

# El yacimiento de icnitas de dinosaurio 34IGR. Iouaridène, Alto Atlas Central. Marruecos

*The 34IGR dinosaur palaeoichnological site. Iouaridène, High Central Atlas. Morocco*

Mohamed Boutakiout<sup>(1)</sup>, Jaouad Nouri<sup>(1)</sup>, Latifa Ladel<sup>(2)</sup>, Ignacio Díaz-Martínez<sup>(2)</sup> y Félix Pérez-Lorente<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Faculté des Sciences. Université Mohamed V. Avenue Ibn Batota. BP 1014 Rabat-Agdal, Marruecos. boutak@fsr.ac.ma, jnouri1@yahoo.fr

<sup>(2)</sup>Faculté des Sciences. Université Moulay Ismail, Marjane, 2. BP:298, Meknés, Marruecos. latifa2005a@yahoo.fr

<sup>(2)</sup>Edificio CT. Universidad de La Rioja. Madre de Dios, 51-53. 26006 Logroño, España. inaportu@hotmail.com, felix.perez@unirioja.es

## ABSTRACT

In this article is studied a new ichnological site (34IGR) of the Synclinal of Iouaridène already mentioned by the authors though still not described. The footprints are characterized by the ichnological heterogeneity and irregularity of his forms and dimensions. Both biomorphic and morphometric characters answer to the variability showed in the ensemble of sinclinal sites relative to the biological diversity and to the morphology and structural response induced on the footprints by the physical characteristics of the mud. This site is also an expression of the evolution of the basin since he is in a sector that alone has one ichnological bed, against the deposits of the western part in which has been detected the overlapping of a number, still not assessed, of beds and levels with footprints.

**Key-words:** Footprints, dinosaur diversity, Upper Jurassic, Iouaridène formation, Morocco.

## RESUMEN

En este artículo se estudia un nuevo yacimiento icnológico (34IGR) del sinclinal de Iouaridène, citado previamente por otros autores, pero no descrito. Las icnitas se caracterizan por su irregularidad, heterogeneidad y variación de tamaño. Los caracteres biomórficos y morfométricos tan variables son la respuesta, mostrada en el conjunto del sinclinal, a la diversidad biológica, morfológica y de estructuras inducidas por las propiedades físicas del barro. Este afloramiento es también la expresión de la variación de la cuenca, porque en este sector solo hay una capa con icnitas, frente a los yacimientos del oeste en los que hay superpuestas un número aún no determinado de capas fosilíferas.

**Palabras clave:** Huellas, diversidad de dinosaurios, Jurásico superior, Formación Iouaridène, Marruecos.

Geogaceta, 51 (2012), 43-46.  
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 16 de diciembre de 2010  
Fecha de revisión: 3 de noviembre de 2011  
Fecha de aceptación: 25 de noviembre de 2011

## Introducción

34IGR es el resultado del estudio de uno de los yacimientos encontrados por Boutakiout *et al.* (2009c) en el sinclinal de Iouaridène,

Hay en este sinclinal icnitas saurópodos, terópodos y ornitópodos, de andar cuadrúpedo, bípedo digitígrado y semiplantígrado (Nouri *et al.*, 2001), tridáctilas y tetradáctilas y se han descrito también huellas terópodos gigantes (Boutakiout *et al.*, 2009a, b, c) y pisadas de *Deltapodus* (Belvedere y Mietto, 2010). Se han citado varios icnogéneros, algunos en desuso y otros mal empleados (cf. Boutakiout *et al.*, 2009a). *Breviparopus tagbalouthesis* Dutuit y Ouazzou 1980 sirvió para definir las pistas saurópodos de vía estrecha (Farlow, 1992). Ishigaki (1989) propuso que una parte eran de na-

tación (pistas solo de manos y de pie incompleto) y Castaneda *et al.* (2010) cita pistas de manos muy grandes. Los afloramientos con huellas saurópodos tienen desde una sola rastrillada a grupos de dos o tres y agrupaciones caóticas de pisadas (Nouri, 2007).

34IGR muestra varios hechos específicos del sinclinal: la relación exclusiva en la Formación de Iouaridène de los niveles silíceos duros con las icnitas; la disminución de estos niveles hacia el sector oriental del sinclinal; la concentración de icnitas semiplantígradas en este sector; la ubicuidad de "*Eutynichnium atlasipodus*" Nouri, 2007; las estructuras relacionadas con las huellas, el comportamiento de los dinosaurios y el barro blando; y la coexistencia de icnotaxones o icnotipos diversos.

## Localización

34IGR se encuentra en el techo de un estrato de dirección N112°E y buzamiento de 22°N de coordenadas UTM 29R 703021/3505570 (Fig. 1). Jenny (1982) señala dos yacimientos a los lados 32IGR (Anzawrou) el situado al Este y 36IGR (Ounzawrou) el del Oeste. Entre los anteriores están los yacimientos intermedios 33IGR y 35IGR (Boutakiout *et al.*, 2009c).

Geológicamente está en la parte media de la Formación de Iouaridène, compuesta por lutitas rojas y niveles duros muy ricos en sílice con ripples, grietas de desecación e icnitas (Oxfordiense-Kimmeridgiense, Hadoumi *et al.*, 2010).

En la parte oriental del sinclinal, solo se detectan uno o dos niveles duros con icnitas (33IGR y 34IGR), al contrario de la occi-

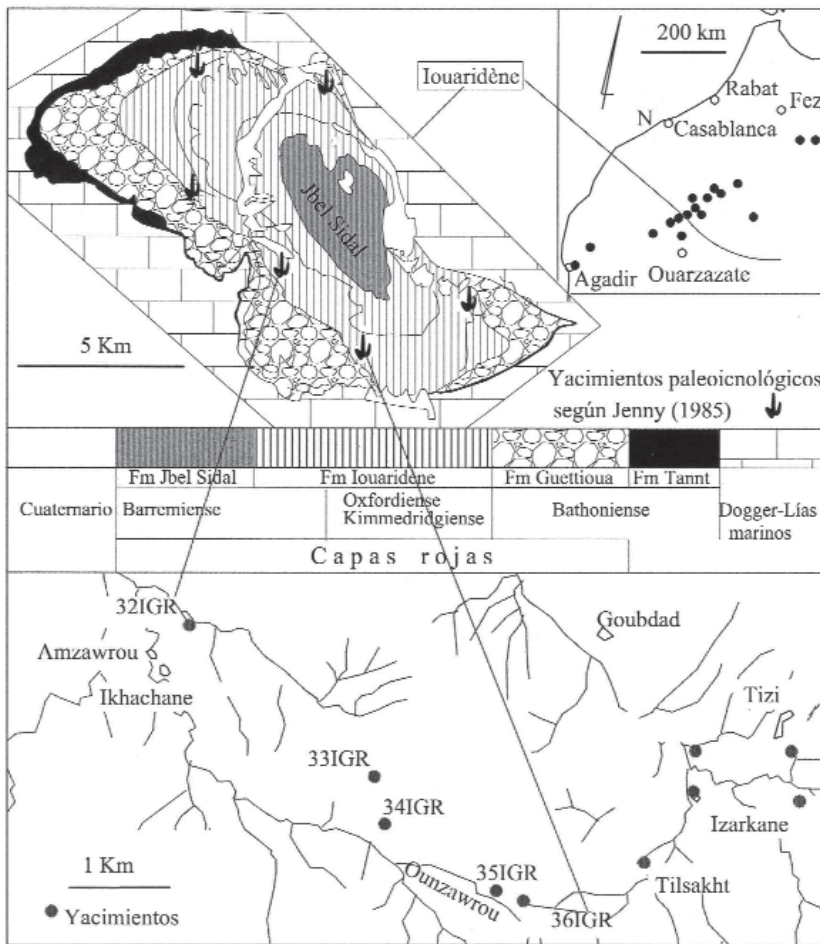


Fig. 1.- Localización de los yacimientos.

Fig. 1.- Sites allocation.

dental en la que estos niveles y la presencia de icnitas es mayor. Más al Este de 34IGR sólo se ha detectado uno de estos niveles.

**Estudio icnítico**

Las icnitas de 34IGR están en los 130 m<sup>2</sup> que se han limpiado (Fig. 2). Se puede ampliar la superficie de estudio ya que se han visto huellas saurópodos en un asomo lateral de la capa.

34IGR contiene 102 huellas distribuidas de la forma siguiente: 10 aisladas; 8 pares de huellas tridáctilas; 16 rastilladas bípedas terópodos; 1 rastillada saurópoda. Las icnitas terópodos son tridáctilas excepto las de las rastilladas 34IGR3, 34IGR4 y 34IGR10 en las que todas o alguna tienen marca del hallux.

Los datos de las tablas y su obtención están basados en fórmulas y cálculos de muchos autores. El significado y nomenclatura también procede de fuentes diversas (cf. Pérez-Lorente, 2001).

**Estructuras asociadas a las huellas**

Durante el paso de todos o casi todos los dinosaurios que dejan icnitas terópodos, el barro estaba muy blando. Muchas tienen acumulado barro en la parte delantera, sobre todo entre los dedos, debidas al empuje del pie hacia adelante durante la fase T (Fig. 3). Las rebabas circundantes faltan. Hay estructuras de arrastre de las uñas (fase W) y de succión o de adherencia del barro a la suela del pie. La mayoría de los rastros son semiplantígrados, hecho concordante con el caminar de los dinosaurios sobre suelo muy blando (Romero *et al.*, 2001).

Si se consideran anómalas: a) las icnitas semiplantígradas; b) las que tienen marcas de hallux y; c) las que tienen la marca del talón más alargada de lo que se corresponde con una estampa acropodiana, casi todas las rastilladas de 34IGR son anómalas. Las que no lo son, tienen huellas deformadas (colapso de los dedos, línea de contorno irregular, marcas incompletas) 34IGR24, 34IGR18, 34IGR12. Sólo podrían ser estampas 34IGR22 y 34IGR9. No se ha podido determinar si las marcas con talón prominente no semiplantígradas, se deben al metatarso o a deslizamiento del pie durante la fase T.

Las icnitas son en su mayor parte huellas reales —porque tienen estrías dejadas por las uñas y estructuras de colapso— pero muy deformadas debido a la poca viscosidad del barro durante la pisada.

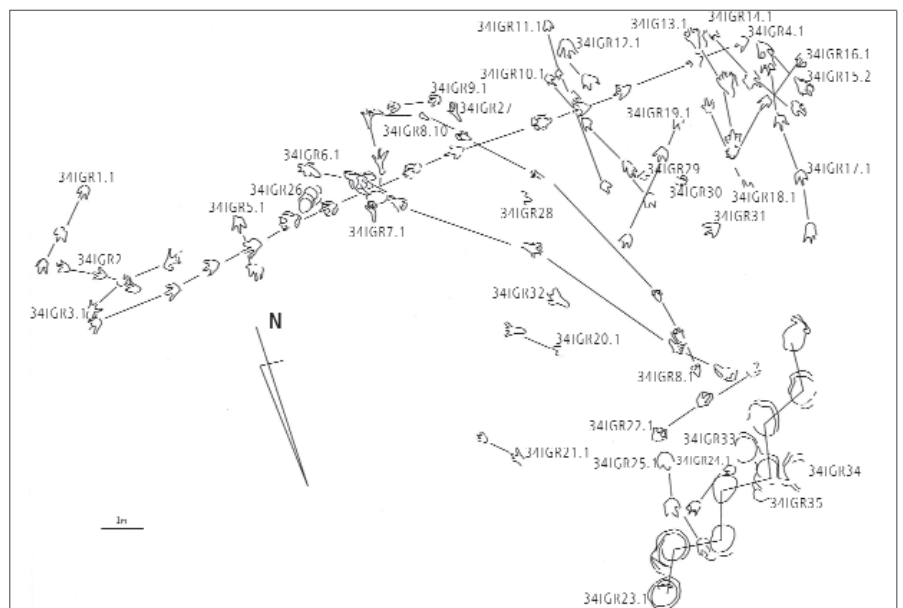


Fig. 2.- Huellas y rastilladas de 34IGR. Tienen nombre las primeras de cada rastillada y las icnitas aisladas.

Fig. 2.- Footprints and trackways of 34IGR. Are their name the first print of each trackway and the isolated prints.

### Icnotipos cuadrúpedos

Se separan en principio dos tipos diferentes de icnitas según su andar bípedo y cuadrúpedo. De este último hay una rastrillada (34IGR23) y cuatro icnitas aisladas (34IGR26, 34IGR33, 234IGR34 y 34IGR35).

En casi todas las huellas de 34IGR23 se distingue bien la marca de la mano y la del pie. La marca de la mano está muy deformada por la superposición parcial del pie y por el barro que empuja. La separación entre las marcas de ambas extremidades es muy baja, con lo que la longitud de la zancada y la distancia entre el apoyo de la mano y el del pie son equivalentes. No se puede calcular el índice de heteropodia.

La orientación de manos y pies no se puede deducir porque mientras que en algunas huellas es francamente positiva (34IGR23.6) en el resto predomina la orientación negativa, hecho difícilmente justificable en rastros saurópodos.

Si se supone que el andar es amblar, como la distancia mano-pie del mismo lado de estos dinosaurios es la misma que la glenoacetabular (Casanovas *et al.*, 1997) el di-

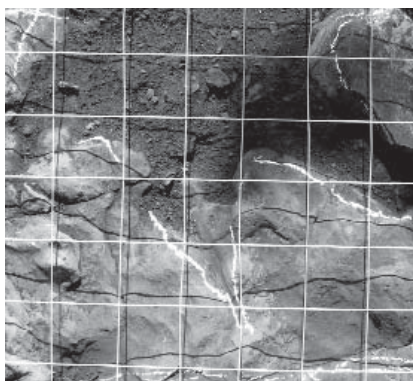


Fig. 3.- 34IGR14.1. Estria dejada por la uña.

Fig. 3.- 34IGR14.1. Sli mark produced by the nail.

nosaurio debe medir algo más de 2 metros, entre las cinturas escapular y pelviana (Demathieu, 1987; Farlow *et al.*, 1989). La altura del acetábulo más coherente deducida de la dimensión de la pisada (suponiendo andar amblar) es la obtenida aplicando la fórmula de Ishigaki (1988)

Las pisadas no se superponen a la línea media por lo que la pista y las icnitas se clasifican en el icnogénero *Brontopodus* Farlow 1992.



Fig. 4.- 34IGR9.1 y 34IGR27. Acumulación de barro en el espacio interdigital. 34IGR8. 10, una de las icnitas pequeñas.

Fig. 4.- 34IGR9.1 and 34IGR27 mud accumulation in the interdigital zone. 34IGR8.18 a littlest footprint.

### Icnotipos bípedos

El resto de icnitas tienen estructuras propias de dedos relativamente largos y de terminación acuminada. La mayor parte son icnitas tridáctilas, algunas con la marca de hallux en la posición de "*E. atlasipodus*" (Nouri, 2007). Muchas de las impresiones (Tabla I) son semiplantígradas.

Todas las relaciones obtenidas del tratamiento de los datos de icnitas y rastrilla-

Rastrillada	$l_t$	l	a	Ar	P	z	Ap	O	II^III^IV	h	z/h	$v_1$	$v_2$	(l-a)/a	Ar/a	z/l	nº huellas / tipo rastrillada
34IGR25		45	42	16	117	225	147	-9	17—27	206	1	4.7	4.4	0.1	0.4	5	3/ -
34IGR24	37	30	25		119					145				0.2			2/ -
34IGR23	75	61	54	33	121	197	110										8/ saurópoda
34IGR22	41		17	4	136	277	174	17	45—26								3/ -
34IGR21		28								137							2/ ¿tp? ¿spl?
34IGR20																	2/ spl
34IGR19	37	34			89	217			17—33	163	1.3	5.8	4.8				3(4)/ -
34IGR18					215												2/ -
34IGR17	49	38	34	7	140	282	170	3	27—24	177	1.6	8.1	5.9	0	0.2	7.4	4/ tp
34IGR16	40		27	4	145	291	173	-1	21—20						0.1		3/ ¿tp? ¿spl?
34IGR15	61		36		130												2/ spl
34IGR14	45		34	11	135	271		-5	16—						0.3		3/ tp
34IGR13	66		39	17	134	260	151	5	27—20						0.4		3/ spl
34IGR12																	2/ -
34IGR11		28	21	8	92	182	159		25—16	137	1.3	5.3	4.3	0.1	0.5	6.8	4(6)/ tp
34IGR10	40	28	24	4	125	261	173	-3	11—23	137	1.9	9.7	6.2	0.3	0.2	9.3	4/ tp, ttr
34IGR9		30	27		103				15—26	145							2/ -
34IGR8	31	16	20	6	107	213	165			72	3			0	0.4	13.3	7(11)/ spl
34IGR7	55	33	43	11	110	219	158	-5	29—39	157	1.4	6.1	4.9	-0.2	0.3	6.6	3/ spl
34IGR6	50		29		124	234											6(10)/ spl
34IGR5	44		36		116												2/ tp
34IGR4	50	43	36	5	109	215	170	2	26—28	197	1.1	4.6	4.3	0.2	0.1	5.0	13(17)/ tp, ttr
34IGR3	47	33	35	12	113	224	152		50—27	157	1.4	6.4	5.0	-0.1		6.8	3/ ¿tp? ¿ttr?
34IGR2		34	32	3	91		172	4	27—26	145	1.2	4.9	4.2	0.1	0.1	5.3	3/ tp
34IGR1		38	31	2	100	201	176	-4	13—18	177	1.1	4.6	4.2	0.2	0.1	5.3	3/ tp
aisladas																	10

<b>DATOS</b> $l_t$ longitud total de la pisada l id. digitigrada a anchura de la pisada Ar amplitud de rastrillada P paso z zancada Ap ángulo de paso		<b>O</b> orientación II—III—IV longitud de los dedos II^III^IV ángulo entre los dedos		<b>RELACIONES E ÍNDICES</b> h altura del acetábulo z/h zancada relativa $v_1$ velocidad según Alexander $v_2$ velocidad según Demathieu (l-a)/a variación de l en función de a Ar/a anchura relativa de la rastrillada z/l esbeltez de las extremidades		<b>ULTIMA COLUMNA</b> x(y) x, número de huellas existentes; (y), de la rastrillada completa (incluidas las que faltan) tp icnitas con talón prominente spl icnitas semiplantígradas ttr icnitas tetradáctilas	
--	--	---	--	--	--	---	--

Tabla I.- Medidas y estructuras citadas en el texto.

Table I.- Measures and structures mentioned in the text.

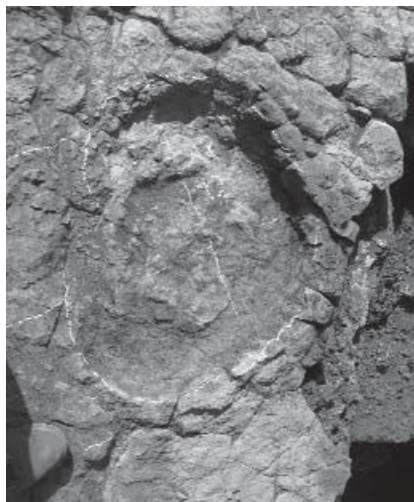


Fig. 5.- 34IGR23.1. Estructura de succión o de adherencia de barro a la suela del pie.

Fig. 5.- 34IGR23.1. Structure of suction or adhesion to the foot sole.

das son muy variables. Esto refleja la variabilidad en el proceso de formación de las huellas y en el de los desplazamientos de los dinosaurios sobre este suelo.

La mayor parte de las huellas son más largas que anchas ( $(l-a)/a > 0$ ). Sólo en dos rastrilladas el valor de  $(l-a)/a$  es negativo. Tanto las positivas como las negativas tienen valor próximo a 0, lo cual indica que están en el límite entre ambas calificaciones. La longitud de las mayores (45 cm) está muy separada de las menores (16 cm).

Las icnitas de la rastrillada 34IGR25 tienen las pisadas con dedos gruesos y relativamente cortos. Sería la única atribuible a un icnotaxon ornitópodo. Las rastrilladas en las que esta relación es negativa, tienen dedos largos, separados y de terminación acuminada, con lo que se asignan a un icnotaxon terópodo.

Todas son de muy estrechas a estrechas, pero con la relación de  $Ar/a$  muy variable (desde 0.1 a 0.5). La zancada relativa ( $z/h$ ) indica que en teoría, el desplazamiento va desde andar casi lento hasta la carrera (de 1 a 3) y la velocidad, de acuerdo con lo dicho oscila entre 4.2 y 9.7 km/h. Es muy probable que estos cálculos de velocidad sean incorrectos debido a la anomalía que en este sentido tienen las rastrilladas semiplantígradas, a las que hay que sumar las de huellas con talón prominente.

El índice de esbeltez o de grosor relativo de las extremidades ( $z/l$ ) se encuentra entre valores muy alejados (5 a 13.3) lo que abarca un espectro que va entre extremidades gruesas (rastrillada 34IGR25) hasta muy delgadas.

## Los dinosaurios

La altura del acetábulo está también en concordancia con la variabilidad anterior. Las marcas acropodias bípedas van desde 16 cm la menor hasta 45 cm de la mayor. De acuerdo con esas medidas, la longitud funcional de la extremidad mide entre 72 y 206 cm, lo cual nos permite suponer unos dinosaurios bípedos que deberían medir entre unos dos metros y medio y seis metros de longitud.

Las rastrilladas indican que no hay concordancia aparente entre dirección y sentido de marcha, con lo cual no es posible defender ningún comportamiento gregario.

La variación de tamaño, trayectorias, tipos de icnitas y estructuras asociadas permiten separar al menos cinco icnotipos diferentes (saurópodos, ornitópodos, terópodos pequeños, terópodos grandes y terópodos que marcan el hallux al andar) sugieren que el lugar fue apto para la diversidad de dinosaurios, ya que se pueden separar con facilidad cinco tipos de icnopoyetas diferentes.

## Conclusiones

34IGR es un yacimiento caracterizado por la variabilidad:

a) En cuanto al tipo de rastrilladas (cuadrúpedas y bípedas) y a los caracteres de las rastrilladas bípedas (digitígradas, con talón prominente y semiplantígradas).

b) Las icnitas de las rastrilladas bípedas son también muy diferentes ya que hay icnitas tridáctilas y tetradáctilas y con dedos largos o cortos.

c) El tamaño de las icnitas, incluso considerando sólo la parte digitígrada, oscila entre límites muy amplios (16 a 45 cm).

Estas irregularidades se hacen más complejas debido a las estructuras del barro (acumulaciones y colapsos) que dificultan la toma de datos relativos a las dimensiones que deberían tener las estampas.

La variabilidad citada debe ser consecuencia tanto de la dificultad de movimientos en suelo muy blando como de la diversidad de dinosaurios que habitaron el lugar, en consonancia con la demostrada en el resto del sinclinal.

El número de icnitas encontrado después de la limpieza es similar al previsto en la campaña de prospección. Si se continúa la limpieza el número aumentará pero sin modificar la previsión de menos de 2000 icnitas en el conjunto del sinclinal.

## Agradecimientos

Agradecemos a los miembros del AME y a J. Herrero la realización del trabajo de campo y a E. Mayoral las correcciones al manuscrito. Agradecemos también a la Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja el uso del vehículo y del material de campo. Este trabajo se ha hecho dentro del proyecto Fomenta de la Universidad y Gobierno de La Rioja.

## Referencias

- Belvedere, M. y Mietto, P. (2010). *Palaeontology*, 56, 233-240.
- Boutakiout, M., Hadri, M., Nouri, J., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F., (2009a). *Geogaceta*, 45, 51-54.
- Boutakiout, M., Hadri, H., Nouri, J., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F., (2009b). *Revista Española de Paleontología*, 24, 31-46.
- Boutakiout, M., Ladel, L., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F., (2009c). *Geogaceta*, 47, 33-36.
- Casanovas, M. L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J. V. (1997). *Ichnos*, 5, 101-107.
- Castanera, D., Boutakiout, M., Latifa, L., Nouri, J., Díaz-Martínez, I., García Ortiz, E. y Pérez-Lorente, F. (2010). En: *V jornadas internacionales sobre paleontología de dinosaurios y su entorno*, 47-50.
- Demathieu, G. R. (1987). En: *Glossary and manual of tetrapod footprint palaeoichnology* (G. Leonardi, Ed.), Departamento nacional da produção mineral do Brasil, 92-93.
- Dutuit, J. M. y Ouazzou, A. (1980). *Mémoires de la Société géologique de France*, 139, 95-102.
- Farlow, J. O. (1992). *Zubía*, 10, 89-138.
- Farlow, J. O., Pittman, J. G. y Hwthorne, J. M. (1989). En: *Dinosaur tracks and traces* (D. D. Gillette y M. G. Lockley, Eds.), Cambridge University Press, 371-394.
- Haddoumi, H., Charrière, A. y Mojon, P.-O. (2010). *Geobios*, 43, 433-451.
- Ishigaki, S. (1988). *Notes du Service Géologique du Maroc*, 44, 79-96.
- Ishigaki, S. (1989). En: *Dinosaur Tracks and Traces* (D. D. Gillette y M. G. Lockley, eds.), Cambridge University Press, 83-86.
- Jenny, J. (1982). *Maquette de la carte géologique du Maroc*, 399, feuille Azilal. Carte Géologique du Maroc. 1:100.000.
- Nouri, J. (2007). *La paléoichnologie des empreintes de pas des dinosauriens imprimées dans les couches du Jurassique du Haut Atlas Central*. Tesis doctoral, Univ. de Rabat, 240 p.
- Nouri, J., Pérez-Lorente, F. y Boutakiout, M., (2001). *Geogaceta*, 29, 83-86.
- Pérez-Lorente, F. (2001). *Paleoichnología. Los dinosaurios y sus huellas en La Rioja*. Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja, 227 p.
- Romero-Molina, M. M., Sarjeant, W. A. S., Pérez-Lorente, F., López, A. y Requeta, E. (2001). *Ichnos*, 10, 241-254.