCD-5	—	—	—
LCD-6	50	50	1
LCD-7	—	—	—
LCD-8	40	—	—
LCD-9	68	50	1,36
LCD-10	50	—	—
LCD-11	42	40	1,05
LCD-12	62	57	1,08
LCD-13	46	—	—
LCD-14	34	37	0,92
LCD-15	60	48	1,25
LCD-16	45	35	1,28
LCD-17	45	47	0,95
LCD-18	—	—	—
LCD-19	50	43	1,16
LCD-20	38	38	1
LCD-21	—	—	—
LCD-22	35	33	1,06
LCD-23	51	43	1,18
LCD-24	50	48	1,04
<b>Medias</b>	48,1	44,3	1,08

Las medidas que faltan no se pudieron estimar *in situ* debido al mal estado de preservación de material fósil. Variables como en la tabla 1. Medidas en cm.

del clado Theropoda y a su vez dentro del conjunto *Buckeburgichnus-Megalosauripus*.

Las icnitas de saurópodos del nivel S9 de los Cayos S fueron descritas brevemente en Moratalla *et al.* (2003). Lo más notable del rastro de este afloramiento es la presencia de una impresión completa de la mano izquierda, algo muy interesante desde el punto de vista morfológico. Los dedos I y V de esta icnita están bien desarrollados, y presentan un contorno distal amplio y redondeado, con un grado de desarrollo similar en ambos casos. Los dos dedos se dirigen claramente hacia atrás y sus ejes de desarrollo forman entre sí un ángulo muy alto, ligeramente superior a 270°. Estos dedos indican la presencia de dos caracteres morfológicamente muy significativos: 1) ángulo interdigital I-V muy elevado y 2) dedos I y V de similar desarrollo. Además, la zona anterior de la icnita presenta un borde amplio y abierto y en el interior existe una amplia depresión, muy poco profunda, correspondiente a la impresión del dedo III. De acuerdo con esta interpretación de su morfología, el dinosaurio autor de esta impronta

poseía una mano dotada con un dedo central muy ancho, lo que corresponde con una condición fuertemente mesaxónica que sugiere la presencia de una mano saurópoda muy derivada. Así, y de acuerdo con Moratalla *et al.* (2003), identificamos esta huella fósil como producida por un saurópodo titanosaurio o al menos por un titanosauriforme. Además, de acuerdo también con Dalla-Vecchia *et al.* (2000) y Dalla-Vecchia *et al.* (2001), identificamos esta icnita como *Titanosaurimanus* ichnosp., nombre que significa literalmente «mano de titanosaurio». Desafortunadamente, el rastro que se ha conservado de este saurópodo es tan corto y fragmentario que no permite por el momento llevar a cabo ninguna inferencia consistente sobre cómo es realmente el patrón de pista, es decir, si se trata de un rastro de tipo ancho («wide gauge») (Farlow *et al.*, 1989; Farlow, 1992) o estrecho («narrow gauge») (Lockley *et al.*, 1994). De acuerdo con Wilson & Carrano (1999), la comba dorsal típica del fémur de los titanosaurios haría que este hueso tuviera una disposición ligeramente oblicua y, por consiguiente, estos dinosaurios producirían pistas más anchas que los restantes grupos de saurópodos conocidos. Si aceptamos esta hipótesis, LCS9-R1 debería tratarse de un rastro de tipo ancho («wide gauge»), aunque por el momento no se puede considerar esta conclusión como algo definitivo. De hecho, la atribución de rastros de tipo ancho exclusivamente a los titanosauriformes como proponen Wilson & Carrano (1999) es muy discutible debido a la presencia de rastros «wide-gauge» en el Jurásico medio de Galinha (Portugal) (Santos *et al.*, 2004), época en la que no existe registro osteológico conocido de este taxón. Es por ello que la identificación del presente rastro de Los Cayos S no se ha llevado a cabo a partir del patrón de pista (muy dudoso) sino a partir de la morfología de las icnitas de las manos, que sugieren que han sido producidas por un saurópodo muy derivado.

Los Cayos D es, hasta la fecha, el único afloramiento del área de Los Cayos que ha proporcionado icnitas de ornitópodos. Como se ve en la figura 6, excepto 3 improntas que se encuentran formando un pequeño rastro, las demás se encuentran aisladas. Las características principales de estas icnitas (dedos anchos, cortos y robustos; superficie plantar amplia y talón redondeado, etc.) sugieren que han sido producidas por dinosaurios ornitópodos. Su edad, talla y morfología general permite suponer que los autores de las mismas han sido grandes ornitópodos, miembros del clado Iguanodontoidea,

que son sin duda los ornitópodos de media-gran talla más abundantes en el Cretácico Inferior europeo (Norman, 2004; Weishampel *et al.*, 2004; Paul, 2007, 2008). Icnitas relativamente semejantes a éstas han sido descritas también en otros yacimientos de la Cuenca de Cameros como por ejemplo La Magdalena (Préjano) (Moratalla *et al.*, 1988), Valdemayor (Cabezón de Cameros) (Moratalla *et al.*, 1992), Era del Peladillo (Igea) (Casanovas *et al.*, 1993a), Regumiel de la Sierra (Bengoechea *et al.*, 1993; Moratalla *et al.*, 1994), Navalsaz (Casanovas *et al.*, 1993b) o Sol de la Pita (Moratalla *et al.*, 2000). También han sido descritas icnitas sincrónicas a éstas y muy semejantes en diversos yacimientos europeos, especialmente en el Weald de Inglaterra (Woodhams & Hines, 1989). La icnita morfológicamente más significativa de este afloramiento es LCD-1 (fig. 7B), en la que se observan muy bien sus características ornitópodas: dedos relativamente robustos de terminación redondeada, dedo III en forma de U, dedos II y IV de igual y simétrico desarrollo relativo, amplia superficie plantar, talón redondeado y corto, escotadura medial y lateral de similar desarrollo, icnita en general muy simétrica y relativamente corta y ancha. Sarjeant *et al.* (1998) propuso para este tipo general de huella el icnogénero *Iguanodontipus*, que englobaría aquellas icnitas típicas del Jurásico superior-Cretácico Inferior, cuyos caracteres indican que han sido producidas por dinosaurios iguanodontoideos. Las icnitas de Los Cayos D se enmarcan inequívocamente dentro de este morfo-espacio y es dentro de este icnogénero donde las identificamos (*Iguanodontipus* ichnosp.). La identificación de este tipo de huellas a un taxón concreto de ornitópodos es muy problemática debido al estado actual de la sistemática de estos dinosaurios. Así, según Norman (2004) la familia Iguanodontidae es un taxón parafilético, e incluso, posteriormente, la especie *Iguanodon atherfieldensis* ha sido transferida a la especie *Mantellisaurus atherfieldensis* y excluida del género *Iguanodon*. Así, a la espera de futuros análisis filogenéticos, hemos de considerar las icnitas del icnogénero *Iguanodontipus* como producto de la actividad vital de ornitópodos de media-gran talla del Cretácico Inferior.

El estado aislado de la inmensa mayoría de las icnitas de Los Cayos D no permite llevar a cabo ninguna inferencia consistente con su modo de locomoción. El único rastro conservado es muy corto (sólo 3 icnitas) y evidencia un modo de progresión en base a pasos cortos y una fuerte orienta-

ción interna de sus pisadas, lo que evidencia un claro andar zambo. La escasa longitud de la zanca indica una marcha lenta y relativamente tranquila, sugiriendo una escasa velocidad de progresión. La gran profundidad de las pisadas y las características del contorno de las icnitas sugieren la presencia de un sedimento blando y húmedo que produjo un fuerte hundimiento autopodial en el mismo.

En una cuenca sedimentaria como la de Cameros, donde aproximadamente el 85% de las icnitas halladas pertenecen a dinosaurios terópodos (Moratalla & Sanz, 1997; Moratalla & Hernán, 2007), el hallazgo de un afloramiento monotípico como es el caso de Los Cayos D, formado por icnitas de ornitópodos, es siempre muy interesante ya que pone de manifiesto la presencia de grandes herbívoros en el área (por supuesto, también junto con los saurópodos). El sesgo que la icnocenosis de Cameros muestra hacia el dominio casi completo de los depredadores siempre ha llamado la atención, y lo cierto es que todavía no se ha esgrimido una razón de peso que justifique la presencia de esta pirámide icnológica invertida. Una de las hipótesis propuestas más recientemente está relacionada con el momento de depósito del Grupo Enciso (Barremiense superior-Aptiense inferior). En este momento de la historia camerana, esta región actuó probablemente como la única zona de conexión existente entre el Macizo del Ebro y el Macizo Ibérico, lo que la llevó a actuar como una zona de paso entre estas dos áreas continentales (Moratalla & Hernán, 2007). La presencia de estas condiciones paleogeográficas pudo facilitar los movimientos a gran escala de aquellos dinosaurios relativamente más activos como, por ejemplo, los grandes terópodos. En efecto, los terópodos debieron de constituir en general un grupo de animales muy activo ya que su condición de grandes depredadores iría acompañada de una conducta caracterizada por una intensa búsqueda de presas. Si esto es así, los terópodos debieron de producir estadísticamente un mayor número de icnitas que los demás grupos menos activos de dinosaurios, lo que incidió directamente en un aumento de la probabilidad de preservación de sus pisadas que llevó finalmente a un incremento diferencial de su registro paleoicnológico en los yacimientos del Grupo Enciso (Moratalla & Hernán, 2007). No obstante, este problema no es tan sencillo como a primera vista pudiera parecer. Si, por ejemplo, analizamos las condiciones paleogeográficas durante la deposición del Grupo Oncala (Titónico-Berriasiense), vemos que no se cumplen los mismos condicionantes refe-

ridos antes y, sin embargo, la icnocenosis de este período también revela un fuerte sesgo hacia el dominio de los terópodos. La solución, por consiguiente, debe proceder de la puesta en común de diferentes datos paleogeográficos, paleoicnológicos y paleoambientales con el objetivo de disponer en el futuro de todo el cuadro multivariante completo que permita quizás responder adecuadamente a esta pregunta.

## Conclusiones

Los Cayos S y D constituyen respectivamente los afloramientos estratigráficamente más antiguos descubiertos hasta la fecha en el área de Los Cayos en Cornago, con la particularidad además de que han proporcionado icnitas de saurópodos (Los Cayos S) y de ornitópodos (Los Cayos D).

Los Cayos S, además de algunas icnitas de terópodos, ha proporcionado el fragmento de un rastro que sugiere la presencia de dinosaurios titanosaurios o al menos de titanosauriformes en el Cretácico Inferior de la Cuenca de Cameros.

Los Cayos D constituye un afloramiento monotípico de icnitas de ornitópodos de media-gran talla producidas por miembros del clado Iguanodontoidea.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es consecuencia del proyecto CGL2006-10380 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación para el estudio de la Bio-diversidad de la Cuenca de Cameros durante el Cretácico Inferior.

Agradecemos la colaboración en los trabajos de campo de María Jiménez, Jorge Sáenz y, especialmente, Santiago Jiménez, auténtico impulsor de los estudios paleoicnológicos en La Rioja. Agradecemos también a José Ignacio Ruiz Omeñaca y a un revisor anónimo sus valiosas sugerencias que han mejorado notablemente la versión final de este trabajo.

## Referencias

- Alonso-Zarza, A.M. (2003). Palaeoenvironmental significance of palustrine carbonates and calcretes in the geological record. *Earth-Science Reviews*, 60: 261-298. doi:10.1016/S0012-8252(02)00106-X
- Bengoechea, A.; Izquierdo, L.A.; Martínez, J.M.; Molinero, J.L.; Montero, D. & Urién, V. (1993). Icnitas de dinosaurios en el sureste de la provincia de Burgos. *Boletín Geológico y Minero*, 104: 243-258.
- Casanovas, M.L.; Ezquerro, R.; Fernández, A.; Pérez-Lorente, F.; Santafé, J.V. & Torcida, F. (1993a). Tracks

- of a herd of webbed ornithopods and other footprints found in the same site (Igea, La Rioja, Spain). *Revue de Paléobiologie, Volume Special*, 7: 29-36.
- Casanovas, M.L.; Ezquerro, R.; Fernández, A.; Pérez-Lorente, F.; Santafé, J.V. & Torcida, F. (1993b). Icnitas de dinosaurios. Yacimientos de Navalsaz, Las Mortajeras, Peñaportillo, Malvaciervo y la Era del Peladillo 2 (La Rioja, España). *Zubía monográfico*, 5: 9-133.
- Dalla-Vecchia, F.M.; Tarlao, A.; Tunis, G. & Venturini, S. (2000). New Dinosaur track sites in the Albian (Early Cretaceous) of the Istrian Peninsula (Croatia). *Mémoire di Scienze Geologiche*, 52: 193-292.
- Dalla-Vecchia, F.M.; Tunis, G.; Venturini, S. & Tarlao, A. (2001). Dinosaur track sites in the upper Cenomanian (Late Cretaceous) of Istrian Peninsula (Croatia). *Bolletino della Società Paleontologica Italiana*, 40: 25-53.
- Doublet, S.; García, J.P.; Guiraud, M. & Ménard, A. (2003). Wave-dominated siliciclastic and carbonate sedimentation in a Lower Cretaceous lake (Camerros basin, northern Spain). *Journal of Iberian Geology*, 29: 11-28.
- Farlow, J.O.; Pittman, J.M. & Howthorne, J.M. (1989). *Brontopodus birdi*, Lower Cretaceous Sauropod Footprints from the U.S. Gulf Coastal Plain. In: *Dinosaur Tracks and Traces* (Gillette, D.D. & Lockley, M.G., eds.). Cambridge University Press, 371-394.
- Farlow, J.O. (1992). Sauropod tracks and trackmakers: integrating the ichnological and skeletal records. *Zubía*, 10: 89-138.
- Lockley, M.G.; Farlow, J.O. & Meyer, C.A. (1994). *Brontopodus* and *Parabrontopodus* ichnogen. nov. and the significance of wide-and narrow-gauge sauropod trackways. *Gaia*, 10: 135-145.
- Lockley, M.G.; Meyer, G.A. & Santos, V.F. (1996). *Megalosauripus*, *Megalosauropus* and the concept of Megalosaur Footprints. *Museum of North Arizona Bulletin*, 60: 113-118.
- Lockley, M.G.; Meyer, G.A. & Santos, V.F. (1998). *Megalosauripus* and the problematic concept of megalosaur footprints. *Gaia*, 15: 313-337.
- Mas, R.; Benito, M.I.; Arribas, J.; Serrano, A.; Guimerà, J.; Alonso, A. & Alonso-Azcárate, J. (2002). La Cuenca de Cameros: desde la extensión finijurásica-eocretácica a la inversión terciaria-implicaciones en la exploración de hidrocarburos. In: *Aspectos naturalísticos de Los Cameros I. Geología* (Pérez-Lorente, F., ed.). *Zubía Monográfico*, 14: 9-64.
- Moratalla, J.J. (1993). *Restos indirectos de dinosaurios del registro español: Paleoicnología de la Cuenca de Cameros (Jurásico superior-Cretácico inferior) y Paleología del Cretácico superior*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. 728 pp.
- Moratalla, J.J. (2002). Cameros Basin megasequence (Spain): an overview on body and ichnological biodiversity from the European Cretaceous. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22 (supplement to number 3): 90A.
- Moratalla, J.J. & Hernán, J. (2007). Dinosaur icnocenosis and the Cameros Basin as an oblige pass area during the Lower Cretaceous of the Iberian Plate. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27 (Supplement to number 3): 119A-120A.
- Moratalla, J.J. & Sanz, J.L. (1992). Icnitas aviformes en el yacimiento del Cretácico inferior de Los Cayos (Cornago, La Rioja, España). *Zubía*, 10: 53-60.
- Moratalla, J.J. & Sanz, J.L. (1997). Cameros Basin Megatracksite. In: *Enciclopedia of Dinosaurs* (Currie, P.J. & Padian, K., eds.). Academic Press, New York, 87-89.
- Moratalla, J.J., Hernán, J. & Jiménez, S. (2003). Los Cayos dinosaur tracksite: An overview on the Lower Cretaceous ichno-diversity of the Cameros Basin (Cornago, La Rioja province, Spain). *Ichnos*, 10: 229-240. doi:10.1080/10420940390255547
- Moratalla, J.J., Sanz, J.L. & Jiménez, S. (1997). *Dinosaurios en La Rioja (Guía de yacimientos paleoicnológicos)*. Consejería de Educación, Cultura, Juventud y Deportes-Iberdrola. 176 pp.
- Moratalla, J.J.; Sanz, J.L. & Jiménez, S. (1988). Nueva evidencia icnológica de Dinosaurios en el Cretácico inferior de La Rioja (España). *Estudios Geológicos*, 44: 119-131. doi:10.3989/egeol.88441-2530.
- Moratalla, J.J.; Sanz, J.L. & Jiménez, S. (1994). Dinosaur tracks from the Lower Cretaceous of Regumiel de la Sierra (province of Burgos, Spain): inferences on a new quadrupedal ornithopod trackway. *Ichnos*, 3: 89-97.
- Moratalla, J.J.; Sanz, J.L. & Jiménez, S. (2000). Nuevos hallazgos de dinosaurios y pterosaurios en el Cretácico Inferior de La Rioja. *Estrato*, 10: 91-96.
- Moratalla, J.J.; Sanz, J.L. & Jiménez, S. (2004). El área de Los Cayos (Cornago, La Rioja): un ejemplo de biodiversidad paleoicnológica en el Cretácico inferior español. In: *Paleontología. Miscelánea en homenaje a Emiliano Aguirre* (Baquedano E. & Rubio Jara, S., eds.). Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, Madrid, 336-346.
- Moratalla, J.J.; Sanz, J.L.; Jiménez, S. & Lockley, M.G. (1992). A quadrupedal ornithopod trackway from the Lower Cretaceous of La Rioja (Spain): inferences on gait and hand structure. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 12: 150-157.
- Norman, D.B. (2004). Basal Iguanodontia. In: *The Dinosauria, Second Edition* (Weishampel, D.B.; Dodson, P. & Osmolska, H.). University of California Press, 413-437.
- Paul, G.S. (2007). Turning the old into the new: a separate genus for the gracile iguanodont from the Wealden of England. In: *Horns and beaks: ceratopsian and ornithopods dinosaurs* (Carpenter, K., ed.). Indiana University Press, 69-77.
- Paul, G.S. (2008). A revised taxonomy of the iguanodont dinosaur genera and species. *Cretaceous Research*, 29: 192-216.
- Pérez-Arlucea, M. & Smith, N.D. (1999). Depositional patterns following the 1870s avulsion of the Saskatchewan River (Cumberland Marshes, Saskatchewan, Canada). *Journal of Sedimentary Research*, B69: 62-73.
- Pérez-Lorente, F. (2002). La distribución de yacimientos y de tipos de huellas de dinosaurio en la Cuenca de Cameros (La Rioja, Burgos, Soria, España). In: *Spec-*

- tos naturalísticos de los Cameros. I. Geología (Pérez-Lorente, F., ed.). *Zubía monográfico*, 14: 191-210.
- Pérez-Lorente, F. (2003). Icnitas de dinosaurio del Cretácico de España. In: *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España* (Ed. F. Pérez-Lorente). Ciencias de la Tierra, 49-108.
- Platt, N.H. & Wright, V.P. (1991). Lacustrine carbonates: facies models, facies distributions and hydrocarbon aspects. In: *Lacustrine Facies Analysis* (Anadón, P.; Cabrera, L. & Kelts, K., eds.). Special Publication of the International Association of Sedimentologists, 13: 57-74.
- Salas, R.; Guimerà, J.; Mas, R.; Martín-Closas, C.; Meléndez, A. & Alonso, A. (2001). Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain). In: *Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins* (Ziegler, P.A.; Cavazza, W.; Robertson, A.H.F. & Crasquin-Soleau, S., eds). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle 186, 145-186.
- Santafé, J.V.; Casanovas, M.L.; Sanz, J.L. & Calzada, S. (1982). *Morella y su fauna fósil*. Publicaciones de la Diputación Provincial de Castellón de la Plana, 59 pp.
- Santos, V.F.; Lockley, M.G.; Meyer, C.A.; Carvalho, J.; Galopim de Carvalho, A.M. & Moratalla, J.J. (2004). A new sauropod tracksite from the Middle Jurassic of Portugal. *Gaia*, 10: 5-13.
- Sanz, J.L., Moratalla, J.J., Rubio, J.L., Fuentes, C., Mejjide, M., 1997. *Huellas de dinosaurios de Castilla y León*. Burgos y Soria. Junta de Castilla y León, 87 p.
- Sarjeant, W.A.S.; Delair, J.B. & Lockley, M.G. (1998). The Footprints of *Iguanodon*: a History and Taxonomic Study. *Ichnos*, 6: 183-202.
- Smith, N.D. & Pérez-Arlucea, M. (1994). Fine-grained splay deposition in the avulsion belt of the Lower Saskatchewan River, Canada. *Journal of Sedimentary Research*, B64: 159-168.
- Torcida-Fernández-Baldor, F. (2006). Restos directos de dinosaurios en Burgos (Sistema Ibérico): un balance provisional. In: *Actas de las III Jornadas sobre Dinosaurios y su Entorno* (Colectivo Arqueológico-Paleontológico Salense, ed.), 105-128.
- Tye, R.S. & Coleman, J.M. (1989a). Evolution of Atchafalaya lacustrine deltas, south-central Louisiana. *Sedimentary Geology*, 65: 95-112. doi:10.1016/0037-0738(89)90008-0
- Tye, R.S. & Coleman, J.M., (1989b). Depositional processes and stratigraphy of fluviially dominated lacustrine deltas: Mississippi delta plain. *Journal of Sedimentary Petrology*, 59: 973-996.
- Weishampel, D.B., Barrett, P.M.; Coria, R.A. Le Loeuff, J.; Xing, X.; Xijin, Z.; Sahni, A.; Goman, E.M.P. & Noto, C.R. (2004). Dinosaur Distribution. In: *The Dinosauria, Second Edition* (Weishampel, D.B.; Dodson, P. & Osmolska, H., eds.). University of California Press, 517-606.
- Wilson, J.A. & Carrano, M.T. (1999). Titanosaur and the origin of «Wide-gauge» trackways: a biomechanical and systematic perspectiva on sauropod locomotion. *Paleobiology*, 25: 252-267.
- Woodhams, K.E. & Hines, J.S. (1989). Dinosaur Footprints from the Lower Cretaceous of Sussex, England. In: *Dinosaur Tracks and Traces* (Gillette, D.D. & Lockley, M.G., eds.). Cambridge University Press, 301-307.

Recibido el 13 de marzo de 2008

Aceptado el 3 de junio de 2008

Publicado online el 22 de octubre de 2008