

DINOSAURIOS COELÚRIDOS GREGARIOS EN EL YACIMIENTO DE VALDEVAJES (LA RIOJA, ESPAÑA)

M.^a L. CASANOVAS-CLADELLAS*, A. FERNÁNDEZ-ORTEGA**, F. PÉREZ-LORENTE** y J. Vte. SANTAFÉ-LLOPIS*

* Institut de Paleontologia "M. CRUSAFONT".
Escola Industrial, 23. 08201 Sabadell.

** Colegio Universitario de La Rioja.
Obispo Bustamante, 3. 26001 Logroño.

ABSTRACT

The Valdevajes 1 site of La Rioja, Spain, shows 48 different dinosaur footprints. These are assigned as follows: Ornithopoda, 8; Carnosauria, 3; Coelurosauria, 33, and unidentified, 4. The identification of all footprints is discussed, the gait of the dinosaurs that produced them. Attention has been paid particularly to the behaviour inferred from the eight coelurosaur tracks. Some behavioural consequences as deduced from gait are considered.

Keywords: Coelurosaurs, Dinosaurs, Footprints, La Rioja, Spain.

RESUMEN

En el afloramiento de Valdevajes 1 hay 48 huellas de dinosaurios: 8 de Ornithopoda; 3 de Theropoda Carnosauria; 33 de Theropoda Coelurosauria y 4 no determinables. Se estudia la identificación y características de la marcha de todas y, además, el comportamiento que implican las atribuidas a Coelúridos. Finalmente se discuten los resultados obtenidos.

Palabras clave: Coelurosaurios, Dinosaurios, España, Icnitas, La Rioja.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de los resultados de la línea de investigación que, sobre huellas de dinosaurios de La Rioja, llevan el Institut de Paleontologia de Sabadell y el Colegio Universitario de La Rioja. Para la realización de este estudio, en primer lugar, se han tomado medidas directas en el campo; luego, se ha reproducido el afloramiento a escala 1:12,5 y en tercer lugar, se han analizado morfológica y numéricamente las huellas y las medidas.

En el nuevo yacimiento, que llamamos Valdevajes 1, hay varios tipos de icnitas que se han asociado a ornitópodos iguanodóntidos, un terópodo no identificado y ocho terópodos coelurosaurios. Algunas huellas aisladas quedan sin identificar.

Además de la clasificación de las pisadas fósiles, se estudia también la relación entre los individuos, dentro de cada grupo de huellas.

La metodología empleada se basa en la recogida de los datos más usados, que vienen indicados en trabajos conocidos (Haubold, 1971; Sargeant, 1975). Los nombres españoles de los conceptos son aquellos citados en Haubold (1971) tomados casi todos de los trabajos de Casamiquela (1964, 1966) y Casanovas *et al.*, (1989). Por ello aparece la palabra "rastrellada" en lugar de "pista". La "orientación" mide la posición del pie con respecto a la trayectoria; es el valor del ángulo formado por el eje de la huella con la línea media. El valor de la orientación puede ser positivo o negativo según que los ejes del pie derecho o izquierdo sean divergentes o convergentes, respecto al sentido de la marcha.

LOCALIZACIÓN

Localización geográfica (Fig. 1)

El afloramiento se encuentra en la zona de Cameros, en la parte nordoccidental del Sistema Ibérico, muy cerca de su límite con la Depresión del Ebro, en La Rioja Baja. Se halla en la Hoja n.º 281 (24-12), Cervera del Río Alhama, del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Las huellas se ven en el fondo del Arroyo de Valdevajes o Valdebrajes. Cerca pasa la carretera comarcal 123 de Agreda a Estella, y el afloramiento se encuentra muy cerca del km 26 de esta carretera. Las coordenadas UTM son 30TWM850586.

Localización geológica

Las huellas fósiles del punto citado que denominamos Valdevajes 1, yacen en rocas de facies Weald que ocupan la parte Sur de La Rioja (Fig. 2).

El lapso temporal durante el que se sedimentaron estas rocas, en esta región, fue desde el Kimmeridgiense hasta la parte baja del Cretácico inferior: según Salomón (1982) terminaría en el Valanginiense inferior; según Brenner (1976) en el Berriasiense medio-superior. Las rocas de facies Weald se dividen aquí en grupos (Tischer, 1966) que, de más antiguo a más moderno son: Tera, Oncala, Urbión, Enciso y Oliván. Una descripción más detallada se encuentra en Casanovas *et al.* (1985).

La edad de los grupos y su disposición estratigráfica es, actualmente, motivo de discusión (Guiraud, 1983). A pesar de ello y según la cartografía disponible (Duránte *et al.*, 1982; Salomón, 1982;

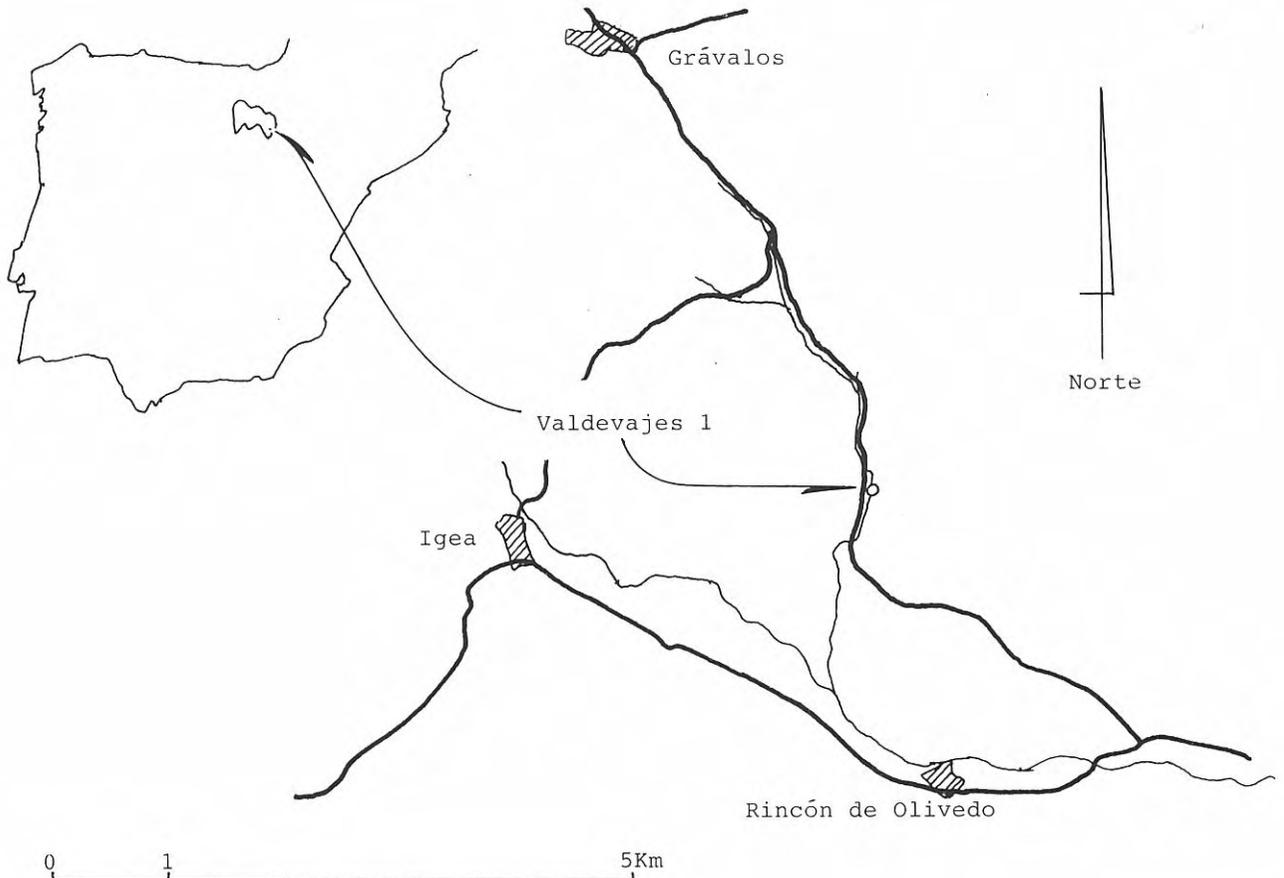


Figura 1. Localización geográfica del yacimiento de Valdevajes 1.

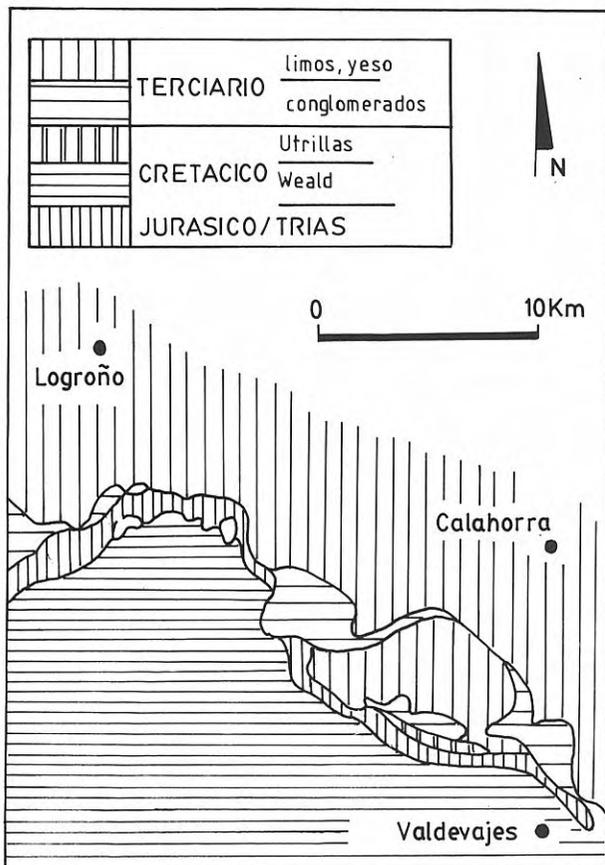


Figura 2. Localización geológica del yacimiento de Valdevajes 1.

Guiraud, 1983), el yacimiento se sitúa siempre en el Grupo de Enciso, muy cerca del contacto con el Grupo de Oliván. Esta situación permite fijar la edad del yacimiento entre el Valanginiense inferior (Salomon, 1982) y el Berrasiense inferior (Guiraud, 1983).

LITOLOGÍA DE LAS ROCAS DEL YACIMIENTO

Según Duránte *et al.* (1982) aquí se separan bien dos tipos de facies distintas y que se pueden cartografiar a escala 1:50.000. Por una parte, la facies C⁴₁₃₋₁₄ que los autores citados definen como “alternancias semítico-pelíticas con calizas y margas intercaladas” que constan de areniscas y limolitas alternantes, entre las cuales se encuentran bancos de calizas lacustres con o sin lumaquelas. Por otra parte, la facies C⁴₁₃₋₁₄, que son calizas fétidas lacustres de color negro, con pequeños niveles margosos intercalados.

Hasta ahora, las huellas de dinosaurios que se han visto se encuentran en los niveles calizos de la primera de las dos facies descritas.

ESTUDIO ICNOLÓGICO

El afloramiento de Valdevajes 1, muestra 48 huellas de las cuales ocho corresponden a ornitópodos y el resto, posiblemente todas a terópodos. De entre éstas, hay 33 que pertenecen a coelurosaurios,

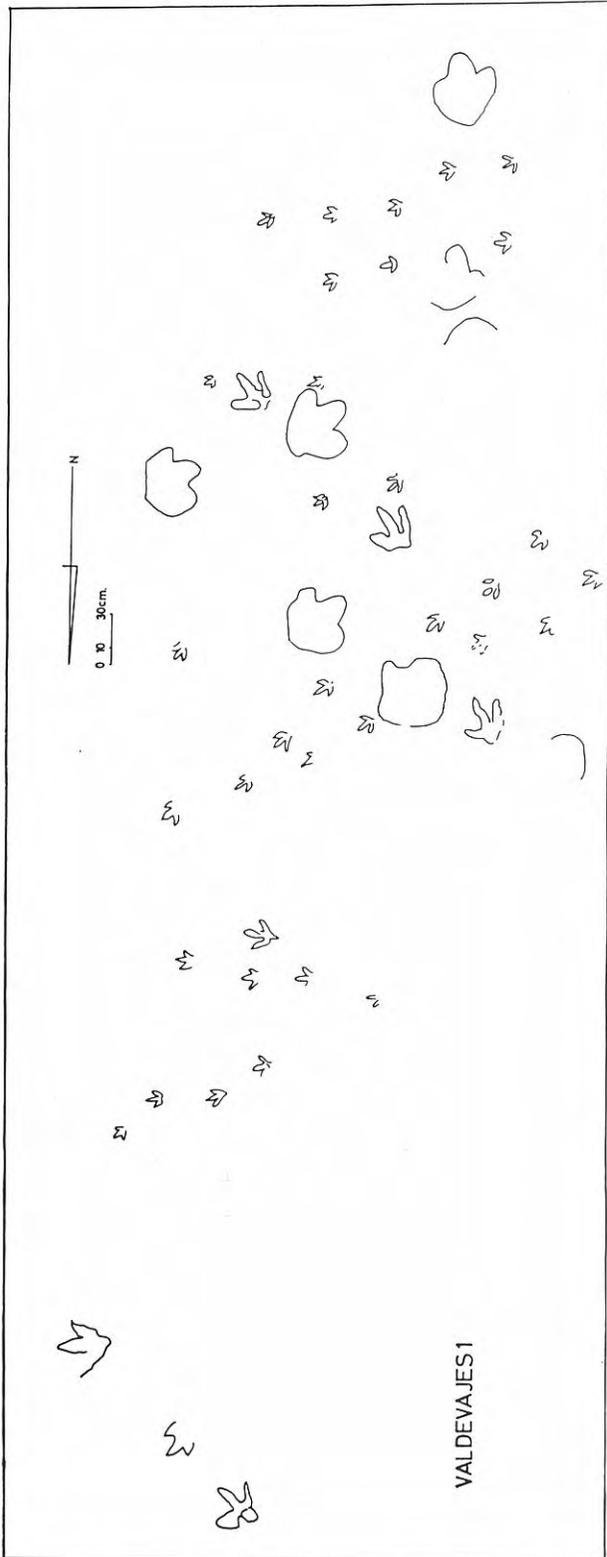


Figura 3. Distribución del conjunto de huellas del yacimiento de Valdevajes 1.

probablemente del mismo género y especie. La representación de las huellas se encuentra en la Fig. 3.

ORNITHOPODA (Fig. 4).

Son ocho huellas que forman al menos tres rastrilladas, aparentemente sin relación entre ellas.

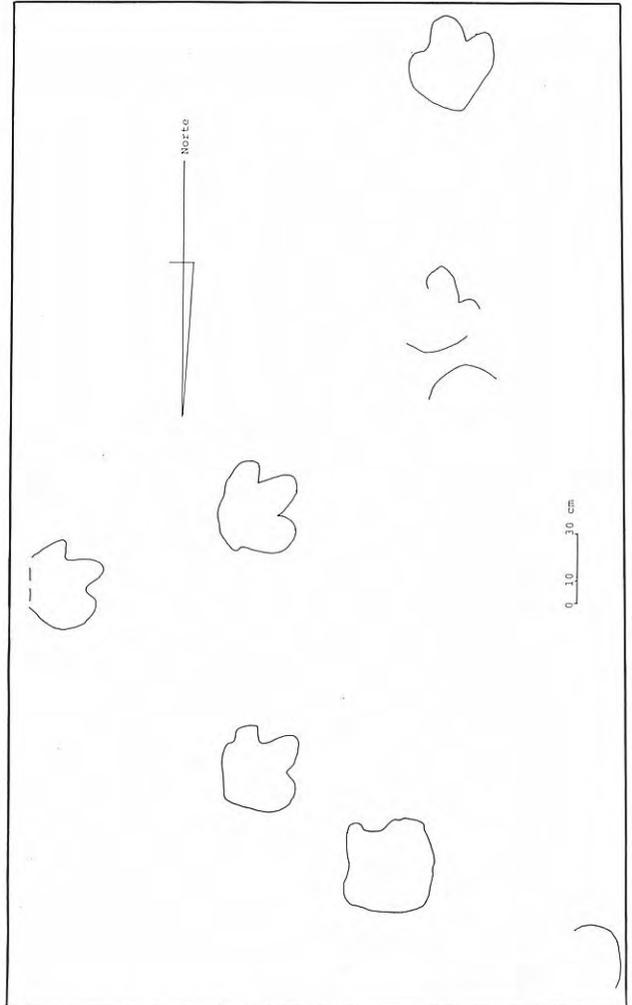


Figura 4. Huellas de Ornitópodos.

Las características morfológicas de las huellas indican que se trata de un animal o de animales bípedos. Tienen talón grande y redondeado, dedos anchos y romos y son plantígrados. El ángulo entre los dedos es grande. Se corresponde con las huellas de tipo O de Casanovas *et al.* (1989).

THEROPODA

Carnosauria indet. (Fig. 5)

La serie de huellas CA-9 corresponde a un animal de pie más largo que ancho, en el que se sugieren las almohadillas. El talón parece que queda algo separado del suelo, ya que sólo se impresiona muy raras veces. La tercera huella muestra que el dedo III, en su nacimiento, está a nivel más alto que el II y IV. Estas características, junto con la relación alta entre la zancada y la longitud del pie, hacen que la rastrillada se asocie a la de un terópodo carnosaurio indeterminado. El número y morfología de las huellas no permite hacer mayores precisiones.

Coelurosauria indet. (Fig. 3 y 6 a 14)

Animal tridáctilo y bípedo. Se trata de una serie de ocho individuos de andar digitígrado. Los dedos

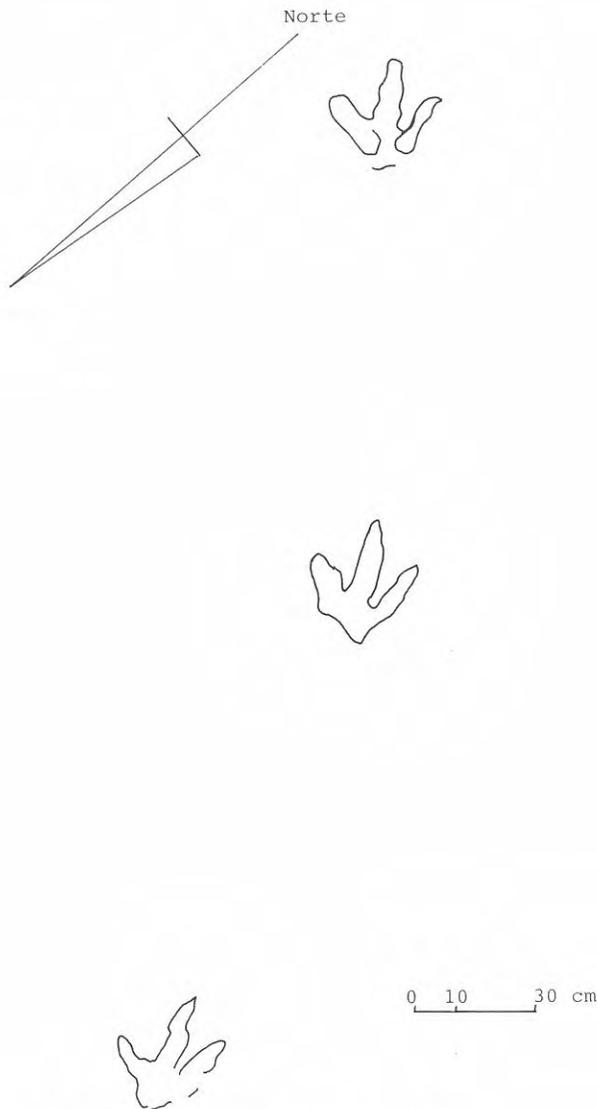


Figura 5. Huellas de un Terópodo. CA-9.

no muestran almohadillas; su forma es rechoncha pero alargada (sobre todo los dedos III y IV); en varias impresiones se nota que el II es el más ancho. La terminación de los dedos es redondeada, aunque en todos ellos hay señal de una uña larga y afilada. La existencia de una almohadilla única para cada dígito, indica que no era la almohadilla que sirve para la protección de la unión de dos falanges, sino que en todo caso se alargaba coincidiendo con una de ellas; es decir, almohadilla mesartral. Las uñas que están mejor desarrolladas se encuentran en los dedos II y IV, y nunca en el III, que, por supuesto, también la presenta. Parece que es el dedo interno el que la tiene más larga. Casi no hay impresiones con talón. Cuando se encuentran, es redondeado, indicando la existencia de una almohadilla “plantar”. Ésta se ha observado en rastrilladas en las que también hay huellas sin señal de talón. Como no se aprecia variación de la velocidad de desplazamiento en relación con este hecho, la impresión o no de la almohadilla se debe a otras causas. Se puede pensar que la almohadilla “plantar” a que nos referimos, estuviese algo más elevada del suelo que el resto

RASTRILLADA CA-9		YACIMIENTO Valdeavajes 1		
NUM. HUELLAS	3	FIGURAS 3, 5		
		MAX.	MIN.	MEDIA
Longitud del pie (l)		36,2	26,2	30,8
Anchura del pie (a)		27,5	25	26,2
Longitud de los dedos	II	18,7	12,5	15,4
	III	20	17,5	18,7
	IV	17,5	11,2	15
Angulo entre los dedos	II-III	29°	27°	28°
	III-IV	45°	25°	35°
	II-IV	64°	52°	58°
	Zancada	dcha.		240
Paso	izdo-dcho.			123,7
	dcho-izdo.			123,7
Amplitud de rastrillada				8,7
Luz de rastrillada				46,2
Angulo de paso	dcho.			160°
Orientación	dcho.			0°
Terminación de los dedos: redondeada con inicio de uñas				
Forma de los dedos: normal; se indican las almohadillas				
Talón: saliente, alargado y redondeado				
Tipo de pisada: digitigrado				

Tabla 1. Medidas de campo de la Rastrillada CA-9.

PIE	1	3	5	izquierdo derecho		
	2	4	11,2			
longitud	10	11,2	10,5	10		
	12,5	11,2	10,5	10		
anchura				11,2		
RASTRILLADA	10°	15°	-15°	orientación		
	3	3	0			
	18,7					
ZANCADA	72,5		75	derecha izquierda		
		72,5				
PASO	37,5	36,2	37,5	longitud		
	157°	153°	180°			
ángulo	6,2	6,2	5	6	6,2	II
	8,1	6,2	6,8	6,2	8,7	III
ángulo	6,2	4	4	3,7	4	IV
	46°	35°	47°	28°	48°	II-III
ángulo	36°	45°	38°	25°	41°	III-IV
	82°	81°	85°	53°	90°	II-IV
h	42,2	48,3	44,6	42,2	48,3	altura acet.
z/h			1,6	1,7		relac. marcha
Km/h			4,235	4,781		velocidad

Tabla 2. Identificación de la Rastrillada CA-1.

del pie y con esto queda justificado que el talón no se apoye sino raras veces.

La variación del tamaño del pie es muy pequeña. La longitud máxima es de 12,5 cm mientras que la mínima es de 7,5 (si se toman los valores de la magnitud media, salen 11,2 y 9,3 cm). El pie viene a ser tan ancho como largo, dado que la relación (l-a)/a definida por Casanovas *et al.* (1989, p. 13) oscila entre 0,1 y -0,1.

Entre el dedo III y la longitud del pie, la relación oscila entre 0,6 y 0,8, lo cual indica que aunque no hay talón, sí existe planta, aunque poco desarrollada.

El ángulo entre los dígitos II y IV oscila entre 53 y 78 grados (valor medio; Tablas n.ºs 3, 5, 8, 10, 12, 14 y 16), habiendo bastantes entre 60 y 70 grados, lo cual parece un valor bajo.

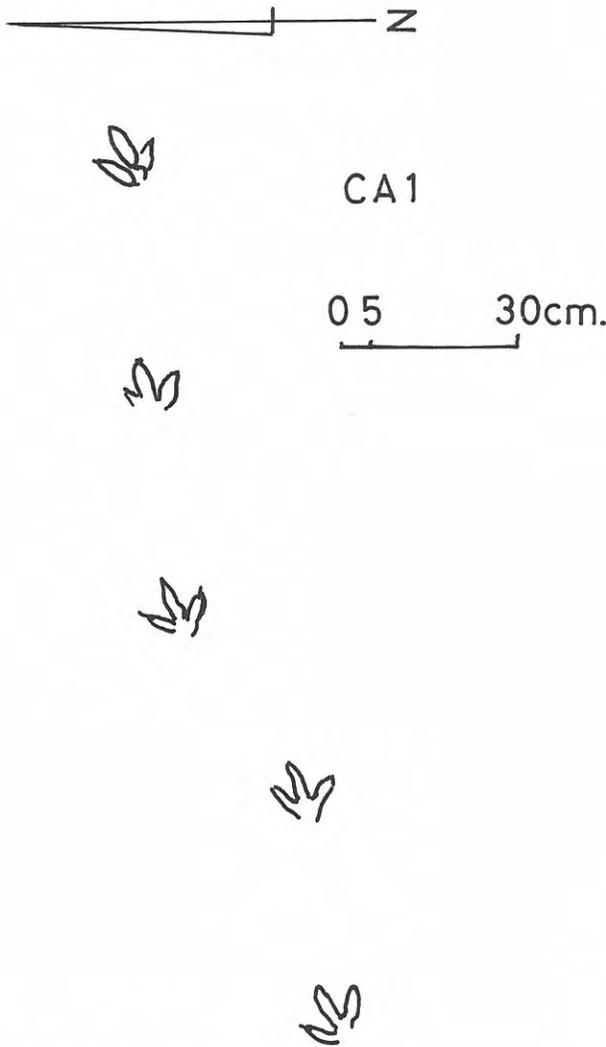


Figura 6. Huellas de Coelurosauria. CA-1.

RASTRILLADA	CA-1	YACIMIENTO Valdevajes-1		
NUM. HUELLAS	5	FIGURAS	3, 6	
		MAX	MIN	MEDIA
Longitud del pie (I)		11,3	10	10,5
Anchura del pie (a)		12,5	10	11
Longitud de los dedos	II	6,3	5	6
	III	8,7	6	7,3
	IV	6,2	3,7	4,5
Angulo entre los dedos	II-III	48°	28°	40°
	III-IV	45°	25°	37°
	II-IV	90°	53°	78°
	Zancada	izq.	75 (en giro)	72,5
Paso	dcha.			72,5
	izdo-dcho.	37,5	37,5	37,5
	dcho-izdo.	37,5	37,5	37,5
Amplitud de rastrillada		3	0 (en giro)	3
Luz de rastrillada				18,7
Angulo de paso	izdo.			153°
	dcho.	180°(giro)	157°	157°
Orientación	izdo.			10°
	dcho.			-15°(giro)
Terminación de los dedos: el III redondeado, en punta cuando se impresiona la uña				
Forma de los dedos: en forma de salchicha				
Talón: no tiene				
Tipo de pisada: digitigrada				
Observaciones: al final del recorrido gira a la derecha				

Tabla 3. Medidas de campo de la Rastrillada CA-1.

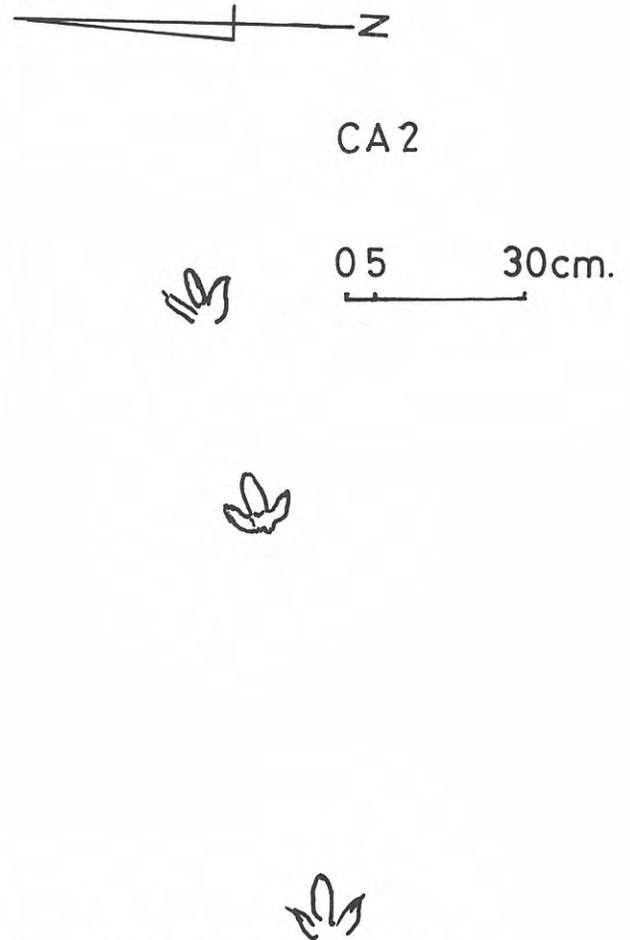


Figura 7. Huellas de Coelurosauria. CA-2.

PIE	1	3	4	10	izquierdo derecho
	10,6	11,2	10		longitud
	12,5	10,6	11,2		anchura
ZANCADA		70			derecha
PASO			35		longitud
DEDOS	7,5	6,2	6,2		II
	longitud	8,7	11,2	7,5	III
ángulo	6,2	3,7	7,5		IV
	41°	40°	25°		II-III
	26°	34°	36°		III-IV
	67°	74°	61°		II-IV
h	45,1	48,1	42,2		altura acet.

Tabla 4. Identificación de la Rastrillada CA-2.

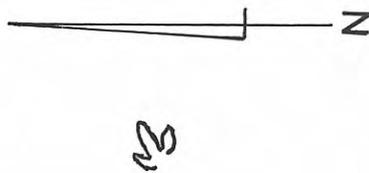
Con respecto a la marcha se observa que:

- Las zancadas oscilan entre 68 y 84 cm.
- La longitud del paso entre 32 y 41 cm.
- El ángulo de paso entre 148° y 166°.
- La amplitud de rastrillada entre 1,8 y 4,5 cm.

La relación entre la amplitud de rastrillada y la anchura del pie oscila entre 0,18 y 0,45 lo que indica que el animal ponía el pie sobre la línea media, por lo que se debe considerar que sus extremidades eran esbeltas.

RASTRILLADA CA-2		YACIMIENTO Valdevajes-1		
NUM. HUELLAS 3		FIGURAS 3, 7		
		MAX	MIN	MEDIA
Longitud del pie (l)		11,2	10	10,6
Anchura del pie (a)		12,2	10,6	11,4
Longitud de los dedos	II	7,5	6,2	6,6
	III	11,2	7,5	9,1
	IV	7,5	3,7	5,8
Angulo entre los dedos	II-III	41°	25°	35°
	III-IV	36°	26°	32°
	II-IV	74°	61°	67°
Zancada	dcha.			70
Paso	dcho-izdo.			35
Terminación de los dedos: redondeados; uña clara en los dedos II-IV				
Forma de los dedos: de salchicha				
Talón: no hay; una huella cerrada por detrás entrante				
Tipo de pisada: digitigrada				

Tabla 5. Medidas de campo de la Rastrillada CA-2.



CA3



Figura 8. Huellas de Coelurosauria. CA-3.

RASTRILLADA CA-3		YACIMIENTO Valdevajes-1		
NUM. HUELLAS 2		FIGURAS 3, 8		
		MAX	MIN	MEDIA
Longitud del pie (l)		11	7,5	9,3
Anchura del pie (a)		8,8	7,5	8
Terminación de los dedos: redondeada				
Forma de los dedos: de salchicha				
Talón: no hay				
Observaciones: datos insuficientes				

Tabla 6. Medidas de campo de la Rastrillada CA-3.

La relación entre la zancada y el pie es de 6,2:1 a 7:1, por lo que debía tratarse de un animal de extremidades posteriores largas, lo cual viene confirmado también por el valor de su ángulo de paso.

Si se considera que las huellas tienen la misma profundidad tanto en la punta como en la proximidad del talón, se deduce que apoyaban el pie con la misma presión sobre el suelo en todas las partes; si se tiene en cuenta que no se entrecruzaban las pisadas, se deduce que andaban ordenadamente; finalmente, como no se ve ningún tipo de resbalón, aunque hay giro claro en alguna rastrillada, se indu-



CA4

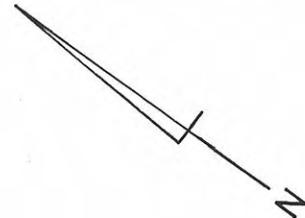
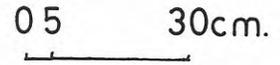


Figura 9. Huellas de Coelurosauria. CA-4.

PIE	1	2	5	izquierdo
	10,6	10,6	10	derecho
	11,2	10	11,2	longitud
				anchura
PASO	40			longitud
DEDOS	5,6	5		II
	8,1	6,2	6,2	III
ángulo	5	6,9	5	IV
	18°	35°	39°	II-III
	43°	10°	40°	III-IV
	61°	45°	79°	II-IV
h	45,1	45,1	42,2	altura acet.

Tabla 7. Identificación de la Rastrillada CA-4.

RASTRILLADA CA-4		YACIMIENTO Valdevajes-1		
NUM. HUELLAS 3		FIGURAS 3, 9		
		MAX	MIN	MEDIA
Longitud del pie (l)		10,6	10	10,1
Anchura del pie (a)		11,2	10	10,8
Longitud de los dedos	II	5,6	5	5,3
	III	8,1	6,2	6,8
	IV	6,9	5	5,6
Angulo entre los dedos	II-III	39°	18°	30°
	III-IV	43°	10°	31°
	II-IV	79°	44°	61°
Paso	izdo-dcho.			40
Terminación de los dedos: redondeada; acuminada en uñas				
Forma de los dedos: en general de salchicha				
Talón: se marca en la huella nº 2				
Tipo de pisada: digitigrada				

Tabla 8. Medidas de campo de la Rastrillada CA-4.

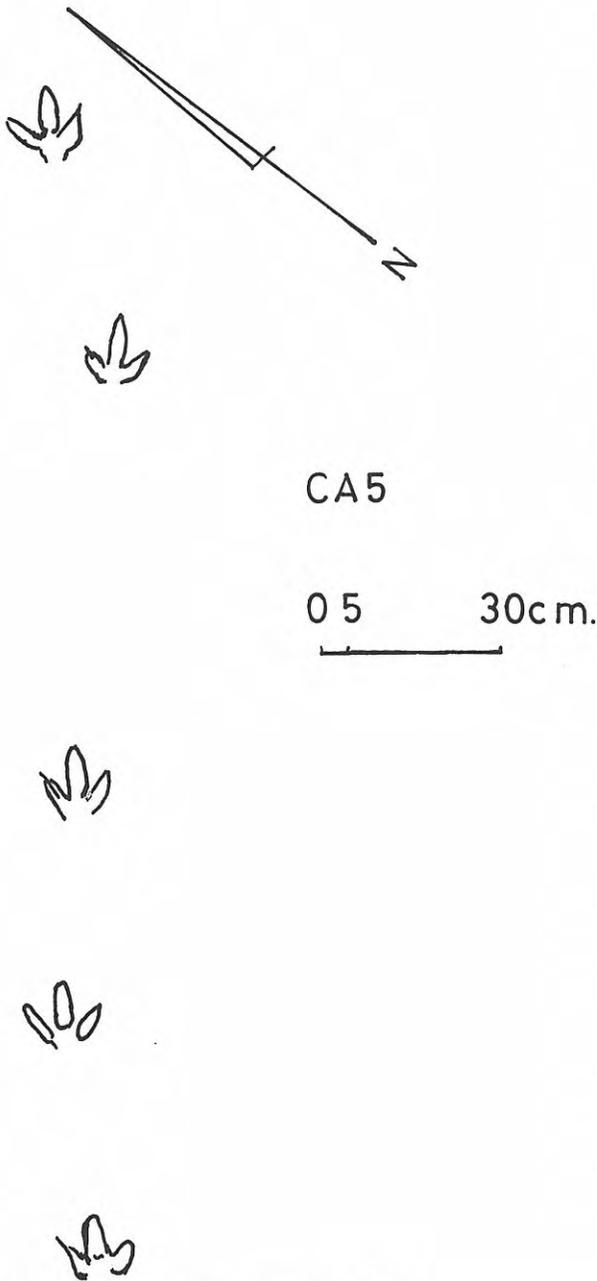


Figura 10. Huellas Coelurosauria. CA-5.

RASTRILLADA CA-5	YACIMIENTO		Valdevajes-1
NUM. HUELLAS 5	FIGURAS 10		
	MAX	MIN	MEDIA
Longitud del pie (l)	11,2	10	11
Anchura del pie (a)	12,5	11,2	11,7
Longitud de los dedos	II	6,2	3,7
	III	7,5	6,2
	IV	6,2	5
Angulo entre los dedos	II-III	49°	26°
	III-IV	50°	26°
	II-IV	56°	93°
			71°
Zancada	izq.		75,6
	dcha.	76,2	75
Paso	izdo-dcho.	38,7	37,5
	dcho-izdo.	38,7	38,1
Amplitud de rastrillada	2,5	1,2	1,8
Luz de rastrillada	16,2	15	15,6
Angulo de paso	izdo.		166°
Orientación	izdo.	10°	-6°
	dcho.	4°	-6°

Observaciones: la longitud de la zancada izquierda se ha hecho dividiendo por dos la longitud correspondiente a dos zancadas sucesivas

Tabla 10. Medidas de campo de la Rastrillada CA-5.

PIE	1	2	3	5	6	izquierdo derecho	
	11	11,2	11,2	11,2	11,5	longitud	
	11,2	12,5	11,2	11,2	12,5	anchura	
RASTRILLADA	4°	-6°	-6°	10°		orientación	
		2,5	1,2			amplitud luz	
ZANCADA		76,2	75			derecha	
PASO		38,7	38,7		37,5	longitud	
		166°				ángulo	
DEDOS		6,2	6,2	5	3,7	3,7	II
	longitud	6,2	6,2	7,5	7,5	3,5	III
		5	6,2	5	6,2	6,2	IV
ángulo		31°	29°	29°	49°	26°	II-III
		26°	43°	27°	44°	50°	III-IV
		57°	72°	56°	93°	76°	II-IV
h	42,2	48,1	48,1	48,1	49,5	altura acet.	
z/h		1,6		1,6		relac. marcha	
Km/h		4,217		4,106		velocidad	

Tabla 9. Identificación de la Rastrillada CA-5.

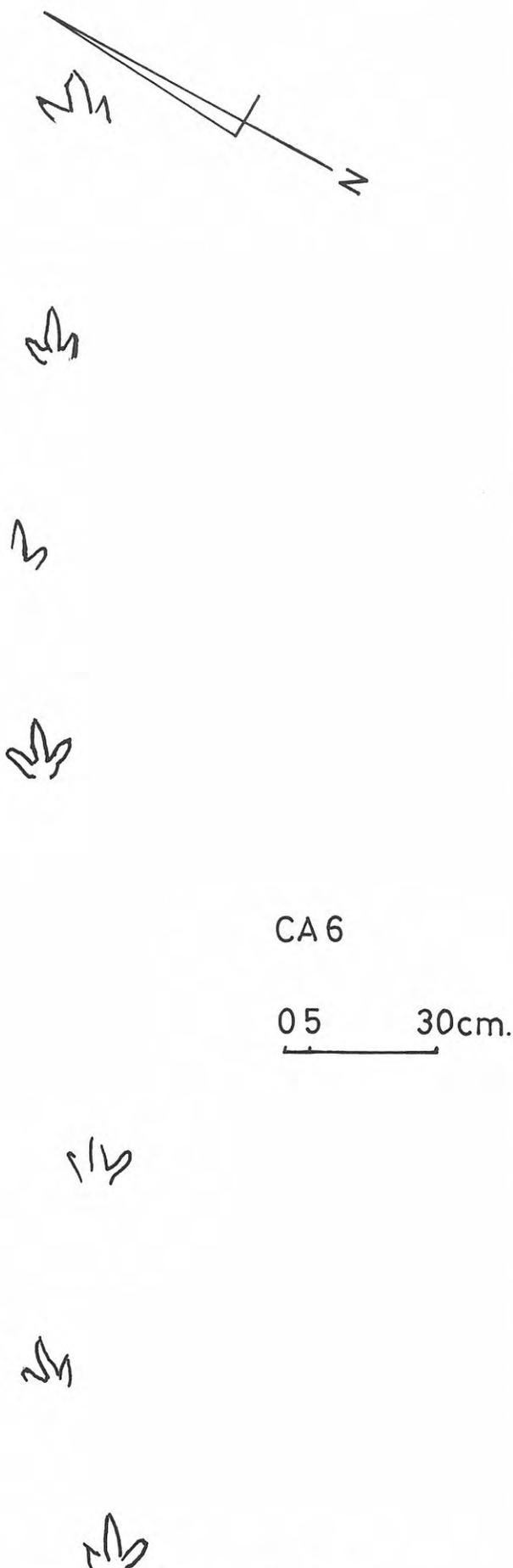
ce que no corrían. Se trataba pues de una manada que andaba al paso.

A favor de extremidades posteriores largas y delgadas se encuentra también la relación entre la amplitud de la rastrillada y la anchura del pie, que, junto con el valor del ángulo de orientación de aquél, hace deducir que el animal era, además, de carrera rápida.

La forma de las uñas, afiladas y largas, induce a pensar que el autor de las icnitas era un animal carnívoro. Existen, no obstante, criterios que hacen pensar en otra dirección. En primer lugar, los dedos no tienen falanges claras; como sólo tienen una almohadilla larga, esto podría indicar que los utilizaba para la carrera y no para una función prensil (característica esta última de los carnosaurios de talla pequeña). Esta posible adaptación a la carrera puede ser tanto para cazar como para huir de los depredadores. El ángulo entre los dedos es relativamente grande si se tiene en cuenta el que tienen los carnosaurios de esta talla.

Todos los datos anteriores permiten, no obstante, asociar estas huellas con las del *Columbosauripus ungulatus* Sternberg (cf. Haubold, 1971).

Si se consideran los datos extraídos de las primeras deducciones, sin mayor análisis de los mismos (Tablas 2, 4, 7, 9, 11, 13 y 15) se obtiene que la altura del acetábulo (cintura pelviana) oscila entre 36 y 54,5 cm. Esto indicaría que son animales de talla muy distinta, y por lo tanto que no tenían la misma edad. Si se tiene en cuenta el valor medio deducido para cada rastrillada, los valores máximo y mínimo son de 44,1 y 47,5 cm. Finalmente, si se obtienen los valores de la altura a partir del valor medio que proporcionan las Tablas 1, 3, 5, 6, 8, 10, 12, 14 y 16, oscilan entre 44,2 y 48,1 (Tb. 17). Estas medidas suponen una variación de la longitud de la extremidad del 41 %, 7,6 % y del 8,45 % respectivamente. El resultado elegido puede ser cualquiera de los dos últimos, dado que en el primer caso se toman las primeras medidas, mientras que en el segundo y tercero se encuentran homogeneizadas por las operaciones estadísticas. El primer dato es



PIE	2	-	6	8	izquierdo
	1	3	5	7	derecho
	11,2 12,5 11,2		11,2 10	10,5 10	longitud
	11,4 10,5 12,5		11,5	9 14	anchura
RASTRILLADA	15°		10° -7°		orientación
	4,3		2,5 0		amplitud
	22,5		15 12,5		luz
ZANCADA	77,5	81,2	87,5		derecha
				87,5	izquierda
PASO	40 41,2		40 41,2 46,2		longitud
	150°		164° 174°		ángulo
DEDOS	4 3,7		6,2 4,3 4,3 4,3		II
longitud	8,7 7,5		7,5 7,6 8,1 7,5		III
	6,2 5,6 4		4 4 6,2		IV
ángulo	25° 30°		42° 56° 38°		II-III
	52° 34°		54° 13° 48°		III-IV
	67° 64°		96° 69° 86°		II-IV
h	48,1 53,0 48,1		48,1 42,2 44,6 42,2		altura acet.
z/h	1,5 1,7		2,1 2,0'		relac. marcha
Km/h	3,870		4,689 6,180 5,730		velocidad

Tabla 11. Identificación de la Rastrillada CA-6.

RASTRILLADA CA-6	YACIMIENTO Valdevejas-1
NUM. HUELLAS 7	FIGURAS 3, 11
	MAX MIN MEDIA
Longitud del pie (l)	12,5 10 10,9
Anchura del pie (a)	14 9 11,5
Longitud de los dedos	II 6,2 3,7 4,5
	III 8,7 7,5 7,8
	IV 6,2 4 5
Angulo entre los dedos II-III	56° 25° 38°
	III-IV 54° 13° 40°
	II-IV 96° 64° 77°
Zancada	izq. 87,5 77,5 82
	dcha. 87,5 77,5 82
Paso	izdo-dcho. 41,2 41,2 41,2
	dcho-izdo. 46,2 40 42
Amplitud de rastrillada	4,3 0 2,3
Luz de rastrillada	22,5 12,5 16,6
Angulo de paso	izdo. 164° 150° 157°
	dcho. 174°
Orientación	izdo. 15° 10° 13°
	dcho. -7°

Terminación de los dedos: el dedo III redondeado; el II en uña corta

Forma de los dedos: en forma de salchicha

Talón: no hay

Tipo de pisada: digitígrada

Observaciones: el valor 0 de la amplitud de rastrillada se debe al giro en la marcha del animal; las medidas de luz de rastrillada se alteran debido a la misma razón.

Tabla 12. Medidas de campo de la Rastrillada CA-6.

menos decisivo debido a que la máxima variación o alejamiento de los valores máximo y mínimo de altura del acetábulo se encuentran en una sola rastrillada, la CA-8, que proporciona estos datos. Es imposible que el mismo animal muestre una variación de altura del orden del 40 %.

No se puede, por tanto, decir si esta manada de pequeños dinosaurios corresponde a una camada, o a un conjunto de individuos de edad diferente que tienen comportamiento gregario. Con respecto a los datos de orientación (ángulo entre el eje del pie y la línea media), amplitud de rastrillada y luz de rastrillada, hay que tener presente que esta manada tiene individuos que giran y, por lo tanto, no son exactamente correctos para su utilización como datos generales. Aunque el número de éstos es pequeño, se ha intentado un análisis de la dirección y del sentido

Figura 11. Huellas Coelurosauria. CA-6.

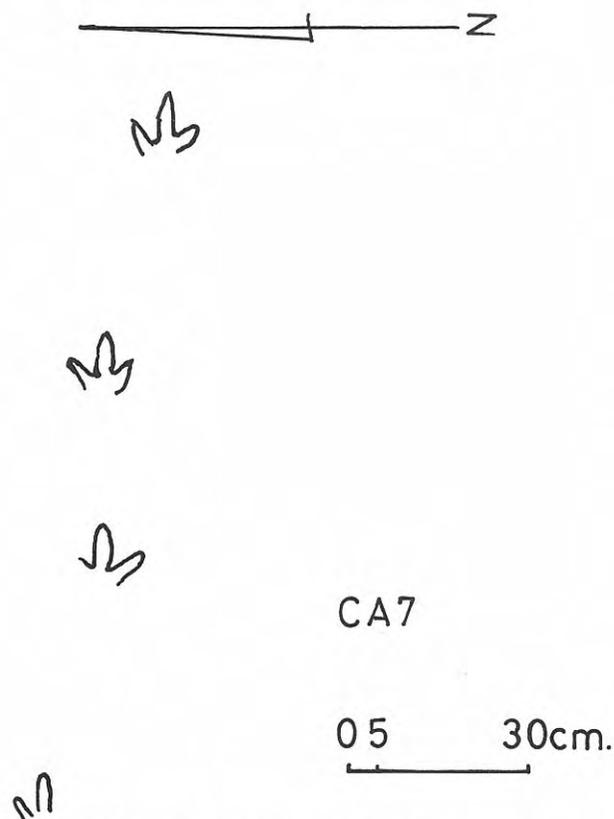


Figura 12. Huellas Coelurosauria. CA-7.

PIE	1	2	3	4	
		12,5	10,6	10,6	izquierdo
			11,2	11,2	derecho
					longitud
					anchura
RASTRILLADA		-10°	10°		orientación
		2,2	2,2		amplitud
		22,5	23,2		luz
ZANCADA			72		derecha
			72		izquierda
PASO		42,5	30	40	longitud
		168°	165°		ángulo
DEDOS			4,7	4	II
longitud	7,7	7,5	7,5	8,7	III
		6,5	5,6	4	IV
ángulo			11°	15°	II-III
	40°	38°	46°	50°	III-IV
			57°	65°	II-IV
h		52,2	45,1	45,1	altura acet.
z/h		1,4	1,6		relac. marcha
Km/h		3,479	4,128		velocidad

Tabla 13. Identificación de la Rastrillada CA-7.

de la marcha. En la Tabla 19 se indica el ángulo que forman hacia el Este con la línea Norte-Sur: el eje o línea central de los pies; el paso o línea que une el punto medio de dos huellas sucesivas y la línea media o línea que une el punto medio de dos pasos sucesivos.

Se aprecia en muchas rastrilladas que el pie derecho forma un ángulo distinto que el izquierdo

RASTRILLADA CA-7 NUM. HUELLAS 4	YACIMIENTO Valdevajes-1 FIGURAS 3, 12		
	MAX	MIN	MEDIA
Longitud del pie (l)	12,5	10,6	11,2
Anchura del pie (a)	11,2	11,2	11,2
Longitud de los dedos	II 4,7	4	4,3
	III 8,7	7,5	7,8
	IV 6,5	4	5,3
Ángulo entre los dedos	II-III 15°	11°	13°
	III-IV 50°	38°	43°
	II-IV 65°	57°	61°
Zancada	izq.		72
	dcha.		72
Paso	izdo-dcho.	42,5	40
	dcho-izdo.		30
Amplitud de rastrillada		2,2	2,2
Luz de rastrillada		23,2	22,5
Ángulo de paso	izdo.		168°
	dcho.		165°
Orientación	izdo.		10°
	dcho.		-12°

Terminación de los dedos: en general redondeada; se marcan las uñas a veces en los dedos II y III

Forma de los dedos: de salchicha

Talón: no hay huella

Tipo de pisada: digitígrada

Tabla 14. Medidas de campo de la Rastrillada CA-7.

con la dirección Norte-Sur. Al proyectar separadamente el pie derecho del izquierdo no se observa ninguna diferencia significativa; si se hace esto separadamente para cada rastrillada se pueden obtener conclusiones erróneas debido a la escasez de datos y a la variación de la dirección de marcha.

A pesar de todos los inconvenientes, se ha hecho la proyección sobre un círculo de dirección, donde se resalta el máximo perfecto para las ocho rastrilladas.

La Fig. 15 indica la posición de las huellas a intervalos de cinco grados; la Fig. 16 la de los pasos a intervalos de diez grados y la Fig. 17 la de la línea media tomada también a intervalos de diez grados. Los valores del ángulo de paso, del paso, y de la zancada, están influenciados por el giro de las rastrilladas.

Es necesario prever que la longitud del pie tiene que incrementarse, para determinado tipo de cálculos, en una magnitud que se ha de sumar a cada medida. Esta magnitud debe ser del orden del 37,5 % si se considera que el pie tenía la "almohadilla plantar" como se deduce de algunas huellas. Con estas dimensiones los valores de altura, marcha y velocidad cambian; en este caso, la altura mínima es de 54 cm y la máxima de 69 cm. La velocidad mínima se hace de 2 km/h y la máxima de unos 4 km/h (Tb. 18).

En la rastrillada CA-6 salen algunos valores de la relación z/h superiores a 2, con lo cual se pasa de la marcha al trote (Thulborn, 1984) en cuyo caso no se puede aplicar la fórmula de Alexander (1976) para encontrar la velocidad de marcha (v), sino que es necesario aplicar la de Thulborn *et al.* (1984) en donde $v = (gh [z/(1,8 h)^{2,56}])^{0,5}$; con esta aplicación sale una velocidad máxima para la rastrillada CA-6 citada de 28 km/h.

Demathieu (1984, 1986) utilizó para el estudio de la velocidad de los vertebrados (v''), fórmulas derivadas del movimiento del péndulo, concretamente del valor del período. Especificó que el método de Alexander (1976) y Thulborn (1984), entre otros,

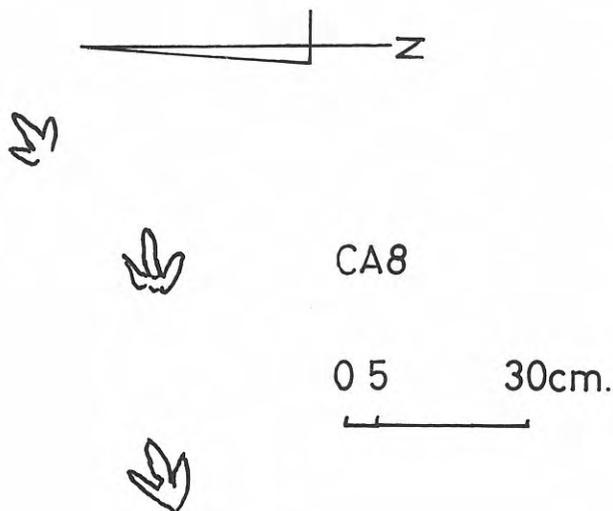


Figura 13. Huellas Coelurosauria. CA-8.

PIE	1	2	3	4	
	11,2	12,5	11,2	8,7	izquierdo
	10	11,8	8,7		derecho
					longitud
					anchura
RASTRILLADA		-2°	15°		orientación
		3,7	5		amplitud
		20	22,5		luz
ZANCADA		76			derecha
			60		izquierda
PASO		31,2	35	30	longitud
		152°	145°		ángulo
DEDOS		5	6,2	5	II
longitud	8,1	7,5	8,7	6,9	III
	6,2	6,2	7,5	5	IV
ángulo	49°	26°	16°	28°	II-III
		30°	32°	26°	III-IV
		56°	48°	54°	II-IV
h	48,1	54,5	48,1	36,0	altura acet.
z/h		1,4	1,2		relac. marcha
Km/h		3,626	2,829		velocidad

Tabla 15. Identificación de la Rastrillada CA-8.

para calcular la altura de las extremidades tiene los siguientes inconvenientes:

1. Hay que tener en cuenta el valor aparente de cada extremidad y no el valor real, porque cuando el animal se desplaza tiene la pata doblada, y que, por lo tanto, la distancia desde el acetábulo al punto donde apoya el pie es menor que la longitud real del estilópodo.

2. La altura del acetábulo encontrada por los autores citados en segundo lugar es variable durante la marcha.

Se mantiene la incertidumbre en los cálculos de Demathieu, puesto que, o se conoce el ángulo de

RASTRILLADA	CA-8	YACIMIENTO		
NUM. HUELLAS	4	FIGURAS		Valdevajes-1
		MAX	MIN	MEDIA
Longitud del pie (l)		12,5	8,7	10,9
Anchura del pie (a)		11,8	8,7	9,8
Longitud de los dedos	II	6,2	5	5,4
	III	8,7	6,9	7,8
	IV	7,5	5	6,2
Angulo entre los dedos	II-III	28°	16°	23°
	III-IV	49°	26°	34°
	II-IV	56°	48°	53°
Zancada	izq.			60
	dcha.			76
Paso	izdo-dcho.			35
	dcho-izdo.	31	30	30,5
Amplitud de rastrillada		5	3,7	4,5
Luz de rastrillada		22,5	20	21
Angulo de paso	izdo.			152°
	dcho.			145°
Orientación	izdo.			-2°
	dcho.			15°

Terminación de los dedos: redondeada

Forma de los dedos: en forma de salchicha excepto el dedo II

Talón: puede ser que quede impreso en la huella II

Tabla 16. Medidas de campo de la Rastrillada CA-8.

RASTRILLADA	CA-8	CA-7	CA-6	CA-5	CA-4	CA-3	CA-2	CA-1
long.	10,9	11,2	10,9	11	10,4	9	10,5	10,5
a	9,8	11,2	11,7	11,7	10,8	8	11,4	11
(long-a)/a	0,1	0	-0,05	-0,06	-0,03	-0,1	-0,07	-0,09
II	5,4	4,3	4,5	5	5,3	-	6,6	4,5
III	7,8	7,8	7,8	7	6,8	-	9,1	7
IV	6,2	5,5	5	5,5	5,3	-	5,8	6
III/long	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	-	0,8	0,7
II-III	23°	13°	38°	32°	30°	-	35°	40°
II-IV	53°	61°	77°	70°	61°	-	67°	71°
A	148°	166°	165°	166°	-	-	-	-
O	7°	-1°	3°	1°	-	-	-	10°
Ar	4,5	2,2	2,3	1,8	-	-	-	3
Ar/long.	0,4	0,2	0,2	0,1	-	-	-	0,3
z	68	72	84	76	-	-	69	72
z/long.	6,2	6,4	7,7	6,9	-	-	6,5	7
Lr	21	23	16,6	16	-	-	-	19
P	32	35	41,3	38,4	-	-	-	37,5
h	46,6	48,1	46,6	47,1	44,2	-	45,1	45,6
z/h	1,5	1,5	1,8	1,5	-	-	1,5	1,6
v	3,615	3,836	5,144	4,301	-	-	3,8	4,079

Tabla 17. Datos medios de las Rastrilladas y elaborados a partir de ellas, correspondientes a las huellas de coelurosaurios del yacimiento de Valdevajes 1. Medidas lineales en cm. Significado de las abreviaturas: long., longitud del pie; a, anchura del pie; II, longitud del dedo II; III, longitud del dedo III; IV, longitud del dedo IV; II-III, ángulo entre los dedos II-III; II-IV, ángulo entre los dedos II-IV; A, ángulo de paso; O, orientación del pie; Ar, amplitud de rastrillada; z, zancada; Lr, luz de rastrillada; P, longitud de paso; h, altura del acetábulo; v, velocidad (km/h).

marcha, o se conoce la altura aparente (v, h, respectivamente, según Demathieu, *op. cit.*, de la extremidad en marcha. Estas dos dimensiones están unidas por la expresión $E = 4 h \cdot \text{sen } v$ (ecuación 6. Demathieu, 1986). En la misma obra se da una tabla de valores, de doble entrada: bien zancada/altura aparente; bien zancada/período de la extremidad (considerada como un péndulo). Para poderla utilizar partimos de un único dato cierto que es la zancada. Si tomamos el valor medio de cada rastrillada vemos que los resultados de la velocidad deducida son los obtenidos en la Tabla 20.

Finalmente, si deducimos la velocidad de marcha variando el período, en el intervalo que utiliza Demathieu (1986) sin tener en cuenta los valores de zancada y período, la velocidad de marcha oscila entre 2,6 a 3,8 km/h, valores de hecho inferiores a los obtenidos mediante las fórmulas de Alexander

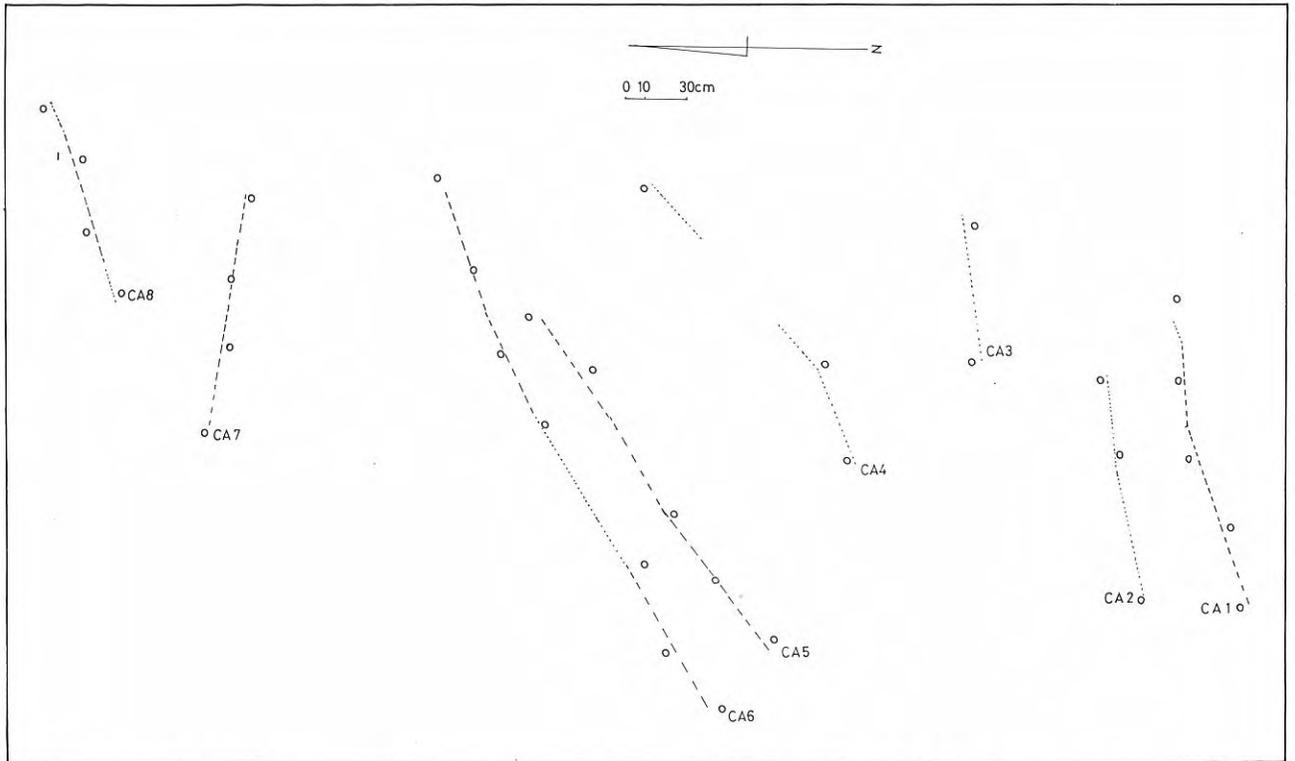


Figura 14. Línea media de CA-1 a CA-8.

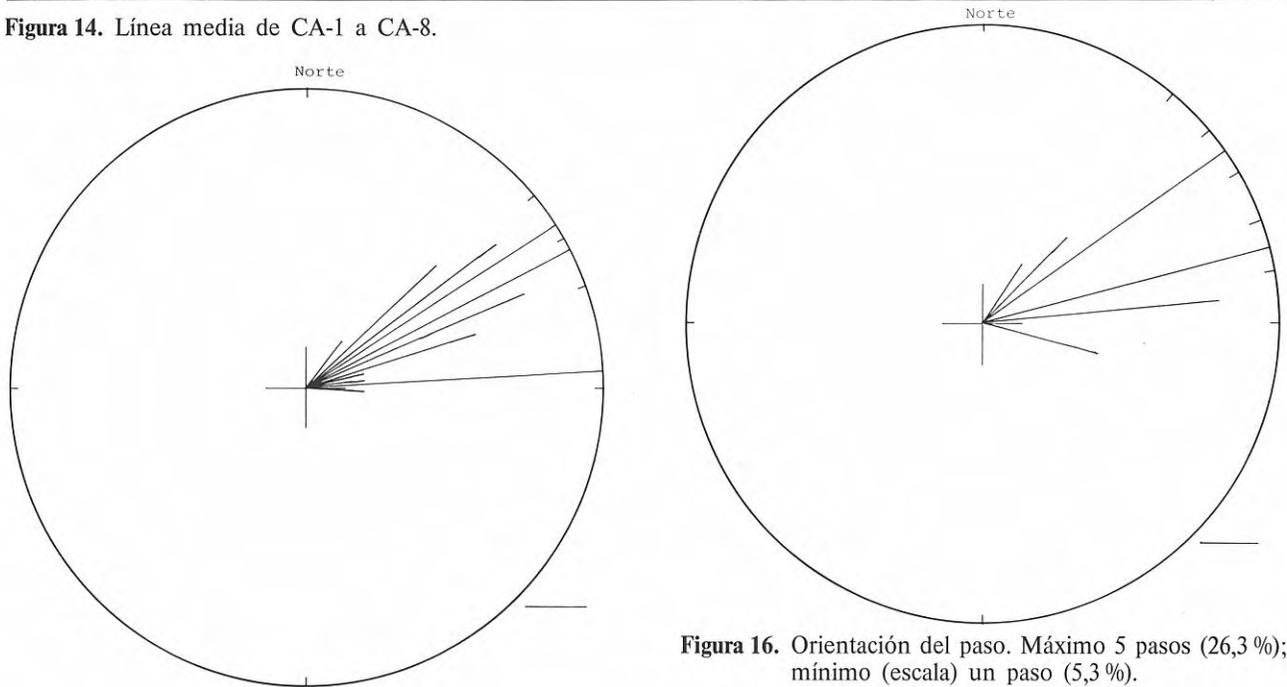


Figura 15. Orientación de las huellas con respecto al Norte. Máximo 5 huellas (15%); mínimo (barra) una huella (3%).

Figura 16. Orientación del paso. Máximo 5 pasos (26,3%); mínimo (escala) un paso (5,3%).

(1976) y Thulborn (1984). Se observa la discrepancia entre los resultados obtenidos en cuanto a la velocidad. Nuestro parecer es que los resultados de los últimos autores citados son incorrectos, dado que para la altura de estos animales y la velocidad encontrada, se extraen las cifras de la Tabla 21.

El número de zancadas por segundo según el método de Demathieu es de 1,1, lo cual indica una velocidad de marcha normal, en contraposición con los valores de tres o más zancadas (seis pasos) cada

	long.	h	z/h	v
CA-1	14,4	66,0	1,1	2,743
CA-2	14,4	64,0	1,1	2,555
CA-3	12,4	53,94		
CA-4	14,3	63,50		
CA-5	15,1	67,57	1,1	2,818
CA-6	13,3	58,47	1,4	3,945
CA-7	15,4	69,1	1,0	2,508
CA-8	15,0	67,06	1,0	2,080

Tabla 18 Datos corregidos a partir de las medias aplicando la corrección del 37,5% al tamaño del pie. Medidas en cm y velocidad en km/h.

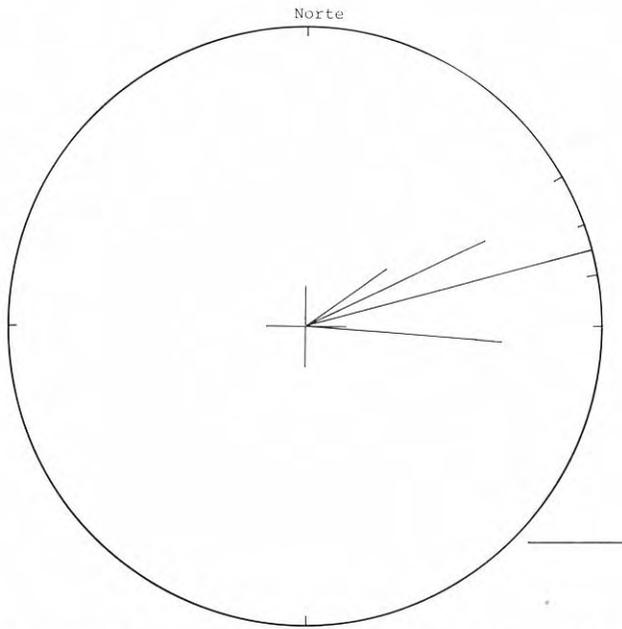


Figura 17. Orientación de la línea media. Máximo 3 (37,5%); mínimo (escala) uno (12,5%).

dos segundos según los métodos de Thulborn y Alexander.

CONCLUSIONES

Se ha estudiado una asociación de huellas de dinosaurios en las que se han identificado al menos tres tipos de superfamilias distintas: una perteneciente al suborden Ornithopoda y dos al suborden Theropoda.

Dentro del suborden Theropoda se diferencian animales (una rastrillada) del infraorden Carnosauria, y ocho rastrilladas del infraorden Coelurosauria.

El grupo de coelurosaurios (ocho) iban en manada y al paso. La altura del acetábulo era menor de 70 cm. Si en los cálculos se considera sólo la longitud de las pisadas sin tener en cuenta el posible talón, se obtiene una altura inferior a 48 cm. El valor mayor obtenido es de 54 cm; las fórmulas usadas han sido las de Alexander (1976) y Thulborn (1984). En cualquier caso se trata de dinosaurios pequeños que tienen las características propias de un coelurosaurio.

No se puede deducir si se trataba de una manada de individuos de distinta edad o bien si era una camada de animales todos del mismo año. Lo que parece claro es que iban juntos, que eran de la misma especie, y que avanzaban todos a un tiempo con el mismo itinerario, por lo que es de suponer gregarismo en este comportamiento.

AGRADECIMIENTOS

A los Sres. J. L. Calahorra Gil y F. González Bachiller por habernos comunicado y conducido hasta el afloramiento. A los asistentes al campamento de verano del Colegio Universitario de La Rioja por su labor de desescombro y preparación del yacimiento. Este trabajo forma parte del Proyecto de la DGICYT n.º PB89-0512.

	Rastrillada	pie	paso	línea media
CA-1	1i	55°	82°	
	2	76°	57°	69°
	3	68°	82°	69°
	4	72°	86°	85°
	5	60°		
CA-2	1i	86°	-	-
	2	-	-	-
	3	69°	76°	-
	4	69°		
CA-3	1d	71°	-	-
	2	-	-	-
	3	66°		
CA-4	1i	52°	74°	
	2	59°	-	-
	3	-	-	-
	4	37°		
CA-5	1d	55°	44°	
	2	53°	58°	53°
	3	46°	-	-
	4	-	-	-
	5	60°	37°	-
	6	45°		
CA-6	1d	62°	46°	
	2	46°	76°	60°
	3	55°	-	-
	4	-	-	-
	5	52°	55°	-
	6	60°	71°	63°
	7	62°	70°	70°
	8	56°		
CA-7	1d	89°	106°	
	2	88°	88°	98°
	3	88°	103°	97°
	4	94°		
CA-8	1d	82°	58°	
	2	73°	87°	70°
	3	87°	50°	70°
	4	53°		

Tabla 19. Orientación con respecto al Norte de huellas y pistas.

	RASTRILLADA					
	CA-1	CA-2	CA-5	CA-6	CA-7	CA-8
z	73,1	70	75,6	84,75	72	65
h	45,12	45,1	45,2	46,6	48,13	46,6
U	24°	24°	24°	26°	21°	21°
v' (Km/h)	2,97	2,97	3	3,4	2,8	2,7
v'' (Km/h)	4,5	-	4,2	5,1	3,8	3,2
dU	33%	-	28%	33%	26%	15%

Tabla 20. El valor de h, deducido de Alexander y Thulborn, se supone válido para los cálculos de Demathieu, v' es el valor de la velocidad media obtenido de las Tablas 2, 9, 11, 13 y 15. dV quiere expresar la variación de la velocidad obtenida de la siguiente fórmula $dV = (v' - v'') \times 100/v'$. v es el ángulo de marcha.

RASTRILLADA	Velocidad/Zancada = nº zancadas hora		Zancadas por segundo
	AT	D	AT
CA-1	6.156	4.063	1,7
CA-5	5.555	3.968	1,5
CA-6	6.021	4.014	1,7
CA-7	5.278	3.889	1,5
CA-8	4.923	4.154	1,4

Tabla 21. AT, número de zancadas obtenidas para Alexander y Thulborn. D, número de zancadas obtenidas para Demathieu.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, R.M. 1976. Stimated of speed of dinosaurs. *Nature*, **261**, 129-130.
- Brenner, F. 1976. Ostracoden und Charophyten des spanischen Wealden (Systematik, Ökologie, Stratigraphie, Paläogeographie). *Paleontographica*, **A**, **152**, 113-201.
- Caro, S., Pérez-Gómez, A., Pérez-Lorente, F. y Mata, P. 1989. El contacto entre la Depresión del Ebro y la Cordillera Ibérica. Límite oriental de La Rioja. *Zubia*, **7**, 75-97.
- Casanovas-Cladellas, M.^a L., Pérez-Lorente, F., Santafé-Llopis, J. Vte. y Fernández, A. 1985. Nuevos datos icnológicos del Cretácico inferior de la Sierra de Cameros (La Rioja, España). *Paleontologia i Evolució*, **19**, 3-18.
- Casanovas-Cladellas, M.^a L., Fernández-Ortega, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé-Llopis, J. Vte. 1989. Huellas fósiles de dinosaurios de La Rioja. Yacimientos de Valdecevillos, La Senoba y de la Virgen del Campo. Ediciones del Instituto de Estudios Riojanos. *Ciencias de la Tierra*, **12**, 1-190.
- Demathieu, G.R. 1984. Utilisation de lois de la mécanique pour l'estimation de la vitesse de locomotion des vertébrés tétrapodes du passé. *Geobios*, **17**, 439-446.
- Demathieu, G.R. 1986. Nouvelles recherches sur la vitesse des vertébrés auteurs de traces fossiles. *Geobios*, **19**, 327-333.
- Duránte, O., Solé, J., Castiella, J. y Villalobos, L. 1982. Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000, *Hoja n.º 281; Cervera del Río Alhama*. Madrid, Publicaciones del Ministerio de Industria. Hoja y memoria.
- Guiraud, M. 1983. *Évolution tectono-sédimentaire du bassin wealdien (Crétacé inférieur) en relais de décrochements de Logroño-Soria (NW Espagne)*. Tesis Université de Montpellier, 1-176.
- Haulbold, M. 1971. Ichnia amphibiorum et reptiliorum fossilium. In: O. Kuhn Ed. *Handbuch der Palaeoherpetologie*, **18** (18), 1-124.
- Salomon, J. 1982. Les formations continentales du Jurasique supérieur-Crétacé inférieur en Espagne du Nord (Chaîne Cantabrique et NW Ibérique). *Mémoires de l'Université de Dijon*, **6**, 1-228.
- Sargeant, W.A.S. 1975. Fossil track and impression of vertebrates. In: R.W. Frey Ed. *The study of trace fossils*, 283-324. Springer Verlag, New York.
- Sternberg, C.M. 1932. A dinosaur footprint bird bath. *The Canadian Field Naturalist*, **46** (9), 203-204.
- Thulborn, R.A. 1984. Preferred gaits of bipedal dinosaurs. *Alcheringa*, **8**, 243-252.
- Thulborn, R.A. and Wade, M. 1984. Dinosaur trackways in the Winton Formation (Mid-Cretaceous) of Queensland. *Memoirs of the Queensland Museum*, **21**, 413-517.
- Tischer, G. 1966. Über die Wealden-Ablagerung und die tektonik der östlichen der Sierra de los Cameros in den Nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Beihfte Geologische Jahrbuch*, **44**, 123-164.

Manuscrito recibido: 29 de octubre, 1990.

Manuscrito aceptado: 22 de abril, 1991.