

Descubrimiento de una pista semiplantígrada de dinosaurio en el yacimiento de Tirika (Demnat. Alto Atlas central marroquí)

A new dinosaur semiplantigrade piste from Tirika paleoichnological site (Demnat. High Atlas. Morocco)

J. Nouri (*), F. Pérez-Lorente (**) y M. Boutakiout (*)

(*) Universidad Mohamed V, Facultad de Ciencias. Dpto. Ciencias de la Tierra. B.P.1014 Rabat. Marruecos
(**) Dpto. de Química. Universidad de La Rioja. Madre de Dios, 51. 26006 Logroño.

ABSTRACT

There are not known too much dinosaur trackways with the metatarsus imprints. The existent dates mention about 30 trackways. This is the first time, one of this kind of trackway is described in Morocco. The shape of this footprints are conditioned on the mud behaviour and probably on the trackmaker speed.

Key words: Footprints, semiplantigrade, dinosaur, Jurassic, Morocco.

Geogaceta, 29 (2001), 83-86
ISSN: 0213683X

Introducción

El Alto Atlas es el elemento más meridional de las cadenas alpinas peri-mediterráneas. Se considera que es una cadena intracontinental NE-SW que surgió de la inversión estructural de una cuenca esencialmente jurásica. En la región de Azilal, en la que se encuentra el yacimiento, hay una serie de pliegues anticlinales - que edifican los macizos calcáreos liásicos de una altitud que oscila entre 1.000 y 3.500 m - y de cubetas sinclinales llenas de sedimentos detríticos de edad Jurásico medio, superior, Cretácico y a veces incluso Neógeno.

No hay muchos estudios geológicos sobre la región, siendo los más importantes: a) la cartografía geológica a escala 1:100.000 [hojas de: Beni Melal (Monbaron, 1985); Azilal (Jenny, 1988); y Zawiya Ahançal (Jossen, 1988)]; b) los estudios estratigráficos [Jenny (1988); Septfontaine (1986)]; y c) los sedimentológicos y geodinámicos [Souhel (1996)]. Con respecto a la posición estratigráfica y la repartición geográfica de los yacimientos de dinosaurios del Alto Atlas Central, hay que consultar a Jenny *et al.* (1981), Jenny y Jossen (1982) y Monbaron (1983). Los estudios paleontológicos llevaron al descubrimiento de un esqueleto casi completo de un saurópodo que se bautizó con el nombre de *Atlasaurus imlakei* Mobaron, Russel y Taquet (1999). Sobre paleoicnología se encuentran los artícu-

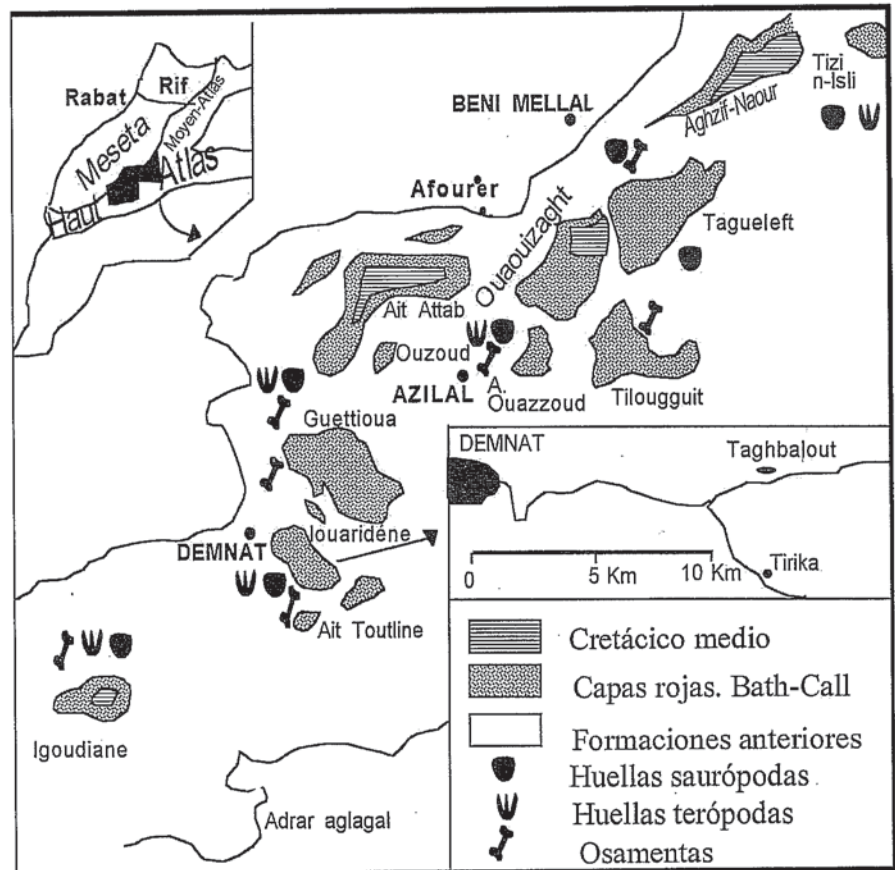


Fig. 1.- Distribución de las Capas rojas y situación de los yacimientos principales de dinosaurios del Alto Atlas Central (basado en Jenny *et al.* 1981b)

Fig. 1.- Distribution of the "Couches rouges" and location of the Middle High Atlas main dinosaur sites (reworked from Jenny *et al.*, 1981b)

	l ¹	a ¹	O	Ar	z ¹	P ¹	Ap	I-II-III-IV	II [^] III [^] IV [^] I	h ¹	z/h	v ₁ ²	v ₂ ²	lm
1TR.5	-	22	2	-	-	183	-	-- 10 -- 13	25-28--149	---	---			---
1TR.4	-	-	-	2	314	151	180	--- -- 10	33-46--150	---	2'5	9'5	7'3	---
1TR.3	-	-	-	2'5	304	154	175	9 --- --	-- -- --	---	2'7	10'6	8	12'5
1TR.2	21	25	-	1'2	279	160	177	5-12-13-9	-- -- --	100	2'8	11'4	8'2	13'7
1TR.1	26	-	-	-	-	-	-	6-9-15 --	32-33--	127	---			13'7
media	24	23	2	2	300	162	177	6-11-14-11	30-35--150	113	2'6	10'5	7'8	13'3

l, longitud del pie; a, anchura del pie; O orientación; Ar, amplitud de rastrillada; z, zancada; P, paso; Ap, ángulo de paso; I-II-III-IV, longitud de los dedos; II[^]III[^]IV[^]I, ángulo entre los dedos; h, altura del acetábulo; z/h, zancada relativa; v₁, velocidad según Thulborn; v₂, velocidad según Demathieu; lm, longitud del metatarso impreso; ¹ cm; ² Km/h

l, pes lenght; a, pes width; O, orientation; Ar, trackway deviation; z, stride lenght; P, pace length; Ap, pace angle; I-II-III-IV, digit length; II[^]III[^]IV[^]I, interdigital angles; h, hip height; z/h, relative stride length; v₁, Thulborn's speed; v₂, Demathieu's speed; lm, metatarsal print length; ¹ cm; ² Km/h

Tabla 1.- Medidas, parámetros y abreviaturas empleadas en el estudio de la pista de Tirika

Table 1.- Measurements, parameters and abbreviations used in the trackway study of Tirika

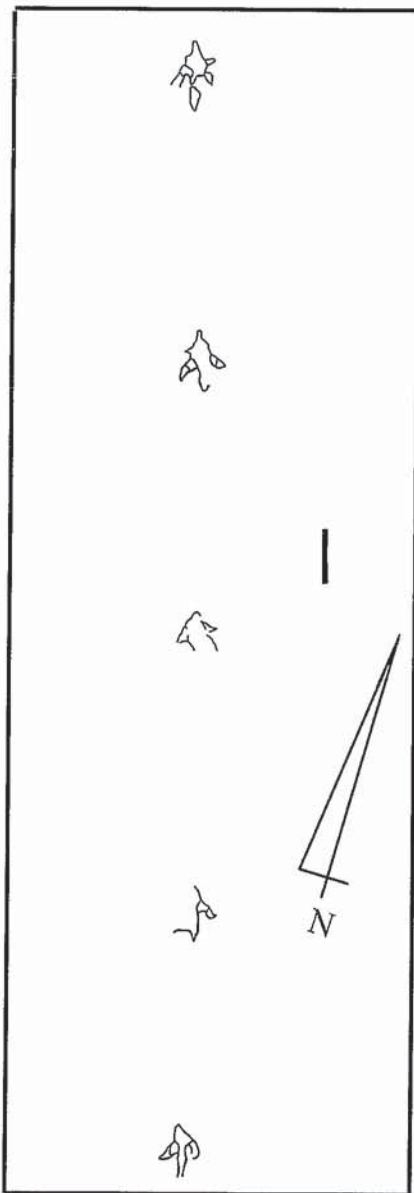


Fig. 2.- Rastrillada 1TR de Tirika. Escala 30 cm

Fig. 2.- Trackway 1TR from Tirika. Bar 30 cm

los de Plateau *et al.* (1937), Lapparent (1942), Dutuit y Ouazzou (1980) e Ishigaki (1988, 1989). Las pisadas descritas se han atribuido generalmente a terópodos carnívoros (*Eubrontes* sp) y a saurópodos que dejan grandes marcas ovales (75x115 cm) de la icnoespecie *Breviparopus taghbaloutensis* Dutuit y Ouazzou (1980).

Contexto geológico del yacimiento, paleoambiente y edad de las pisadas

El yacimiento de Tirika (Nouri, 1999), a una decena de kilómetros al ESE de la ciudad de Demnat (Fig.1), se encuentra en la cubeta sinclinal de Iouaridéne, ya conocida por otros puntos con icnitas de dinosaurio citados sobre todo por Ishigaki (1988, 1989). La cubeta se integra en un conjunto de cubetas sinclinales llenas de sedimentos detríticos rojos llamados "Gres Guettioua" (Roch, 1934) o vulgarmente las Capas Rojas del Dogger. Las huellas de dinosaurio se encuentran en la Formación de Iouaridéne constituida por capas de arcillas rojas con grietas de desecación (Jenny *et al.*, 1981).

La Formación de Iouaridéne está constituida por una sucesión de secuencias métricas que empiezan por arcillas rojo-pardas de 1 a 2 metros de espesor, y que terminan en niveles pelíticos rojo-violáceos de 10 a 20 cm de espesor, más consolidados. En la superficie de estos niveles se encuentran los polígonos de desecación de barro, con anillos de Liesegang verdes (esferas de desoxidación) y a menudo con huellas de dinosaurio, lo que indica un ambiente de tipo lacustre o sebkhaico con emersión temporal. En efecto, el

Alto Atlas Central de Azilal fue durante el Bathoniense-Calloviense un golfo marino abierto hacia el NE al dominio del Tethys, bordeado al SE por llanuras litorales extensas, que el mar inundaba momentáneamente y recorridas por ríos canalizados y anastomosados que condicionaron los depósitos detríticos rojos de las cubetas sinclinales como la de Iouaridéne.

La edad de las capas rojas del Alto Atlas se ha discutido durante mucho tiempo. Recientemente ha sido cuando se han atribuido al Bathoniense-Calloviense (Monbarón y Taquet, 1981; Jenny, *et al.*, 1981a; Souhel y Canerot, 1989). La edad Bathoniense de la formación de Iouaridéne se ha deducido gracias a una asociación palinológica - [*Classopollis simplex* (Donzé, Corsin, Lavaine) Reiser y Williams (1969); *C. classoides* (Pflug) Pocock y Jansonius (1969); *Trilites equatibossus* Couper (1958); *Lycopodiacidites cf. cerniidites* (Ross) Nourris (1969); *Allisporites thomassi* (Couper) Pocok (1962)] - cf. Jenny *et al.* (1981a).

Estudio icnítico de la pista de Tirika

En el yacimiento de Tirika se han encontrado pistas de dinosaurios carnívoros y herbívoros que coexisten en el mismo yacimiento (Nouri, 1999). Las rastrilladas de Tirika se reconocen por las iniciales TR. Como esta es la primera de las descritas por nosotros, delante de TR se pone el dígito 1 (rastrillada 1TR). Para indicar cada huella de la rastrillada, se emplea un número colocado detrás que corresponde al número de orden de la pisada comenzados a contar desde el inicio de la pista.

La rastrillada de Tirika está constituida por cinco huellas, algunas aparentemente semiplantígradas, en tres de las cuales (1TR.1, 1TR.2, 1TR.3) se aprecia además la marca del hallus (Fig. 2). La forma "aparentemente plantígrada" de algunas huellas se debe a la interacción entre el barro y el pie durante la pisada, como se explica más adelante.

En las medidas de la Tabla 1, se observa que la longitud y la anchura del autopodio son casi iguales, aunque es ligeramente superior la primera. Es de notar que la longitud del metatarso marcada es casi equivalente a la del dedo III.

Los dedos tienen terminación acuminada y están relativamente separados. El dedo III es el que presenta la marca más larga, que es enorme comparada con la de los otros dedos ($I = 6'35$; $II = 10'62$; $III = 14'06$; $IV = 10'62$). El hallus es lateral y su disposición apunta hacia la parte trasera del pie. El ángulo $II^{\wedge}III$ es menor que el $III^{\wedge}IV$, en concordancia con la colocación de los dedos II y IV (en forma de V) y la de los dedos II y III (más paralelos). Como en otras huellas terópodos, el dedo II parece tener tendencia a separarse del pie. En consecuencia estas icnitas son mesaxónicas, en las que el eje del dedo III, además de ser el más largo, tiende a ser el eje del pie.

Se constata que este bípedo tiene el paso ($184'44$ cm) y la zancada ($z = 293'75$ cm) muy grandes en relación con la longitud del pie. La relación entre las medidas anteriores implica que la velocidad de marcha deducida sea alta (Tabl. 1). La altura de los miembros posteriores es baja (113 cm) lo que no proporciona un dinosaurio de talla grande. La pista es muy estrecha (Ar/a es menor de 0'5, que indica que pisaba encima de la línea media).

Los caracteres relativos a las icnitas y a la pista indican son terópodos. No se pueden emplear criterios de identificación de pistas terópodos que permitan mayores precisiones, porque ni se distinguen marcas de almohadillas dactilares ni se puede señalar la posición correcta de los hipes. La taxonomía de esta pista plantígrada es la siguiente, según la clasificación de Haubold (1971)

subclase: ARCHOSAURIA
orden: SAURISCHIA, Seeley 1888
suborden THEROPODA, Marsch, 1881

Comportamiento del barro durante la pisada

El techo del estrato con huellas está cuarteado debido a grietas de desecación fósiles. Alrededor de las icnitas, excepto

en la parte trasera, los polígonos limitados por las grietas de desecación, están ligeramente levantados. En las icnitas 1TR.1 y 1TR.2 hay unos montículos de barro extruido en la zona de los hipes, que también levantan polígonos de desecación. Los dedos están bien impresos, pero en 1TR.1 (Fig. 3) la parte proximal del dedo III está obliterada por los montículos de barro.

Thulborn y Wade (1989) dividieron en fases las etapas de contacto del pie con el suelo al apoyar el autopodio los dinosaurios durante la marcha. De esa manera, si se aplican las fases a esta rastrillada se deduce que durante:

- la fase T (el pie establece el contacto con el suelo) penetra en él hundiéndose levemente y dejando la marca de parte del metatarso y del hallus

- la fase W (el pie ejerce la presión máxima sobre el suelo) empuja el barro hacia los lados y hacia adelante; se levantan los polígonos de barro y se extruye parte del barro blando que había bajo la capa agrietada superficial.

- la fase K (levantamiento y salida del pie), el dedo III, cuya parte proximal debía estar cubierta por el barro extruido entre los dedos, atraviesa el fango que luego cae al interior obliterándolo

Es probable que el deslizamiento de la fase T y el empuje del barro hacia adelante de la fase W se deba, no sólo al estado del barro sino también a la alta velocidad de marcha del dinosaurio.

No es la primera vez que se citan en la literatura los montículos de barro en los hipes ni la caída de barro hacia el interior de los dedos al salir el pie. Gatesy *et al.* (1999) y Pérez-Lorente *et al.* (2000) citan estructuras similares en huellas de dinosaurio de Groenlandia y La Rioja.

Conclusiones

Las huellas de las Capas rojas del Dogger de Tirika y de Demnat en general, pertenecen a diferentes icnoespecies.

El terópodo que dejó la pista con impresiones del metatarso y del hallus, vivía en un medio fluvial, en un clima árido y cálido.

El yacimiento de Tirika se caracteriza porque en él coexisten simultáneamente carnívoros y herbívoros, a diferencia de la mayor parte de los yacimientos de Europa.

Las huellas con marca de metatarso son muy escasas, no sólo en África sino en todo el mundo. Esta es una de las razones de que la existencia de esta rastrillada es importante para la interpretación de la forma de andar de los dinosaurios.

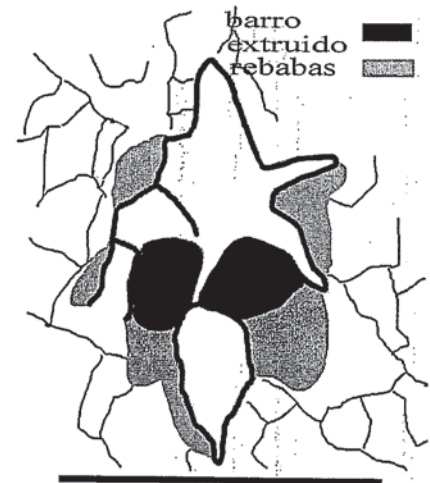


Fig. 3.- Esquema de la pisada 1TR.1 y estructuras asociadas. Escala 30 cm.

Fig. 3.- 1TR.1 footprint and other related structures. Bar 30 cm.

Agradecimientos

Este trabajo se ha hecho en el marco del Programa de Cooperación Interuniversitaria Hispano-Marroquí financiado por la AEI para el proyecto de las universidades de Rabat y La Rioja "Patrimonio geológico y paleontológico (huellas de dinosaurios) del Alto Atlas"

Referencias

- Demathieu G. R. (1986): *Geobios*. 19, 327-333
- Dutuit J. M. y Ouazzou A. (1980): *Mém. Soc. Géol. France*. N.S. 59, 139: 95-102.
- Gatesy, S.M., Middleton, K.M., Jenkins JR, F.A. y Shubin, N.H., (1999): *Nature*. 399:141-144.
- Haubold H. (1971): *Handbuch der Paläoherpetologie*. E. Kuhn ed. 18, pp. 124
- Ishigaki S. (1988): *Not. Mém. Ser. Géol. Maroc*. 44, 334: 79-86.
- Ishigaki S. (1989): *Dinosaur tracks and traces*. Cambridge University Press. 83-86.
- Jenny J. (1988): *Carte géologique du Maroc au 1/100.000, feuille Azilal*. *Not. Mém. Ser. Géol. Maroc*. 339.
- Jenny J., Le Marec, A. y Monbaron M. (1981a): *Bull. Soc. Géol. France*. (7), XXIII, 6: 627-639.
- Jenny J., Le Marec, A. y Monbaron M. (1981b): *Geobios*. 14: 427-431.
- Jenny J. y Jossen J.A. (1982): *C.R. Acad. Sci. Paris*. 249, II: 223-226.
- Jossen J. A. (1988): *Carte géologique du*

- Maroc au 1/100.000, feuille Zawiat Ahançal. Notes Mém. Ser. Géol. Maroc.* 355.
- Lapparent A. F. (1942): *C.R. somm. Soc. Géol. France.* 5: 28.
- Monbaron, M. (1983): *Actes société jurassienne d'emulation (Porentruy).* 203-234.
- Monbaron M. (1985): *Carte géologique du Maroc au 1/100.000, feuille Beni Mellal. Not. Mém. Ser. Géol. Maroc.* 341.
- Monbaron, M. y Taquet P. (1981): *C.R. Acad. Sci. Paris.* 292, II: 243-246.
- Monbaron M., Russel D.E. y Taquet P. (1999): *C.R. Acad. Sci. Paris.* 325: 519-526.
- Nouri, J., (1999): *Les empreintes dinosauriens du Haut-Atlas de Demnat (gisement de Tirika).* Mem. Diplôme d'Etudes Supérieures Approfondies. Univ. Rabat. Mem. inéd.
- Pérez-Lorente, F., Romero-Molina, M.M. y Pereda, J.C. (2000): *Homenaje a J.L. Fernández Sevilla.* Instituto de Estudios Riojanos.
- Plateau H., Giboulet, G. y Roch E. (1937): *C.R. somm. Soc. Géol. France.* 241-242.
- Roch E. (1934): *C.R. Ass. Française avants Sci. Chambéry.* 57: 258-259.
- Septfontaine M. (1986): *Rev. Micropaleontologie.* 27, 3: 219-229.
- Souhel A. (1996): *Strata Univ. Paul Sabatier.* 2, 27: 1-249.
- Souhel A. and Canerot J. (1989): *Sci. Géol. Mém.,* 84, 39-46.
- Thulborn R.A. (1990): *Dinosaurs tracks.* Chapman and Hall. Pp. 410.
- Thulborn, R.A. y Wade, M. (1989): *Dinosaurs tracks and traces.* Cambridge University Press. 51-56.