

# ESTUDIO DE UN RASTRO DE HUELLAS DE SAURÓPODO DEL YACIMIENTO DE LAS CUESTAS I (SANTA CRUZ DE YANGUAS, SORIA, ESPAÑA). IMPLICACIONES TAXONÓMICAS

*[Study of a sauropod trackway of Las Cuestas I tracksite (Santa Cruz de Yanguas, Soria, Spain): taxonomic implications]*

Carlos PASCUAL ARRIBAS (\*)

Nieves HERNÁNDEZ MEDRANO (\*\*)

Pedro LATORRE MACARRÓN (\*\*\*)

Eugenio SANZ PÉREZ (\*\*\*\*)

(\*): IES Margarita de Fuenmayor. Alameda de A. Machado, s/n. 42100 Ágreda (Soria). Correo-e: capascual-1@telefonica.net

(\*\*): Jorge Vigón, 37. 26003 Logroño (La Rioja). Correo-e: nhernandez@ya.com

(\*\*\*): IES Castilla. Alonso de Velázquez, s/n. 42003 Soria. Correo-e: plmacarron@telefonica.net

(\*\*\*\*): Dpto. de Ingeniería y Morfología del Terreno. Esc. Téc. Sup. de Ingenieros de Caminos, C. y P. Ciudad Univ., s/n. 28040 Madrid. Correo-e: esanz@caminos.upm.es

(FECHA DE RECEPCIÓN: 2007-07-27) (FECHA DE ADMISIÓN: 2007-09-10)

BIBLID [0211-8327 (2008) 44 (1): 13-40]

**RESUMEN:** El yacimiento de Las Cuestas I (Santa Cruz de Yanguas, Soria), de la Aloformación Huérteles (Cuenca de Cameros) cuenta con casi 600 icnitas de dinosaurios, la mayoría agrupadas en 51 rastros: de terópodos, de ornitópodos y sobre todo de saurópodos. Entre ellos destaca LCU-I-37 por tener 28 pares de pisadas (pie-mano), de saurópodo con señales de dedos y por haberse encontrado algunos de sus contramoldes, tanto de las huellas de los pies como de las manos, con magníficas réplicas de sus uñas.

El estudio de las icnitas y de los contramoldes revela: huellas de pies con impresiones de 3 uñas decrecientes de I a III, dirigidas hacia fuera del rastro, y con dos marcas semicirculares correspondientes a las callosidades de los dedos IV y V; y las de las manos en forma de herradura, simétricas y la señal del dedo I muy

reducida. Asimismo se deduce que es un rastro propio de vía media, en el límite inferior con los de vía estrecha. El índice de heteropodía es intermedio (IH de 1:3).

Dadas sus características no concordantes con los principales icnogéneros de saurópodos, es probable que pertenezcan a un nuevo icnogénero, parecido a *Parabrontopodus*, propio del clado Macronaria no Titanosauriformes.

Palabras clave: Saurópodos, Berriasiense, Aloformación Huérteles, Cuenca de Cameros, España.

**ABSTRACT:** The tracksite of Las Cuestas I (Santa Cruz de Yanguas, Soria), in the Huérteles Alloformation (Camerros Basin) has almost 600 dinosaur tracks, mostly grouped in 51 trackways: theropods, ornithopods and mainly sauropods. LCU-I-37 is emphasized among the latest ones for having 28 manus-pes sets sauropod footprints with digit marks and besides some of their natural casts have been found with tracks of their feet as well as their hands, with magnificent replica of their nails.

The study of the footprints and natural casts reveals: tracks of feet with impressions of 3 decreasing nails I to III, going towards outside the track, and with two semicircular marks corresponding to the callosities of digits IV and V; and those horseshoe handed ones, with a very reduced mark of digit I. It is also deduced that it is a typical track of medium gauge, in the lower limit of those of narrow gauge. The index of heteropody is intermediate (IH of 1:3).

According to their non concordant characteristics with the main ichnogenus of sauropods, they may probably belong to a new ichnogenus, similar to *Parabrontopodus*, suitable of clade Macronaria no Titanosauriformes.

Key words: Sauropods, Berriasian, Huérteles Alloformation, Cameros Basin, Spain.

## INTRODUCCIÓN

Clasificar una huella es siempre complejo, pues su forma depende no sólo del autópodos que la ha originado, sino también de la naturaleza y grado de humedad del sedimento pisado y de los procesos tafonómicos de la preservación de la icnita.

En el caso de los saurópodos, catalogar sus huellas se hace aún más difícil, ya que, en mayor medida que en otros tipos de dinosaurios, se puede deformar no sólo la capa hollada, sino también las inmediatas inferiores. Así, una misma pisada puede producir, además de la huella real o verdadera, varios calcos o subhuellas en los niveles subyacentes. Por otra parte, la perturbación del sedimento en la superficie de marcha (FORNÓS *et al.*, 2002) suele ser demasiado intensa como para no permitir la reproducción exacta de la anatomía de los autópodos. Como resultado, la posibilidad de encontrar icnitas saurópodas verdaderas y bien formadas (*elite tracks*; LOCKLEY & HUNT, 1995) es pequeña.

El primer elemento a considerar en la determinación de estas huellas es, sin duda, su morfología, especialmente el número, forma y disposición de las impresiones dactilares. Con frecuencia las icnitas de saurópodos se reducen a

meros huecos ovales o circulares, sin apenas rasgos morfológicos destacables. Por ello, no es raro que se hayan definido, por ahora, pocos icnogéneros de icnitas de saurópodos, pues son escasas las pisadas con impresiones precisas de sus autópodos. Como complemento adicional en la descripción de las huellas se cuenta con sus contramoldes. Éstos, cuando están bien formados, representan un medio inestimable para conocer la anatomía de los autópodos; sin embargo, escasean en el registro icnológico. Se conocen contramoldes de saurópodos, por ejemplo: en USA, en Utah (LOCKLEY *et al.*, 1992; MEYER *et al.*, 1994; LOCKLEY & MICKELSON, 1997), en Colorado (LOCKLEY, 1990) y en la Formación Morrison de Wyoming (PLATT & HASIOTIS, 2006); en Portugal, en el yacimiento de Pedra da Mua (SANTOS, 2003) y en Lourinhã (MILÀN *et al.*, 2005); y en España, en Asturias (GARCÍA-RAMOS *et al.*, 2000; LIRES, 2000) y Aragón (PÉREZ-LORENTE, 2007).

No obstante, en muchos casos, los caracteres morfológicos son insuficientes para diferenciar estas huellas. Cuando los datos son escasos, las icnitas se suelen asociar a los icnogéneros conocidos según el tipo de rastro que forman, sin tener en cuenta que no existe una relación biunívoca entre ellos. Tradicionalmente, los rastros de saurópodos se clasifican, en función de la anchura interna de rastro (Ar), en dos tipos: de vía ancha (*wide gauge*) y de vía estrecha (*narrow gauge*) (FARLOW, 1992). Más recientemente (MEYER *et al.*, 1994; DAY *et al.*, 2004) se ha considerado un tercer tipo, vía media (*intermediate-gauge*; *medium gauge*).

En otros estudios, el tipo de rastro viene dado en función de la amplitud (Ar) (CASANOVAS *et al.*, 1989), mediante la relación Ar/a, siendo “a” la anchura de la huella del pie; o en función de la anchura total de rastro (AR) (ROMANO *et al.*, 2007), según las “relaciones de rastro” de pies y de manos (PTR y MTR).

No se sabe bien hasta qué punto la anchura de rastro varía dentro de cada icnogénero. Es posible que algunos saurópodos produjeran varios tipos de pistas en función de la ontogenia de sus autores (LOCKLEY *et al.*, 2002), o intervinieran otros factores como el estado del sustrato al ser pisado, o influyera la velocidad de desplazamiento (FARLOW, 1992; WILSON & CARRANO, 1999). En general, se acepta que según la anatomía del saurópodo se producía uno u otro tipo de pista (WILSON & CARRANO, 1999; CARRANO & WILSON, 2001). Ésta es la razón por la que se considere a la anchura del rastro como segundo elemento diferenciador de icnitas saurópodas.

LOCKLEY *et al.* (1994) proponen un tercer elemento a utilizar en la catalogación de estas huellas: el índice de heteropodia (IH). Sin embargo, a pesar de que el rango de variación es amplio (entre 1:1 y 1:5; LEONARDI, 1994; SCHULP & BROKX, 1999; SANTOS *et al.*, 1994; SANTOS, 2003; LOCKLEY & RICE, 1990) y se emplea conjuntamente con el tipo de rastro (LOCKLEY *et al.*, 1994), sigue sin tenerse en cuenta en las descripciones de los icnogéneros de estos reptiles. La razón de este proceder es la excesiva dependencia existente entre el tipo de rastro y los icnogéneros conocidos (los rastros de vía estrecha se asocian con *Parabrontopodus* y los de vía ancha con

*Brontopodus*) así como la posible variabilidad del tipo de rastro propio de cada icnogénero (LOCKLEY *et al.*, 2002; WRIGHT, 2005).

La utilización de estos tres elementos discriminatorios, con el complemento de otros (por ejemplo, profundidad diferencial entre huellas de pies y manos), permite una mejor catalogación de este tipo de huellas, más acorde con las familias y géneros de saurópodos conocidos.

El estudio del rastro LCU-I-37 del yacimiento de Las Cuestas I en Santa Cruz de Yanguas (Soria, España) tiene como propósito dar a conocer uno de los rastros de saurópodos más completos de la Cuenca de Cameros con rasgos morfológicos destacables; y reconocer la importancia de los tres elementos señalados en la determinación y taxonomía de este tipo de huellas.

### SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LAS CUESTAS I

El yacimiento de Las Cuestas I se sitúa a 2,1 km al oeste de la localidad de Santa Cruz de Yanguas (Soria), en la margen derecha del arroyo Morillo, también llamado de La Solana, a pocos metros aguas abajo de la unión de los arroyos del Acebo y de Las Gamenosas [Hoja del MTN 1:50.000, n.º 280

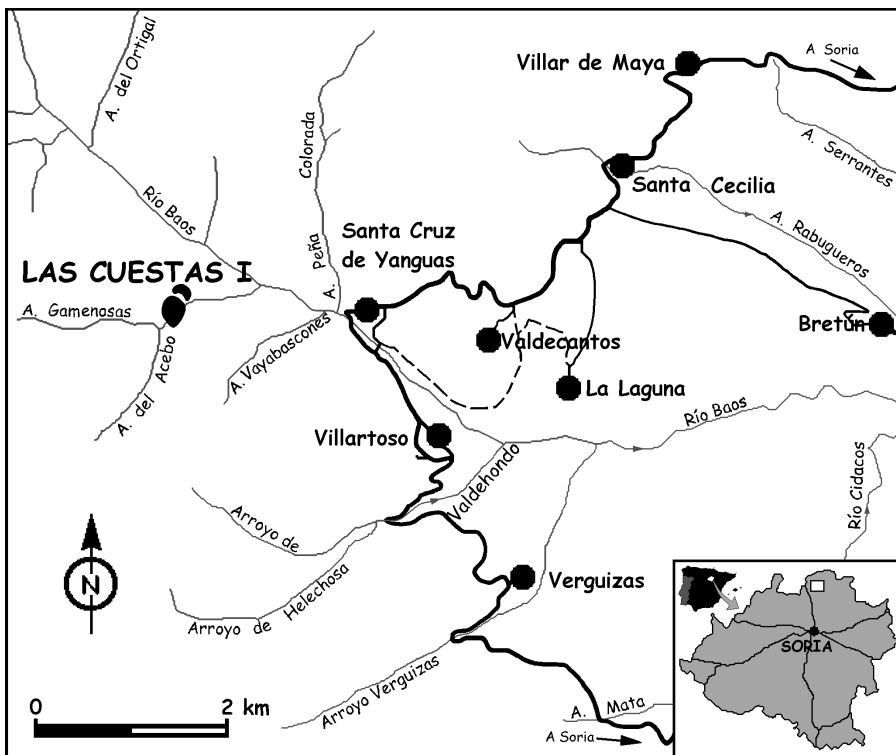


Figura 1. Localización del yacimiento con huellas de dinosaurios de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España).

(23-12): Enciso] (figura 1). Es uno de los 51 yacimientos con icnitas de saurópodos del Grupo Oncala (HERNÁNDEZ *et al.*, en revisión).

Las huellas aparecen en tres niveles de limolitas grises, algo azuladas, arenosas, ligeramente carbonatadas y con alto contenido en materia orgánica. En todas las superficies hay grietas de desecación (*mud cracks*) y, en determinadas zonas, ondulaciones de oleaje (*ripples marks*) de dirección E-O. El rastro LCU-I-37 se localiza en la parte más occidental de la capa superior, de inclinación NNO (figura 2).

Este paquete de estratos forma parte de la unidad “J332cm: Calizas en lajas y margas” de CÁMARA & DURÁNTEZ (1981) y de la Subunidad IVa de la Aloformación Huérteles (GÓMEZ FERNÁNDEZ, 1992; GÓMEZ FERNÁNDEZ & MELÉNDEZ, 1994), dentro del Grupo Oncala (TISCHER, 1966) de la Subcuenca Oriental de Cameros (MAS *et al.*, 1993).

Los materiales se depositaron en llanuras arenosas-fangosas (GÓMEZ FERNÁNDEZ, 1992; GÓMEZ FERNÁNDEZ & MELÉNDEZ, 1994) relacionadas con abanicos aluviales-lagos salinos de climas áridos y semiáridos (ROBERTSON-

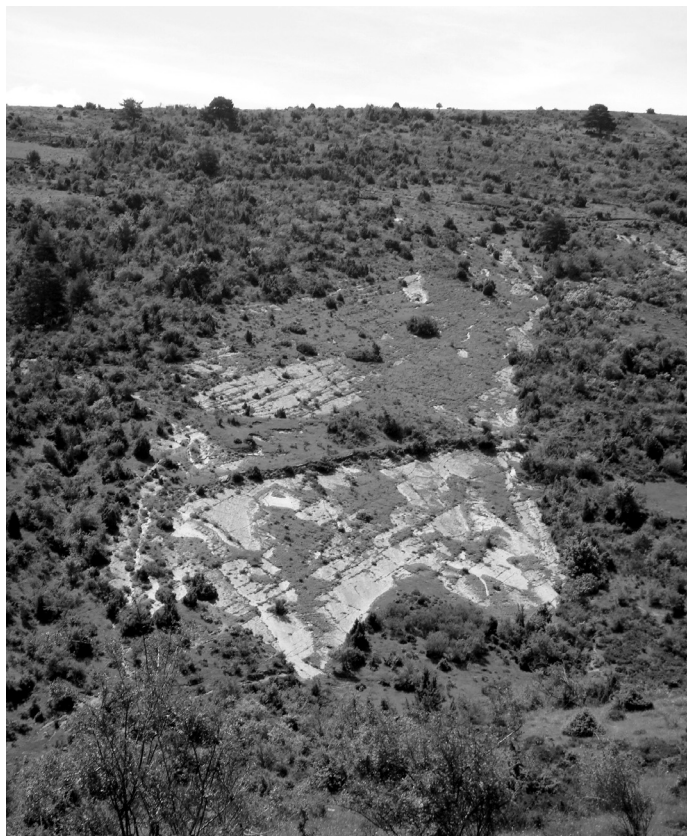


Figura 2. Yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España).

HANDFORD, 1982; HUBERT & HYDE, 1982; GIERLOWSKY-KORDESCH & RUST, 1994). Se cree que los sedimentos alcanzaron la zona en episodios de avenidas, pues no existía una red fluvial bien jerarquizada (GÓMEZ FERNÁNDEZ, 1992).

La Aloformación Huérteles pertenece a la tercera secuencia de depósito de relleno de la Cuenca de Cameros (MAS *et al.*, 1993, 1997; MARTÍN I CLOSAS, *et al.*, 1998; ARRIBAS *et al.*, 2003) de edad no bien definida, que oscila entre Berriasiense medio (MARTÍN I CLOSAS, 1989) y Berriasiense superior (SALOMON, 1982), aunque la falta de fósiles cronológicamente significativos no permite decidir, inequívocamente, sobre ninguna de estas dataciones.

## DESCRIPCIÓN

El yacimiento de Las Cuestas I fue citado por primera vez por AGUIRREZABALA & VIERA (1983) en su trabajo sobre icnitas de Sta. Cruz de Yanguas. Sin embargo, no se había cartografiado, ni estudiado. Después de muchos años, la erosión, favorecida por la fuerte inclinación de las capas, ha eliminado parte de los derrubios dejando al descubierto gran cantidad de huellas (casi 500).

El rastro LCU-I-37 (figura 3) es uno de los 49 descubiertos, por ahora, en la parte inferior (zona A) del yacimiento (en estudio). Aunque las icnitas saurópodas son las que predominan, también hay huellas y subhuellas de terópodos y ornitópodos.

El rastro está formado por 28 pares (pie-mano) de pisadas. El interior de algunas icnitas se encuentra ocupado por sedimento. En ocasiones, el relleno y la estampa (REQUETA *et al.*, en revisión) se han soldado, lo que imposibilita ver la mayoría de sus características, como las marcas de dedos, profundidad real, etc. En otros casos, el relleno se ha desprendido por acción de la intemperie, lo que ha proporcionado seis contramoldes (5 de pies y 1 de mano), de los cuales los mejor formados se han depositado en el Museo Numantino de Soria (MN 2006/75/1, 2 y 3). Generalmente, las huellas de las manos están peor conservadas que las de los pies.

En algunas icnitas, sobre todo del lado izquierdo del rastro (10m, 17m, 19p y 19m), la superficie de estudio (REQUETA *et al.*, en revisión) ha desaparecido total o parcialmente, por lo que la impresión es un calco. En estos casos, la forma de las huellas es semejante a las del resto, pero su borde no es tan nítido (se observan gracias a las rebabas que las delimitan) y su interior basal es prácticamente liso. La profundidad en estas icnitas es pequeña (0,5-1 cm).

## HUELLAS DE PIES (FIGURA 4)

Las huellas de los pies son 28, de las que 8 son moldes de 9-12 cm de profundidad y las 20 restantes están total o parcialmente rellenas de sedimento. Las rebabas que las rodean son poco potentes aunque pueden llegar a ser anchas. Las dimensiones medias son: 73,5 cm de longitud y 54,8 cm

de anchura. Su forma es ovalada, más ancha en la parte anterior y más estrecha en el talón.

Los dedos se identifican por las marcas de sus uñas, que son de tamaño decreciente en orden I, II y III, y están dirigidas hacia el exterior de la pista.

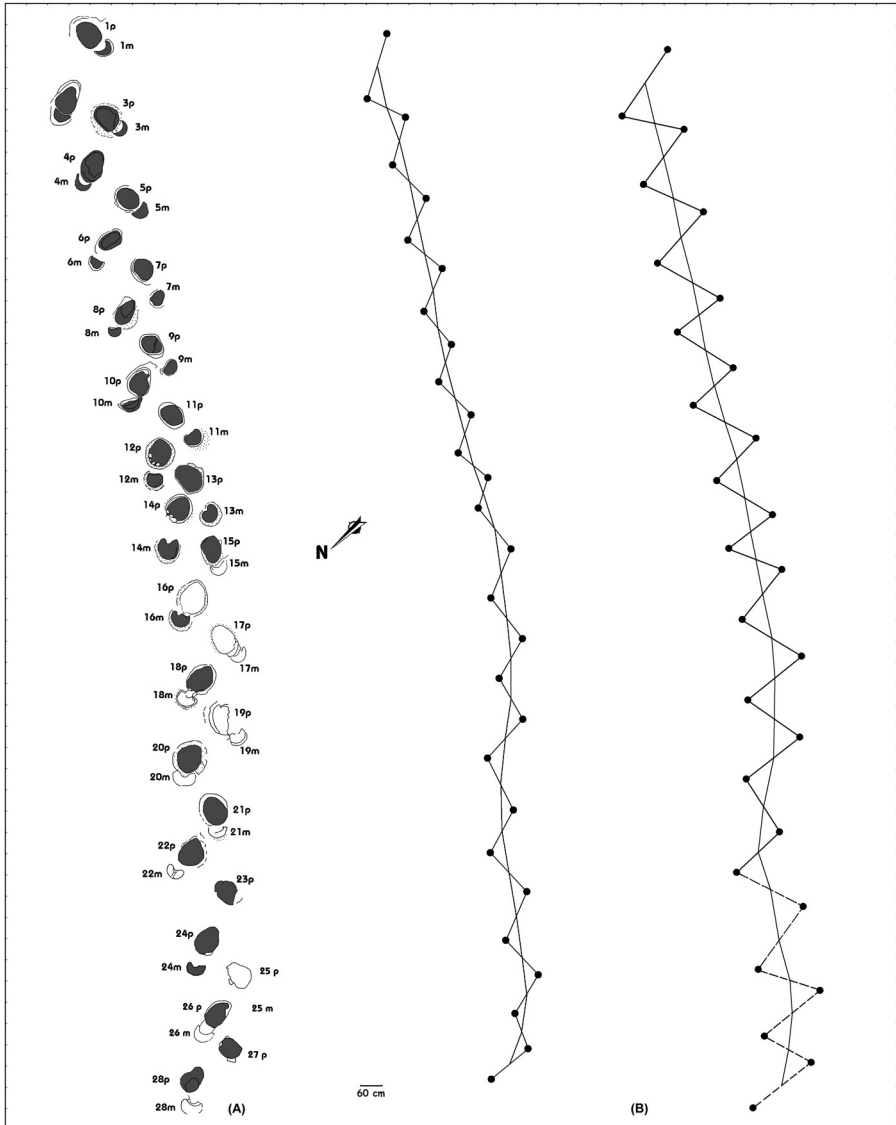


Figura 3. Rastro 37 del yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España). (A) Plano del rastro. (B) Esquema del rastro, mostrando la dirección de la línea media y los pasos de los pies y manos.

Son alargadas, anchas y relativamente profundas. Los dedos IV y V no tienen señales de uñas, sino que se intuyen por unas trazas redondeadas de posibles endurecimientos o callosidades.

Todas las huellas de pies están dirigidas hacia fuera del rastro (rotación positiva, según LEONARDI, 1979) una media de  $31,8^\circ$ .

#### HUELLAS DE MANOS (FIGURA 5)

El número de huellas de las manos es 26 (faltan 23m y 27m y otras están incompletas). Sólo 4 de ellas conservan en su interior el relleno de sedimento. Son cóncavas en su mayoría, con una profundidad media de 8,7 cm. A su



Figura 4. Huella de pie de saurópodo (LCU-I-37-12p). Yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España). Barra gráfica: 15 cm.



alrededor hay rebabas poco desarrolladas, aunque en algún caso llegan a alcanzar una anchura de 23 cm, expansión que es más perceptible en la parte anterior. Se disponen delante de las de los pies, pero más separadas del eje de marcha y orientadas hacia fuera del rastro.

Algunas pisadas sólo tienen bien marcada la parte anterior, en forma de herradura (arco metacarpal cercano a  $270^\circ$ ). En estos casos la superficie de marcha (FORNÓS *et al.*, 2002) ha desaparecido, lo que impide conocer la profundidad real de la huella. En otros casos son semicirculares.

Son más anchas que largas (31,4 x 45,1 cm) y simétricas. No tienen trazas bien desarrolladas de los dedos. Sólo la correspondiente al dedo I se aprecia con más asiduidad como una marca estrecha y aguda, dispuesta medialmente (figura 5). En ocasiones, aparecen pequeñas señales (en algunos casos triangulares) en el borde, acordes con las uñas de los dedos II, III y IV. En cualquier caso, la mayoría de estas icnitas están muy mal conservadas.

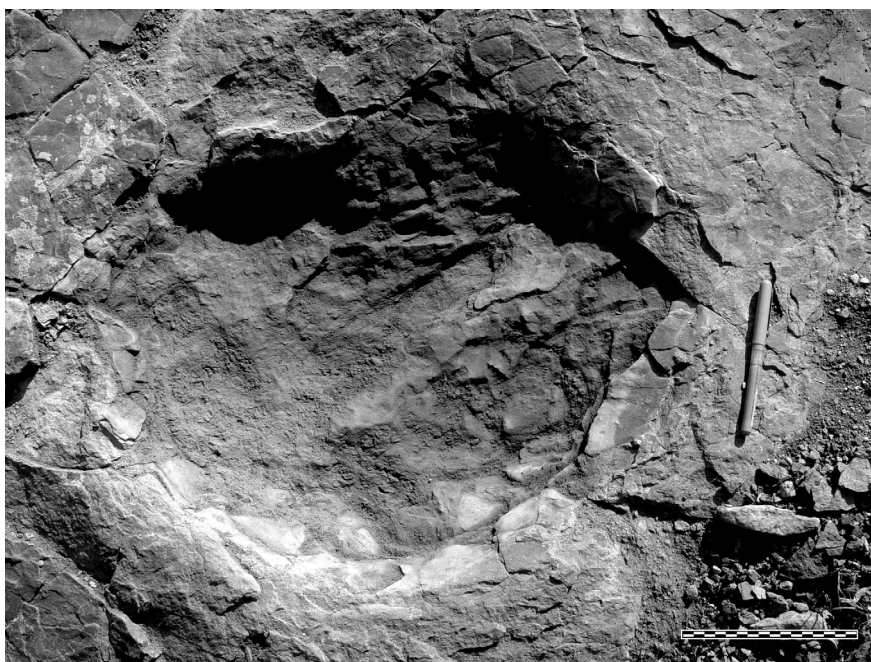


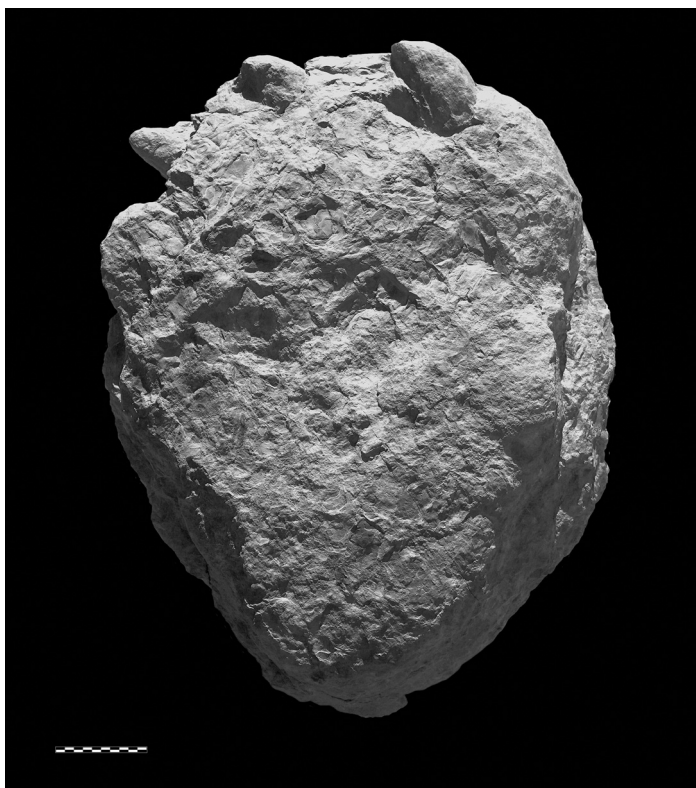
Figura 5. Huella de mano de saurópodo (LCU-I-37-13m). Yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España). Barra gráfica: 15 cm.

## CONTRAMOLDES

Los contramoldes desprendidos de las huellas de pies (12p, 13p, 18p, 24p y 25p) muestran la reproducción tridimensional fidedigna de parte de los autópodos (figura 6). Tienen forma de ovalada a triangular, con la parte

anterior más ancha, con la réplica de las tres uñas correspondientes a los tres primeros dedos y las callosidades del IV y V. La parte posterior, que constituye el talón, es más estrecha y redondeada.

Las uñas son gruesas, largas y anchas, de terminación aguda, y se dirigen hacia el exterior. La del dedo I tiene una longitud de 12,5 cm, la anchura es de 8 cm y la altura de 6,2 cm. Se encuentra separada 10 cm de la del II, la cual es mucho más corta (7,8 cm), mientras que su anchura y altura son semejantes (6,3 y 6,2 cm, respectivamente). En ambos casos, las superficies inferiores son ligeramente cóncavas. A 10 cm de la uña II se sitúa la III. Como en los casos anteriores es alargada y más corta (7 cm) y la anchura constante (4,6 cm), pero no su altura (6,2 cm). Algunas marcas de uñas muestran estrías como resultado del deslizamiento por el fango. La callosidad asociada al dedo IV es semicircular, la longitud máxima es de 13,5 cm y la anchura de 7 cm. La correspondiente al dedo V es menor, semejante a la anterior aunque algo más angulosa en el centro. El espesor del contramolde es de unos 12 cm.



*Figura 6. Contramolde de pie de saurópodo (LCU-I-37-12p). Yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España). (Foto: Alejandro Plaza. MN 2006/75,1. Museo Numantino. Soria). Barra gráfica: 10 cm.*



*Figura 7. Contramolde de mano de saurópodo (LCU-I-37-24m). Yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España). (Foto: Alejandro Plaza. MN 2006/75,3. Museo Numantino). Barra gráfica: 10 cm.*

El único contramolde de mano (LCU-I-24m) (figura 7) tiene forma de herradura, es simétrico y con extremos agudos. En él se distinguen los salientes correspondientes a los cinco dedos, excepto en el caso del I en el que la roca está rota. Las terminaciones del dedo I (aunque no se observa directamente se deduce por las marcas en las huellas) y del dedo V son más agudas que las de los otros tres. Las uñas de los dedos centrales se reconocen por tres resaltes triangulares de 1 cm de longitud y base muy amplia. Los correspondientes a los dedos II y IV se sitúan a 21 cm de la parte posterior del contramolde y a 7,5 cm de sus bordes laterales; mientras el del dedo III aparece, fragmentado, en el frente, a igual distancia (14 cm) de los anteriores. El contramolde tiene una concavidad en la orilla posterior (arco metacarpal de unos 270° de amplitud) que le confiere la forma de herradura de lámina muy ancha (18 cm). El espesor máximo del contramolde es de 12 cm.

Huella	L (cm)	A (cm)	IH	O(°)	P(cm)	z(cm)	GA (cm)	Ar (cm)	Lr(cm)	Ari (cm)	Ap(°)	DIP (cm)	v1 (km/h)
LCU-I-37-1p	72	53	3,4	+35	185	238	266	45	165	-	107	14	3,6
LCU-I-37-1m	25	45		+30	215	237,5		81	187		72		
LCU-I-37-2p	72	54	3,9	+27	120	203	267	45	164	+23	110	15	2,7
LCU-I-37-2m	23	43		+20	186	190		79	192		60		
LCU-I-37-3p	73	53	-	+34	145	233	287	47	156	+11	116	25	3,5
LCU-I-37-3m	-	-		+33	195	230		82	210		72		
LCU-I-37-4p	73	53	3,3	+35	129	230	286	37	144	+4	116	0	2,2
LCU-I-37-4m	27	43		+35	194	233		78	194		74		
LCU-I-37-5p	72(60)	52(50)	3,2	+32	141	216	277	35	138	+9	107	14	3,1
LCU-I-37-5m	26	45		+35	195	253		78	190		78		
LCU-I-37-6p	71	54	3,0	+50	128,5	194	272	40	149	+9	100	20	2,3
LCU-I-37-6m	30	42		+45	209	208,5		79	193		68		
LCU-I-37-7p	70	56	2,6	+22	126	216	281	42	141	+14	120	44	3,1
LCU-I-37-7m	32	47		+23	163	206		75	183		69		
LCU-I-37-8p	72	50	-	+28	125	215	279	32	128	+2	130	20	2,9
LCU-I-37-8m	27	36		+40	190	208,5		72	180		73		
LCU-I-37-9p	72	52	2,5	+31	113	214	284	27	147	-9	121	32	2,8
LCU-I-37-9m	32	47		+26	152	213		68	175		70		
LCU-I-37-10p	76	56	2,8	+36	40	212,5	290	28	128	-3	121	18	2,8
LCU-I-37-10m	32	47		+42	205	233		71	181		79		
LCU-I-37-11p	72	54	2,5	+25	113	184	289	30	127	-9	115	35	2,1
LCU-I-37-11m	33	47		+29	156	216		68	181		79		
LCU-I-37-12p	73	56	2,8	+27	104	160	267	29	127	-5	112	30	1,9
LCU-I-37-12m	33	44		+32	180	192		69	175		71		
LCU-I-37-13p	72	55	2,6	+24	87	202,5	278	26,5	122	-12	120	65	2,5
LCU-I-37-13m	32	47		+33	154	151		67	181		58		
LCU-I-37-14p	72	62	2,9	+37	143	249	302	21	121	-9	119	60	3,6
LCU-I-37-14m	33	47		+35	166	190		70	187		67		
LCU-I-37-15p	73	56	3,1	+20	145	247	290	36	136	+6	123	15	3,4
LCU-I-37-15m	28	47		+20	172	246		70	186		82		
LCU-I-37-16p	73	58	3,5	+30	136	218	277	33	130	+1	115	15	3,0

Tabla I.

LCU-I-37-16m	28	43		+25	198	228,5		69	183		78		
LCU-I-37-17p	72	53	2,9	+35	124	224	274	34	133	-8	126	22	3,1
LCU-I-37-17m	26	50		+24	189	223		78	200		75		
LCU-I-37-18p	72	60	3,-	+34	133	226,5	291	30	128	-3	115	23	3,2
LCU-I-37-18m	30	48		+27	173	212		72	184		73,5		
LCU-I-37-19p	72	-	-	+33	136	243	300	36	138	+6	110	18	3,4
LCU-I-37-19m	24	36		+19	181	263		71	185		93		
LCU-I-37-20p	72	53	2,9	+15	156	249	282	40	145	+12	120	2	3,6
LCU-I-37-20m	28	47		+25	185	246		66	171		90		
LCU-I-37-21p	73	54	3,0	+34	130	221	293	35	140	+5	107	15	3,0
LCU-I-37-21m	28	47		+35	162	-		61	175		60		
LCU-I-37-22p	74	-	-	+45	148	236	302	40	154	+15	112	20	3,3
LCU-I-37-22m	29	45		+30	-	269		80	195		-		
LCU-I-37-23p	72	53	-	+35	137	240	286	40	151	+15	113	-	3,4
LCU-I-37-23m	-	-		-	-	-		-	-		73		
LCU-I-37-24p	73	55	2,8	+35	149	209	264	39	145	+10	102	32	2,8
LCU-I-37-24m	33	44		+25	-	204		78	176		70		
LCU-I-37-25p	75	53	-	+35	121	210	-	41,5	149	+16	127	-	2,7
LCU-I-37-25m	-	-		-	-	-		70	190		70		
LCU-I-37-26p	75	56	2,9	+25	114	188	-	27	115	-11	114	30	2,2
LCU-I-37-26m	32	45		+40	-	178		66	-		70		
LCU-I-37-27p	-	55	-	+40	109	-	-	30	122	+3	-	-	-
LCU-I-37-27m	-	-		-	-	-		-	-		-		
LCU-I-37-28p	75	50	2,8	+20	-	-	-	-	-	-	-	20	-
LCU-I-37-28m	30	45		+25	-	-		-	-		-		
Medias pies	72,7	54,5	3,1	+31,8	130,7?	218,4?	282,7	35,0	138,6	+4,2	115,7?	24,1	2,9
Medias manos	29,2	43,2		+29	181,9?	218,5?		73,1	185,8	(+7,8)	74,0?		
Otros valores	h1(Alexander, 1976) = 290,8 cm; h2(Thulborn, 1990) = 428,9 cm; h3(Lockley et al., 1986) = 218 cm; h4(Ishigaki, 1988) = 261,7 cm; v1(Alexander, 1976) = 2,9 km/h; v2(Demathieu, 1986) = 3,6 km/h; GA1 (alternante; Farlow et al., 1989) = 148,4 cm; GA2 (alternante evolucionado; Farlow et al., 1989) = 184,1 cm; GA3 (amblar; Farlow et al., 1989) = 293,3 cm; GA/h (Santos, 2002) = 0,96; GA/Lr = (Santos, 2002) = 1,52; z/h = 0,74; Ar(p)/A(p) = 0,64; Ar(m)/A(m) = 1,62												
Abreviaturas	LCU-I = siglas del yacimiento de Las Cuestas I; L = longitud de huella; A = Anchura de huella; IH = índice de heteropodia = superficie del pie/superficie de la mano; O = orientación de la huella respecto al eje de marcha; P = paso; z = zancada; GA = distancia glenoacetabular; Ar = amplitud de rastro; Lr (luz o anchura de rastro; Ar <sub>i</sub> = Anchura interna de rastro; Ap = ángulo de paso; DIP = Distancia interna pie-mano del mismo lado; V1 = Velocidad según Alexander (1976)												

Tabla I (continuación).

## RASTRO

El rastro LCU-I-37 está formado por la sucesión alternante de 28 pares de huellas pie-mano. Su trayectoria se dirige de SE a NO. Se diferencian dos tramos: uno, constituido por los 14 primeros pares de icnitas pie-mano que es rectilíneo; y otro, desde el par 14 hasta el final, en el que además de cambiar ligeramente la trayectoria, el desplazamiento es sinusoidal (figura 3). La pista se cruza con otras 4 de saurópodos y con otras icnitas saurópodas aisladas.

Al comienzo del rastro las huellas están bastante deterioradas. Su disposición es tal que la anchura interna del rastro (Ari) es de algunos cm (tabla 1). Hacia la mitad disminuye la longitud del paso, sobre todo de los pies, y la anchura interna es negativa. A partir del par 14, la marcha es más irregular y la separación vuelve a ser de pocos centímetros.

Se considera que el rastro tiene características de vía estrecha en el límite con los de vía ancha (FARLOW, 1992), con un episodio anómalo claro, hacia la mitad del trayecto, con rasgos de vía estrecha estricto. De forma más precisa, según el PTR medio del rastro (48,32%) puede clasificarse como de vía media (según MEYER *et al.*, 1994; DAY *et al.*, 2004) muy próximo al límite de los de vía estrecha (ROMANO *et al.*, 2007) (figura 8). El MTR (25,67%) de las manos muestra que, como en los tradicionales rastros de vía estrecha, LCU-I-37 tiene las huellas de las manos mucho más alejadas de la línea media de marcha que los pies.

La distancia entre las huellas del pie y la mano del mismo par (distancia interpar) es, generalmente, de pocos centímetros (10-20). Excepcionalmente

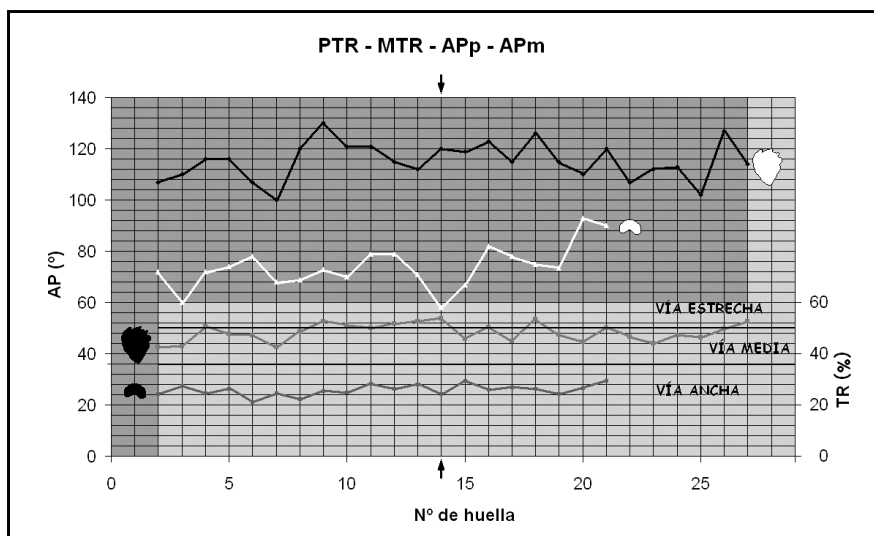


Figura 8. Variación de TR (%) y AP (°) en el rastro 37 del yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España).

en 13p-13m y 14p-14m alcanza 60-65 cm a causa del movimiento anómalo de los autópodos, relacionado probablemente con el cambio de dirección (figura 3). Ello motiva que la longitud del par pie-mano, que oscila entre 111 y 116 cm, en dichas ocasiones alcance valores de 170-172 cm. El valor medio de pm (distancia entre el punto medio del pie y mano de cada par; FARLOW *et al.*, 1989) es de 74,1 cm, mayor en la parte rectilínea (79,3 cm) que en la sinusoidal (68 cm), probablemente a consecuencia del balanceo lateral que tiene lugar en la segunda parte del rastro.

El paso de los pies es variable, el valor medio de 130,7 cm es inferior al de las manos (181,9 cm); mientras que las zancadas son muy semejantes (promedio de 218,4 cm). En los puntos anteriores al cambio de dirección (10p, 11p, 12p, 13p y 14p) los pasos de los pies se acortan drásticamente. A continuación, vuelven a recuperar su cadencia normal. También es muy desigual el ángulo de paso en estas mismas pisadas, con mayor valor en los



Figura 9. Rastros de saurópodos en el yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España).

pies (115,8°) que en las manos (74,0°). Este caso es similar al del rastro saurópodo del yacimiento de Valdecevilla (La Rioja), en el que la disminución de la velocidad, inducida por un cambio brusco de dirección, hace variar la separación entre las pisadas debido a que los pasos y zancadas se hacen más cortos (CASANOVAS *et al.*, 1989).

Las huellas se dirigen hacia fuera del rastro (+31,8° en el caso de los pies y +29° en el caso de las manos). Las de las manos están más separadas del eje de marcha (figura 8) y están colocadas delante de los pies en dirección semejante (tabla 1).

La distancia glenoacetabular GA, calculada mediante las relaciones de FARLOW *et al.* (1989), alcanza: para andar alternante el valor de 146,9 cm; para alternante evolucionado 183,3 cm; y para desplazamiento amblar 292,5 cm. La misma medida, tomada directamente en el rastro según el método de LEONARDI (1987), es de 172,6 cm para andar alternante primitivo, 223 cm para alternante evolucionado y de 284,7 cm para amblar. Según CASANOVAS *et al.*, (1997), los cálculos indican que la forma de andar de este tipo de dinosaurios era amblar.

El valor de h (tabla 1) calculado para el autor de las huellas es de 293,9 cm según la fórmula de ALEXANDER (1976). El motivo de tal elección radica en que las medidas directas sobre el rastro de las GA (LEONARDI, 1987) dan un valor medio de 284,7 cm para el tipo de andar utilizado (amblar en este caso). Este dato no debe diferir mucho de h, tal como indican MAZZETTA & BLANCO (2001) al estudiar la variación de GA/h en esqueletos de saurópodos. Esta relación varía entre 0,97 y 1,34 (en este caso es 0,98), por lo que h corresponde aproximadamente con 4 veces la longitud del pie, tal como ALEXANDER (1976) proponía. Si se hubieran utilizado las relaciones de THULBORN (1990), LOCKLEY *et al.* (1986) o ISHIGAKI (1988), h alcanzaría valores muy superiores e inferiores: 429 cm, 218 cm y 262 cm, respectivamente.

Las velocidades de desplazamiento obtenidas utilizando las expresiones de ALEXANDER (1976) y DEMATHIEU (1986) son de 2,9 km/h y 3,6 km/h, respectivamente; lo que da lugar a que el valor medio estimado sea de 3,25 km/h. Hay que destacar que la velocidad del autor de las huellas disminuye de 2,9 a 1,9 km/h en el tramo anómalo del rastro (pares pie-mano, 10, 11, 12, 13 y 14), volviendo a desplazarse en torno a 3 km/h en el resto del recorrido.

Las medidas de h y de L indican que el autor de las huellas de Las Cuestas I era un saurópodo de talla media, de unos 12,6 m de longitud, que se desplazaba andando ( $z/h < 2$ ).

El resto de las pisadas de saurópodos del yacimiento son semejantes a éstas y se disponen en rastros claros de vía estrecha (FARLOW, 1992) (figura 9). Sin embargo, son menores y en ningún caso con marcas de dedos.



## DISCUSIÓN

La utilización de varios criterios de diferenciación de icnitas (forma de las huellas, tipo de rastro, IH) constituye el medio más idóneo para el estudio y determinación de pisadas de saurópodos, tal y como indicaron LOCKLEY *et al.* (1994). Aunque no todas las combinaciones de esos caracteres son posibles, no hay duda de que su uso abre más posibilidades para distinguir icnitas y para la definición de icnogéneros; así como para relacionarlos mejor con las familias o clados de saurópodos (WRIGHT, 2005).

Por las características morfológicas, tanto las huellas de pies como de manos (PÉREZ-LORENTE, 1999) del rastro LCU-I-37 se asignan a saurópodos.

### CLASIFICACIÓN DE LAS HUELLAS (FIGURA 10)

En el caso concreto de las icnitas del rastro LCU-I-37 observamos que:

1º.- Por la forma, tienen parecido con las huellas de rastros de vía estrecha (según FARLOW, 1992). Los icnogéneros más importantes entre ellos son *Parabrontopodus* y *Breviparopus* (LOCKLEY *et al.*, 1994).

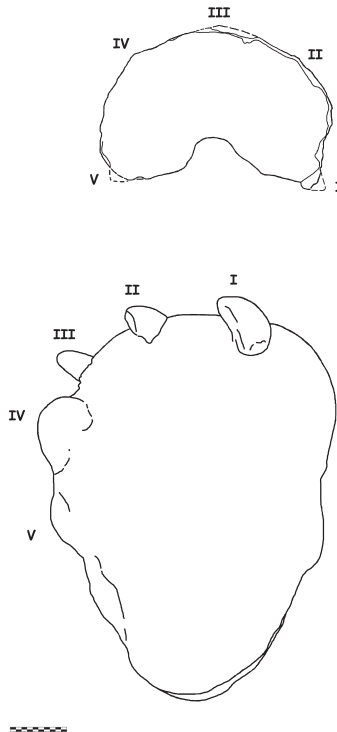


Figura 10. Modelo de huella de pie y mano de saurópodo del rastro 37 del yacimiento de Las Cuestas I (basado, sobre todo, en los contramoldes recogidos). Barra gráfica: 10 cm.

Con *Parabrontopodus* comparte, además de la forma general de pies y manos, la presencia clara de 3 marcas de uñas, de tamaño decreciente del I al III y dispuestas hacia fuera del rastro (LOCKLEY *et al.*, 1994). Sin embargo, el índice de heteropodia (3.<sup>er</sup> elemento diferenciador) es distinto. En *Parabrontopodus* oscila entre 1:4 a 1:5, mientras en este caso el valor medio es de 1:3. La falta de callosidades o almohadillas (al menos no señalada en la descripción del holotipo de *P. mcintoshi*; LOCKLEY *et al.*, 1994) en los dedos IV y V, así como del pollex, en este icnogénero, pueden deberse a una impresión imperfecta.

LOCKLEY *et al.* (1994), al definir *Parabrontopodus*, señalan que existen otros patrones diferentes de impresiones de dedos, por ejemplo, los de las huellas de Lost Springs (Utah, EUA). MEYER *et al.* (1994) observan callosidades redondas en los dedos IV y V, como las de los contramoldes de LCU-I-37, sin embargo, el dedo III está muy mal definido. En el caso de las huellas que LOCKLEY *et al.* (1994) señalan en un yacimiento del Jurásico superior de Arizona (EUA), las impresiones de uñas son menores en relación al tamaño de las huellas de los pies, a diferencia de Las Cuestas I. La falta de rastro y huellas de manos en Lost Springs no permite saber el tipo de vía a la que pertenecen y cuál era su índice de heteropodia. A diferencia del caso de LCU-I-37, estas huellas sólo se conocen por sus contramoldes naturales.

En cuanto a *Breviparopus*, este tipo de huellas parece estar restringido al Jurásico medio del Norte de África (DUTUIT & OUAZZOU, 1980; ISHIGAKI, 1989). La falta de criterios de diferenciación con respecto a *Parabrontopodus* hace que, a veces, se considere este último equivalente al anterior (WRIGHT, 2005), utilizando el primero para huellas grandes propias de saurópodos adultos, y el segundo para huellas originadas por individuos jóvenes. La longitud de las pisadas de *Breviparopus* es muy superior (pies de 115 x 75 cm; manos de 45 x 60 cm) a las de Las Cuestas I y su forma difiere en que son más ovaladas y tienen marcas de cuatro dedos (DUTUIT & OUAZZOU, 1980), aunque esta última afirmación no es mayoritariamente aceptada en la actualidad. Además, entre las huellas mejor conservadas de manos algunas tienen ligeramente forma de media luna. Tanto en el caso de *Breviparopus* como en el de LCU-I-37, las huellas se dirigen hacia fuera del rastro (unos 30°), pero el IH es algo mayor 1:3,6-1:5.

Dentro de la Península Ibérica, existen rastros saurópodos de vía estrecha tanto en Portugal como en España. En Portugal, LOCKLEY & SANTOS (1993) y SANTOS (2003) citan rastros de *Parabrontopodus* en el Kimmeridgiense superior de Pedreira do Avelino. La forma de sus huellas se asemeja a la de las de LCU-I-37, pero el índice de heteropodia es superior (1:3,7-1:5,2). En el yacimiento de Pedra da Mua (Titónico superior), LOCKLEY *et al.* (1994) y SANTOS (2003) describen un rastro de vía estrecha en el cual no aparecen las improntas de las manos. A diferencia del rastro LCU-I-37, la relación z/h es más elevada (0,93 en Pedra da Mua y 0,76 en LCU-I-37). Últimamente, se ha encontrado un contramolde de mano en la formación Lourinha (Portugal), de edad Kimmeridgiense-Titónico, muy parecido al de Las Cuestas I. MILÀN *et al.* (2005) lo consideran producido por un brachiosaurido por la reducida marca

del dedo I y por haber encontrado restos directos de estos saurópodos próximos al yacimiento. Así mismo, hay que reseñar el descubrimiento de huellas de morfología parecida en Praia das Gentias (todavía no estudiadas), sin poder compararlas adecuadamente por no disponer de más datos.

En España, dentro de la Cuenca de Cameros, se han citado rastros de vía estrecha en La Rioja en los yacimientos de Valdemurillo (MORATALLA, 1993; MORATALLA *et al.*, 1994) y en Las Navillas (CASANOVAS *et al.*, 1995). Ambos yacimientos se sitúan en capas del Grupo Enciso, de edad más moderna que las de Las Cuestas I. En el primero, las huellas son de tamaño y ángulo de paso semejantes a las de LCU-I-37, pero el índice de heteropodia es muy alto (1:5), por lo que se las incluye en *Parabrontopodus*. El yacimiento de Las Navillas tiene un rastro con 12 icnitas, clasificado como *Breviparopus* aun cuando el tamaño de las huellas es muy inferior (pies de 68 x 54 cm y manos de 42 x 27 cm) y la forma diferente (ovales y con estrechamiento en el talón). Por la forma, ángulo de paso y posiblemente del IH se asemejan a las de LCU-I-37, pero la razón Ar/a es mayor en las de Las Cuestas I (es posible que en Las Navillas, por estar el sustrato original extremadamente blando al ser pisado, las verdaderas medidas de las huellas y del rastro se hayan falseado).

En el Grupo Oncala, dentro de la Aloformación Huérteles (GÓMEZ FERNÁNDEZ, 1992), hay icnitas de saurópodos de vía estrecha en los yacimientos de Salgar de Sillas (Los Campos, Soria), Miraflores I (Cerbón, Soria) y en otros todavía sin describir (datos inéditos). En el primero de ellos MEIJIDE FUENTES *et al.* (2001) definen la icnoespecie *Parabrontopodus distercii*. Estas huellas, superiores en tamaño a las de Las Cuestas I, no tienen forma precisa y no es posible conocer bien el índice de heteropodia. En cuanto al tipo de vía tienen cierto parecido a las huellas de Cabo Espichel (Portugal), determinadas por MEYER *et al.* (1994) como de vía media (rastros *intermediate-gauge*, de DAY *et al.*, 2004). Respecto a la morfología, dado su estado de conservación, sólo puede comentarse la similitud con las de LCU-I-37 en la forma general de pies y manos.

El segundo yacimiento (Miraflores I) tiene pisadas de saurópodos en el límite de vía estrecha-ancha, no incluidas, por ahora, en ningún icnogénero. Entre los numerosos rastros, hay uno (MRF-I-VIII-B-1; LATORRE *et al.*, 2006) (figuras 11 y 12) cuyas huellas tienen la misma forma, pero sin marcas de dedos. Su tamaño es algo mayor (pies de 89,3 x 70,3 cm; manos de 44,5 x 63 cm), su IH menor (IH de 1:2,24), aunque este dato no es totalmente fiable ya que apenas hay icnitas. El AP es del mismo orden (AP de pies de 113°; AP de manos 88°). Como en el rastro de Las Cuestas I, sus huellas se orientan hacia fuera del rastro, en grado menor en las manos que en los pies (los pies +35° y las manos +25°). Las de las manos no tienen la señal clara del dedo I, aunque se insinúa en una de ellas, y la forma es de herradura simétrica, con extremos agudos. Todos estos rasgos indican que las huellas de ambos rastros podrían asociarse en un mismo icnogénero.

2°.- En función de su Ari (anchura interna) el rastro no pertenece a los de vía estrecha estricto (FARLOW, 1992). Tampoco encaja plenamente entre los

considerados recientemente como de vía media (MEYER, *et al.*, 1994; DAY *et al.*, 2004), pues la anchura interna relativa de rastro es muy pequeña.

Si tenemos en cuenta la amplitud de rastro (CASANOVAS *et al.*, 1989), el valor de Ar/a (relación generalmente aplicada a rastros bípedos) vuelve a indicarnos que se sitúa entre los rastros de vía estrecha y los de vía ancha.

Recientemente, se han descrito las llamadas Relaciones de Rastro (TR: PTR y MTR; ROMANO *et al.*, 2007). Las TR se definen como el porcentaje que representa la anchura de las huellas de los autópodos con respecto a la anchura total del rastro (PTR para las huellas de los pies y MTR para las de las manos), medidas ambas perpendicularmente a la línea media del rastro. El rango de valores de PTR es, provisionalmente, de  $\leq 35\%$ , 36-49%,  $\geq 50\%$  para rastros de tipo vía ancha, media y estrecha, respectivamente. En el caso



Figura 11. Par de huellas pie-mano (LCU-I-37-16pm) de saurópodo del yacimiento de Las Cuestas I, Santa Cruz de Yanguas (Soria, España).

del rastro LCU-I-37, su PTR media es 48,32%, lo que hace que sea de vía media en su límite inferior.

Si comparamos estos resultados con los obtenidos para el resto de rastros del yacimiento, similares en forma, pero con huellas menores y menos detalles (en estudio), vemos que son todos de vía estrecha (según FARLOW, 1992). De los 20 existentes, éste es el que tiene las huellas más grandes y el único con algunas anomalías; por ejemplo, la anchura interna de rastro y la irregularidad de pasos y zancadas. Esta singularidad podría hacer pensar en la presencia de más de una icnoespecie de saurópodo en el yacimiento, pero tales agrupaciones (icnocenosis) son poco comunes (LOCKLEY *et al.*, 1994). Por el momento, esta situación se conoce en los yacimientos de Ardley, en Inglaterra (DAY *et al.*, 2002; DAY *et al.*, 2004), Pedras Negras (SANTOS, 2003) y Praia das Gentias (en estudio), en Portugal, y en Miraflores I (LATORRE *et al.*,

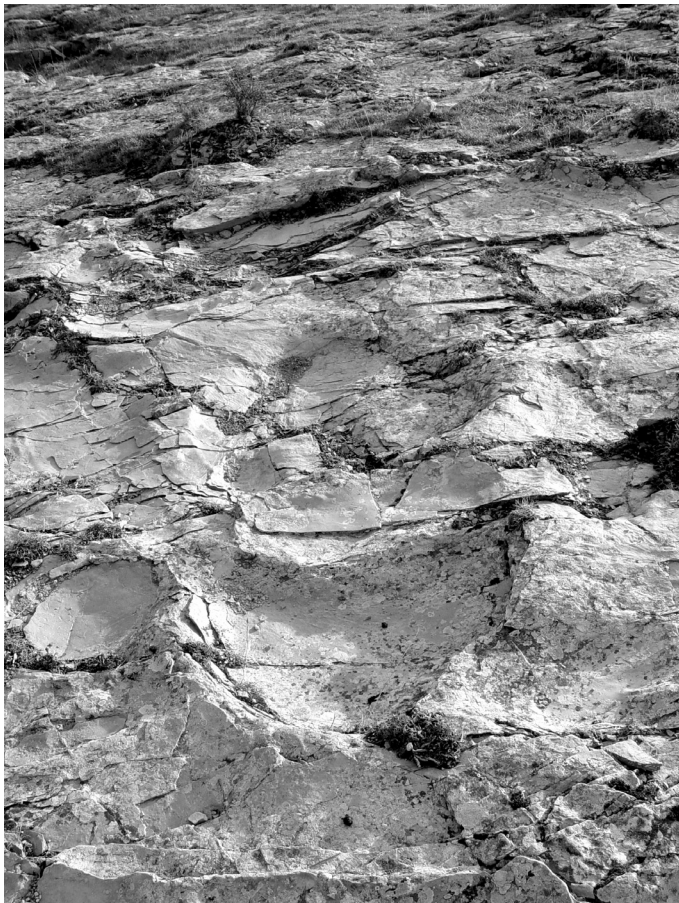


Figura 12. Par de huellas pie-mano (MRF-I-B-1-3pm) de saurópodo del yacimiento de Miraflores I, Fuentes de Magaña (Soria, España).

2006) y Las Navillas (CASANOVAS *et al.*, 1995) –aunque posiblemente aquí sean todos de vía estrecha– en España. La anomalía en la variación de Ari se explica como resultado del cambio de dirección en la trayectoria del dinosaurio que obligó a disminuir su velocidad y, en consecuencia, a modificar sus pasos y zancadas; así como cambiar la marcha (de rectilínea a sinusoidal). En cuanto al tipo de rastro, la pequeña diferencia existente con los del resto del yacimiento (ser de vía media; según DAY *et al.*, 2004) podría ser consecuencia de la ontogenia de su autor, tal como sugieren LOCKLEY *et al.* (2002). Hay que tener en cuenta que gran parte de las improntas del yacimiento son subhuellas (éstas son mayores que las huellas reales, lo que hace que aumente la PTR; es decir, los rastros se hacen más estrechos –ROMANO *et al.*, 2007–).

Como la anchura interna del rastro (Ari) tiene un rango muy amplio, este factor, que era primordial para clasificar icnitas de saurópodos, debe considerarse como uno más dentro de los elementos discriminatorios (WRIGHT, 2005).

3º.- La relación entre las superficies de las huellas de las manos y de los pies o índice de heteropodia (IH) se asemeja más al de las llamadas huellas “tipo Texas”, es decir, de *Brontopodus* (1:3), bastante menor que el del icnogénero de vía estrecha *Parabrontopodus* (1:4-1:5). El valor de IH del resto de los rastros del yacimiento es algo menor (1:2,6-1:2,8) (en estudio). De acuerdo con su condición de subhuellas el aumento de tamaño, respecto a las huellas verdaderas, es proporcionalmente superior en las manos que en los pies.

Todos estos datos diferencian las huellas de Las Cuestas I de las de los principales icnogéneros de vía estrecha. Por ello, consideramos que las icnitas que forman el rastro LCU-I-37 (así como el resto de huellas de saurópodo del yacimiento) pertenecen a un nuevo icnogénero muy semejante a *Parabrontopodus*. La falta de datos que permitan señalar cómo varía el tipo de rastros en los distintos icnogéneros no permite saber si su pertenencia a rastros en el límite de vía estrecha-media constituye un elemento diferenciador que apoye esta asignación.

#### AUTOR DE LAS HUELLAS

Reconocer al autor de pisadas saurópodas es una tarea muy difícil a no ser que se encuentren restos óseos junto a ellas. Por ello sólo indirectamente se puede relacionar huellas con sus posibles autores. CARRANO & WILSON (2001) mencionan tres métodos para lograrlo: correlaciones fenéticas, correlaciones coincidentes y correlaciones basadas en sinapomorfias. Ninguno de ellos permite, por ahora, una identificación específica. Para delimitar mejor al autor de estas icnitas, creemos conveniente apoyarnos en todos ellos, mientras no se concreten los marcos idóneos de aplicación de cada uno.

WILSON (2005) señala la posibilidad de que las huellas de manos de neosaurópodos sean semicirculares (caracteres #20 y #21), aunque también podría darse en las de algunos eusaurópodos (UPCHURCH, 1998). Ello es

consecuencia de la disposición de los metacarpales en apretado ángulo de 270° (WILSON, 2005).

Por lo reducido de la marca del dedo I de la mano, el autor de las huellas podría ser un neosaurópodo titanosauriforme tal como indican WILSON & SERENO (1998). Sin embargo, WILSON & CARRANO (1999) señalan que los titanosauriformes son los candidatos idóneos para dejar rastros de vía ancha, a consecuencia de la deflexión de la cabeza del fémur; lo cual está en contra del tipo de vía media-estrecha del rastro (PTR = 48,32%) de Las Cuestas I. La razón de que las huellas de las manos tengan marcas muy pequeñas del dedo I puede ser consecuencia de la menor longitud que, a veces, tiene el primer metacarpal respecto al resto. En ese caso, la uña correspondiente al dedo I sobresaldría menos y sólo se imprimiría la parte distal; además, tales impresiones podrían ser más susceptibles a un colapso sedimentario y menos probable su preservación (WRIGHT, 2005). Esta suposición podría explicar la aparente incompatibilidad, señalada anteriormente.

Dado que los Diplodócidos se asocian a rastros de vía estrecha con alta heteropodia (WILSON & CARRANO, 1999) y el valor de GA/h de LCU-I-37 no se asemeja al que poseen éstos (MAZZETA & BLANCO, 2001), pensamos que el autor de las huellas de Las Cuestas I no pertenece a este grupo de saurópodos. Además, existe la posibilidad (HAND, 1999) de que dieran lugar a huellas en arco de media luna, de 210° en lugar de 260°-270° (como en Las Cuestas I).

LOCKLEY *et al.* (2002) comentan que, generalmente, los saurópodos menos evolucionados tenían cola larga, cabeza pequeña, cuello corto y manos mucho más pequeñas que los pies; mientras que los más evolucionados poseían cabeza grande, cola corta, cuello largo y manos más grandes. Si tenemos en cuenta que en LCU-I-37 la heteropodia entre huellas de pies y manos es media, y que el rastro está en el límite de vía media-estrecha, es posible que fueran producidas por un miembro del clado Macronaria no Titanosauriformes. Dentro del mismo, WRIGHT (2005) señala que los integrantes de Camarasauromorpha podían producir huellas de manos más profundas que las de los pies por el alargamiento de los metacarpales respecto al radio y por poseer las extremidades anteriores más largas que las posteriores (SALGADO *et al.*, 1997). Esta circunstancia no se observa en las huellas de este rastro por la mala preservación de las impresiones de las manos y/o su relleno con sedimento; pero que sí se ve claramente en muchos otros del yacimiento.

Si, por el contrario, se supone que entre los Titanosauriformes se produce el cambio de vía estrecha a ancha (WRIGHT, 2005), existiría la posibilidad de que Titanosauriformes basales fueran los autores de las mismas (opción que parece menos probable).

Una mirada al registro osteológico de saurópodos en España en el tránsito Jurásico superior-Cretácico inferior indica un reducido número de especies, pero aun así, se han citado: los turiasaurios, *Losillasaurus giganteus* (CASANOVAS-CLADELLAS *et al.*, 2001) de La Cañada/Aras de los Olmos, de cuya edad (Titónico-Berriasiense) se duda (existe la posibilidad de que sea del

Barremiense superior), y *Turiasaurus riodevensis* (ROYO-TORRES *et al.*, 2006), del Jurásico superior; un neosaurópodo del clado Macronaria, no Titanosauriforme, *Galvesaurus herrerói* (de edad Titónico-Berriasiense) (BARCO *et al.*, 2005); y restos de un Diplodocoideo en Cuesta Lonsal (Teruel) (BARCO, 2005). En Portugal se conoce un diplodócido, *Dinheirosaurus lourinhanensis* (Bonaparte & Mateus, 1999); un camarasaurido, *Lourinhasaurus alenquerensis* (Lapparent & Zbyszewski, 1957); un braquiosaurídeo, *Lusotitan atalaiensis* Antunes & Mateus, 2003; y restos de *Apatosaurus* sp. y *Camarasaurus* sp., todos ellos del Jurásico superior (ANTUNES & MATEUS, 2003). Todos estos datos apoyan cualquiera de las posibilidades enumeradas anteriormente, sin decantarse por ninguna en concreto, dada la falta de restos directos en la Aloformación Huérteles. Sólo podemos señalar que por el tamaño (unos 12,6 m) y el clado (Macronaria) posible al que pertenecería el autor de las huellas y la edad del yacimiento (Berriasiense), saurópodos como *Galvesaurus* (BARCO *et al.*, 2005) (14-17 m; *Macronaria*; Titónico-Berriasiense) serían buenos candidatos.

## CONCLUSIONES

La revisión en la actualidad del yacimiento de Las Cuestas I ha proporcionado 49 rastros, 20 de los cuales son de saurópodos. Aunque todos ellos son de características similares, LCU-I-37 es el mejor preservado. La forma de las huellas es muy semejante a las del icnogénero *Parabrontopodus*, del cual se diferencia por una menor heteropodia entre sus manos y pies, así como por ser un rastro en el límite de vía media-estrecha (DAY *et al.*, 2004; ROMANO *et al.*, 2007). Las icnitas parecen pertenecer a un adulto de unos 12,6 m de longitud, cuyas formas juveniles (el resto de las huellas del yacimiento son menores) originaban rastros de vía estrecha estricto (FARLOW, 1992), mostrando que la variabilidad del tipo de vía depende, entre otras cosas, de la ontogenia (LOCKLEY *et al.*, 1994).

El autor del mismo, y posiblemente el del rastro B-1 del yacimiento de Miraflores I (LATORRE *et al.*, 2006) también en la Aloformación Huérteles, puede pertenecer al clado Macronaria no Titanosauriformes, quizás relacionados con *Camarasauromorpha*. No se puede concretar más dado el conocimiento actual entre la correspondencia de huellas y los dinosaurios productores de las mismas.

Por las características reseñadas anteriormente, se considera que las huellas objeto de estudio no se pueden incluir en ninguno de los icnogéneros de saurópodos conocidos, por lo que suponemos que pertenecen a uno nuevo.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Junta de Castilla y León, a través de la Delegación Provincial de Cultura en Soria, y al Museo Numantino su ayuda en el



transporte, limpieza y restauración de los contramoldes. También queremos agradecer las sugerencias, comentarios y correcciones al profesor Félix Pérez-Lorente, de la Universidad de La Rioja, así como la de los correctores anónimos, que han permitido mejorar el texto.

Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto de estudio y prospección de yacimientos icnológicos de la provincia de Soria (Expediente 264/06-SO), subvencionado por la Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRREZABALA, L. M. & VIERA, L. I. (1983): Icnitas de dinosaurios en Santa Cruz de Yanguas (Soria). *Munibe*, **35** (1-2): 1-13.
- ALEXANDER, R. M. (1976): Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, **261**: 129-130.
- ANTUNES, M. T. & MATEUS, O. (2003): Dinosaurs of Portugal. *C. R. Palevol.*, **2**: 27-44.
- ARRIBAS, J.; ALONSO, A.; MAS, R.; TORTOSA, A.; RODAS, M.; BARRENECHEA, J. F.; ALONSO-AZCÁRATE, J. & ARTIGAS, R. (2003): Sandstone Petrography of Continental Depositional Sequences of an intraplate Rift Basin: Western Cameros Basin (North Spain). *J. Sediment. Res.*, **73**: 309-327.
- BARCO, J. L. (2005): Estudio y comparación del esqueleto axial de un saurópodo (Dinosauria, Sauropodomorpha) procedente de la Formación Villar del Arzobispo (Titónico-Berriasiense) de Galve, Teruel. *Treb. Mus. Geol. Barcelona*, **13**: 15-59.
- BARCO, J. L.; CANUDO, J. I.; CUENCA-BESCÓS, G. & RUIZ-OMENACA, J. I. (2005): Un nuevo dinosaurio saurópodo *Galvesaurus herrerói* gen. nov., sp. nov., del tránsito Jurásico-Cretácico en Galve (Teruel, NE de España). *Naturaleza Aragonesa*, **15**: 4-17.
- BONAPARTE, J. F. & MATEUS, O. (1999): A new diplodocid, *Dinheirosaurus lourinbanensis* gen. et sp. nov., from the Late Jurassic beds of Portugal. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat.*, **5** (2): 13-29.
- CÁMARA RUPELO, P. & DURÁNTEZ MONTERO, O. (1981): *Enciso. Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Hoja 280 (23-12)*. Mapa geológico y memoria, 28 pp.
- CARRANO, M. T. & WILSON, J. A. (2001): Taxon distributions and the tetrapod track record. *Paleobiology*, **27**: 564-582.
- CASANOVAS, M. L.; FERNÁNDEZ, A.; PÉREZ-LORENTE, F. & SANTAFÉ LLOPIS, J. V. (1989): Huellas fósiles de dinosaurios de la Rioja. Yacimientos de Valdecevillo, La Senoba y de la Virgen del Campo. *Ciencias de la Tierra*, **12**: 1-190.
- CASANOVAS, M. L.; FERNÁNDEZ, A.; PÉREZ-LORENTE, F. & SANTAFÉ, J. V. (1995): Icnitas de terópodos y saurópodos del yacimiento de Las Navillas (La Rioja, España). In: *Huellas fósiles de dinosaurios de La Rioja. Nuevos Yacimientos* (coord. PÉREZ-LORENTE, F.). *Ciencias de la Tierra*, **18**: 33-45.
- CASANOVAS, M. L.; PÉREZ-LORENTE, F. & SANTAFÉ, J. V. (1997): Saurópodo trackways from the site El Sobaquillo (Munilla, La Rioja, España) indicate amble walking. *Ichnos*, **5**: 101-107.
- CASANOVAS, M. L.; SANTAFÉ, J. V. & SANZ, J. L. (2001): *Losillasaurus giganteus*, un nuevo saurópodo del tránsito Jurásico-Cretácico de la cuenca de "Los Serranos" (Valencia, España). *Paleontología i Evolucio*, **32-33**: 99-122.
- DAY, J. J.; NORMAN, D. B.; GALE, A. S.; UPCHURCH, P. & POWELL, H. P. (2004): A Middle Jurassic Dinosaur Trackway site from the Oxfordshire, U.K. *Paleontology*, **47** (2): 319-348.
- DAY, J. J.; UPCHURCH, P. & POWELL, H. P. (2002): Sauropod trackways, evolution and behaviour. *Science*, **296**: 1659.
- DEMATHIEU, G. R. (1986): Nouvelles recherches sur la vitesse des vertébrés, auteurs de traces fossiles. *Geobios*, **19** (3): 327-333.

- DUTUIT, J. M. & OUAZZOU, A. (1980): Découverte d'une piste de Dinosaur saurope sur le site d'empreintes de Demnat (Haut-Atlas marocain). *Mém. Soc. Géol. France, Nouv. Sér.*, **139**: 95-102.
- FARLOW, J. O. (1992): Sauropod tracks and trackmakers: integrating the ichnological and skeletal records. *Zubía*, **10**: 89-138.
- FARLOW, J.; PITTMAN, J. G. & HAWTHORNE, J. M. (1989): *Brontopodus birdi*, lower Cretaceous sauropod footprints from the U.S. Gulf Coastal Plain. In: *Dinosaur tracks and traces* (eds. GUILLETTE, D. D. & LOCKLEY, M. G.). Cambridge Univ. Press, pp. 371-394.
- FORNÓS, J. J.; BROMLEY, R. G.; CLEMMENSEN, L. B. & RODRÍGUEZ-PÉREZ, A. (2002): Tracks and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (Artiodactyla, Caprinae) in Pleistocene *aeolianites* from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **180**: 277-313.
- GARCÍA-RAMOS, J. C.; ARAMBURU, C.; PIÑUELA, L. & LIRES, J. (2000): *La costa de los dinosaurios*. Consejería de Educación y Cultura del Principado de Asturias, Oviedo, 33 pp.
- GIERLOWSKI-KORDESCH, H. E. & RUSH, B. R. (1994): The Jurassic East Berlin Formation, Hartford Basin, Newark Supergroup (Connecticut and Massachusetts): a saline-playa-alluvial plain system. In: *Sedimentology and Geochemistry of Modern and Ancient Saline Lakes* (eds. RENAULT, R. & LAST, W. M.). SEPM Spec. Publi., 50, pp. 249-265.
- GÓMEZ FERNÁNDEZ, J. C. (1992): *Análisis de la cuenca sedimentaria de Los Cameros durante sus etapas iniciales de relleno en relación con su evolución paleogeográfica*. Tesis doctoral. Univ. Complutense Madrid (inérita), 343 pp.
- GÓMEZ FERNÁNDEZ, L. C. & MELÉNDEZ, N. (1994): Estratigrafía de la "Cuenca de los Cameros" (Cordillera Ibérica Noroccidental. N de España) durante el tránsito Jurásico-Cretácico. *Rev. Soc. Geol. España*, **7 (1-2)**: 121-139.
- HAND, J. D. (1999): A fully articulated *Apatosaurus manus* from the Morrison Formation of Wyoming. *Geol. Soc. America. Abstracts with Programs*, 30.
- HERNÁNDEZ, N.; PASCUAL, C.; LATORRE, P. & SANZ, E. (en revisión): Contribución de los yacimientos de icnitas sorianos al registro general de Cameros. *Zubía*.
- HUBERT, J. & HYDE, M. (1982): Sheet-flow deposits of graded beds and mudstones on an alluvial sandflat-playa system: Upper Triassic Blomidon Redheds, St. Mary's Bay, Nova Scotia. *Sedimentology*, **29**: 457-474.
- ISHIGAKI, S. (1988): Les empreintes de dinosaurios du Jurassique inférieur du Aut. Atlas Central marocain. *Notes Serv. Geol. Maroc*, **44**: 79-86.
- ISHIGAKI, S. (1989): Footprints of swimming sauropods from Morocco. In: *Dinosaur Tracks and Traces* (eds. GUILLETTE, D. D. & LOCKLEY, M. G.). Cambridge University Press, pp. 83-86.
- LAPPARENT, A. F. de & ZBYSEWSKI, G. (1957): Les dinosauriens du Portugal. *Mém. Serv. Géol. Port.*, **2**: 1-63.
- LATORRE MACARRÓN, P.; PASCUAL ARRIBAS, C.; SANZ PÉREZ, E. & HERNÁNDEZ MEDRANO, N. (2006): El yacimiento con huellas de saurópodos de Miraflores I, Fuentes de Magaña (Soria, España). *III Jornadas Internacionales sobre Dinosaurios y su entorno. Salas de los Infantes (Burgos, España)*, *Actas*: 273-296.
- LEONARDI, G. (1979): New archosaurian trackways from the Rio do Peixe Basin, Paraíba. Brazil. *Ann. Univ. Ferrara*, **5**: 239-249.
- LEONARDI, G. (1987): *Glossary and manual of tetrapod footprint paleoichnology*. Minist. Minas Energ. Brasil, 118 pp.
- LEONARDI, G. (1994): *Annotated Atlas of South America tetrapod footprints (Devonian to Holocene)*. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, o Serviço Geológico do Brasil, Brasília, 248 pp.
- LIRES, J. (2000): *Icnitas de dinosaurios cuadrúpedos del Jurásico de Asturias. Morfometría, morfología e interpretación*. Memoria de Investigación. Dept. Geol., Univ. Oviedo, 73 pp.

- LOCKLEY, M. G. (1990): *A Field Guide to Dinosaur Ridge*. Friends of Dinosaur Ridge-University of Colorado at Denver, joint publication, 32 pp.
- LOCKLEY, M. G.; FARLOW, J. O. & MEYER, C. A. (1994): *Brontopodus* and *Parabrontopodus* ichnogen. nov., and significance of wide-and narrow-gauge sauropod trackways. *Gaia*, **10**: 135-145.
- LOCKLEY, M. G.; HOUCK, K. J. & PRINCE, N. K. (1986): North America's largest dinosaur trackway site implications for Morrison Formation paleoecology. *Bull. Geol. Soc. America*, **97**: 1163-1176.
- LOCKLEY, M. G. & HUNT, A. P. (1995): *Dinosaur tracks and other fossil footprints if the western Unites States*. Columbia University Press, New York, 338 pp.
- LOCKLEY, M. G.; HUNT, A.; CONRAD, K. & ROBINSON, J. (1992): Tracing dinosaurs and other extinct animals at Lake Powell. *Park Science: A Resource Management Bull.*, **12**: 16-17.
- LOCKLEY, M. G. & MICKELSON, D. L. (1997): Dinosaur and pterosaur traces in the Summerville and Bluff (Jurassic) beds of eastern Utah and northeastern Arizona. *New Mexico Geological Society Guidebook, 48th Field Conference, Mesozoic Geology and Paleontology of the Four Corners Region*, pp. 133-138.
- LOCKLEY, M. G. & RICE, A. (1990): Did "Brontosaurus" ever swim out to sea?: evidence from brontosaurus and other dinosaur footprints. *Ichnos*, **1**: 81-90.
- LOCKLEY, M. G. & SANTOS, V. F. (1993): A preliminar report on sauropod trackways from the Avelino site, Sesimbra region, Upper Jurassic, Portugal. *Gaia*, **6**: 38-42.
- LOCKLEY, M. G.; SCHULP, A. S.; MEYER, C. A.; LEONARDI, G. & MAMANI, D. K. (2002): Titanosaurid trackways from the Upper Cretaceous of Bolivia: evidence for large manus, wide-gauge locomotion and gregarious behaviour. *Cretaceous Research*, **23**: 383-400.
- MARTÍN I CLOSAS, C. (1989): *Els caròfits del Cretaci inferior de las conques periferiques del bloc de l'Ebre*. Tesis doctoral. Univ. Barcelona (iné dita), 581 pp.
- MARTÍN I CLOSAS, C. & ALONSO MILLÁN, A. (1998): Estratigrafía y bioestratigrafía (Charophyta) del Cretácico inferior en el sector occidental de la Cuenca de Cameros (Cordillera Ibérica). *Rev. Soc. Geol. España*, **11 (3-4)**: 253-269.
- MAS, J. R.; ALONSO, A. & BENITO, M. I. (1997): Depositional and diagenetic evolution of Late Jurassic coral reefs in Northern Iberian Ranges (North Spain). *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, **92 (1-4)**: 143-160.
- MAS, J. R.; ALONSO, A. & GUIMERÁ, J. (1993): Evolución tectosedimentaria de una cuenca extensional intraplaca: La cuenca finijurásica-eocretácica de Los Cameros (La Rioja-Soria). *Rev. Soc. Geol. España*, **6 (3-4)**: 129-144.
- MAZZETTA, G. V. & BLANCO, R. E. (2001): Speeds o dinosaurs from the Albian-Cenomanian of Patagonia and sauropod stance and gait. *Acta. Paleontol. Pol.*, **46 (2)**: 235-246.
- MEJIDE FUENTES, F.; FUENTES VIDARTE, C. & MEJIDE CALVO, M. (2001): Nueva icnoespecie para el Weald de la Comarca de Cameros *Parabrontopodus distercii*. *I Jornadas Internacionales sobre Paleontología de los Dinosaurios y su Entorno. Salas de los Infantes (Burgos)*, *Actas*: 407-415.
- MEYER, C. A.; LOCKLEY, M. G.; ROBINSON, J. W. & SANTOS, V. F. (1994): A comparison of well-preserved sauropod tracks from the Late Jurassic of Portugal, and western United States: Evidence and implications. *Gaia*, **10**: 57-64.
- MILÁN, J.; CHRISTIANSEN, P. & MATEUS, O. (2005): A three-dimensionally preserved sauropod manus impression from the Upper Jurassic of Portugal: Implications for sauropod manus shape and locomotor mechanics. *Kaupia*, **14**: 47-52.
- MORATALLA, J. J. (1993): *Restos indirectos de dinosaurios del registro español: paleoicnología de la cuenca de Cameros (Jurásico Superior-Cretácico Inferior) y paleoología del Cretácico Superior*. Tesis. Univ. Autónoma Madrid. Mem. Inédita. 729 pp.

- MORATALLA, J. J.; GARCÍA-MONDÉJAR, J.; SANTOS, V. F.; LOCKLEY, M. G.; SANZ, J. L. & JIMÉNEZ, S. (1994): Sauropod trackway from the lower Cretaceous of Spain. *Gaia*, **10**: 75-83.
- PLATT, B. F. & HASIOTIS, S. T. (2006): Newly Discovered Sauropod Dinosaur Tracks with Skin and Foot-Pad impressions from the Upper Jurassic Morrison Formation, Bighorn Basin, Wyoming, U.S.A. *Palaio*, **21**: 249-261.
- PÉREZ-LORENTE, F. (1999): *Paleoicnología. Los dinosaurios y sus huellas en La Rioja*. Ed. Gobierno de La Rioja, 277 pp.
- PÉREZ-LORENTE, F. (en prensa): Yacimientos de icnitas de Galve. *II Jornadas Paleontológicas de Galve*.
- REQUETA, L. E.; HERNÁNDEZ, N. & PÉREZ-LORENTE, F. (en revisión): La Pellejera: Descripción y aportaciones. Heterocronía y variabilidad de un yacimiento icnológico de La Rioja (España). *Zubía*.
- ROBERTSON-HANDFORD, C. (1982): Sedimentology and evaporite genesis in a Holocene continental-sabkha playa basin-Bristol Dry Lake, California. *Sedimentology*, **29**: 239-253.
- ROMANO, M.; WHITE, M. A. & JACKSON, S. J. (2007): Trackway ratio: A New Look at Trackway Gauge in the Analysis of Quadrupedal Dinosaur Trackways and its Implications for Ichnotaxonomy. *Ichnos*, **14** (3-4): 257-270.
- ROYO-TORRES, R.; COBOS, A. & ALCALÁ, L. (2006): A Giant European Dinosaur and a New Sauropod Clade. *Science*, **314**: 1925-1927.
- SALGADO, L.; CORIA, R. A. & CALVO, J. O. (1997): Evolution of titanosaurid sauropods. I: Phylogenetic analysis based on the postcranial evidence. *Ameghiniana*, **34**: 3-32.
- SALOMON, J. (1982): Les formations continentales du Jurassique supérieur-Crétacé inférieur (Espagne du Nord-Chaînes Cantabrique et NW Ibérique). *Mém. Géol. Univ. Dijon*, **6**: 210 pp.
- SANTOS, V. F. (2003): *Pistas de dinosaurio no Jurássico-Cretácico de Portugal. Considerações paleobiológicas e palaeoecológicas*. Tesis doctoral. Univ. Autónoma Madrid (inédita), 366 pp.
- SANTOS, V. F.; LOCKLEY, M. G.; MEYER, C. A.; CARVALHO, J.; GALOPIN DE CARVALHO, A. M. & MORATALLA, J. J. (1994): A new sauropod tracksite from the Middle Jurassic of Portugal. *Gaia*, **10**: 5-13.
- SCHULP, A. S. & BROKS, W. A. (1999): Maastrichtian sauropod footprints from the Fumanya Site, Berguedà, Spain. *Ichnos*, **6**: 239-250.
- THULBORN, R. A. (1990): *Dinosaur Tracks*. Chapman & Hale, London, 440 pp.
- TISCHER, G. (1966): Über die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der östlichen Sierra de los Cameros in den nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Beih. Geol. Jahrb.*, **44**: 123-164.
- UPCHURCH, P. (1998): The phylogenetic relationships of sauropod dinosaurs. *Zool. J. Linn. Soc.*, **124**: 42-103.
- WILSON, J. A. (2005): Integrating ichnofossil and body fossil records to estimate locomotor posture and spatiotemporal distribution of early sauropod dinosaurs: a stratocladistic approach. *Paleobiology*, **31** (3): 400-423.
- WILSON, J. A. & CARRANO, M. T. (1999): Titanosaurs and the origin of "wide-gauge" trackway: a biomechanical and systematic perspective on sauropod locomotion. *Paleobiology*, **25** (2): 252-267.
- WILSON, J. A. & SERENO, P. (1998): Early evolution and higher level phylogeny of sauropod dinosaurs. *J. Vert. Paleontol.*, **18** (2): 1-68.
- WRIGHT, J. L. (2005): Steps in Understanding Sauropod Biology: the importance of sauropod tracks. In: *The Sauropods: Evolution and Paleobiology* (edits. CURRY ROGERS, K. A. & WILSON, J. A.). Univ. California Press, pp. 252-284.