

# Prospecciones paleoicnológicas en el sinclinal de Iouaridène (Alto Atlas, Marruecos). Cuantificación de yacimientos y de icnitas

*Paleoichnological explorations in the west part of the Iouaridène syncline (High Atlas, Morocco). Inventory of the sites and ichnite number*

Mohamed Boutakiout <sup>(1)</sup>, Majid Hadri <sup>(1)</sup>, Jaouad Nouri <sup>(1)</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; hadri@fsr.ac.ma; jnouri1@yahoo.fr

<sup>(2)</sup> Universidad de La Rioja. Madre de Dios51-53. E-26006 Logroño/ Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja. Portillo, 3, E-26586-Enciso. inaportu@hotmail.com; felix.perez@unirioja.es

## ABSTRACT

The Iouaridène syncline is a famous palaeontological site among the ichnologists for several reasons: i) the time of the site is known - the first footprint paper was published in 1937; ii) the discovery of the sauropod trackway *Breviparopus*, Dutuit and Ouazzou, 1980 used as narrow gauge morphotype by Farlow (1992); iii) the successive discussions about the age of the "red beds" where the ichnites were found, and in consequence, the variations in the footprint age attributions; and iv) the discussion about the swimmer dinosaurs in manus-only sauropod trackways. The exploration on the area and the bibliographical review have allowed to verify many of the former suppositions and to adjust the age of the mentioned sauropod trackway, fact of great importance in the dinosaur palaeoichnology.

**Key words:** Dinosaur footprints, new sites, Iouaridène, Morocco.

*Geogaceta*, 45 (2008), 51-54  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Se ha hecho la prospección de la región de Iouaridène porque a pesar de que la primera cita sobre sus icnitas de dinosaurios es muy antigua (Plateau *et al.*, 1937), no hay referencias concretas ni sobre el número de yacimientos ni sobre las huellas contenidas.

Iouaridène es uno de los sinclinales con núcleo en las "capas rojas" muy conocido entre los estudiosos de huellas de dinosaurio con 12 trabajos dedicados a icnitas. Allí se descubrió y definió la pista de *Breviparopus* Dutuit y Ouazzou 1980, que sirvió de modelo para la clasificación de las rastrilladas saurópodos (Farlow, 1992). Estas rastrilladas son patrón para los saurópodos pretitanosauriformes, diplodócidos y más primitivos (Carrano y Wilson, 2001) y entre ellas se encuentra el principal modelo de pistas "solo de manos" (Ishigaki, 1989) que ha motivado la discusión sobre la interpretación de marcas de saurópodos nadadores (Lockley y Conrad, 1989).

Las referencias que muchos de los 12 trabajos dan sobre la ubicación y número de yacimientos y huellas son inconcretos, incorrectos y difícilmente verificables.

La campaña de prospección realizada durante la primera semana de septiembre de 2007 buscó situar los yacimientos de la mitad occidental del sinclinal, y hacer la apreciación de su contenido. Los trabajos detallados y la revisión de algunos deberán aportar novedades al registro actual.

## Situación geográfica y geológica

La cubeta de Iouaridène o el sinclinal de Oultana, está al Este de Demnat en la provincia de Azilal, en el Alto Atlas Central (Fig. 1). Es una estructura de contorno sigmoideo, atravesada por el Oued Rhzef (o Assif-n-Ghassaf).

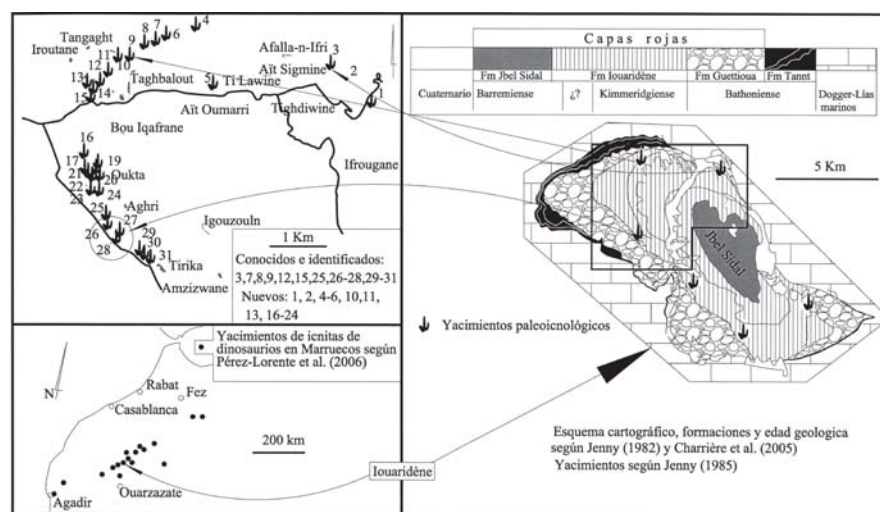
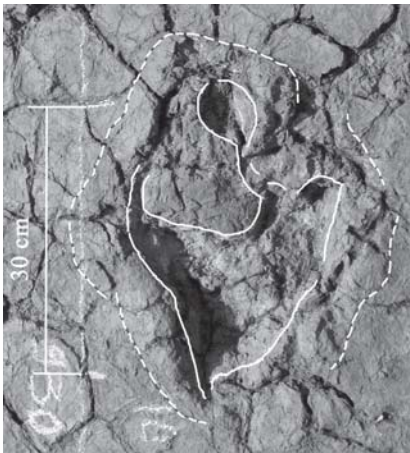


Fig. 1.- Localización de los yacimientos y esquema geológico de la cubeta de Iouaridène.

Fig. 1.- Paleoichnological sites location and geological map of the Iouaridène basin.



**Fig. 2.- Icnita 2Tg1.10. Línea de contorno (continua) y límite de la rebaba (a trazos). Icnita posterior a las grietas de desecación. Explicación en el texto.**

*Fig. 2.- 2Tg1.10 ichnite. Outline footprint (continuous) and boundary extruded rim (dashed). Footprint subsequent to mud cracks. Explanation in the text.*

Las rocas con icnitas son los niveles con grietas de desecación (Fig. 2) y “ripples” de la Formación de Iouaridène (Fig. 1). Está incluida en las “capas rojas”, junto con la Formación Guetioua y la Formación Jbel Sidal, de edad discutida (Monbaron, 1988). Según Charrière *et al.* (2005) la Formación Iouaridène incluye el periodo Kimmeridgiense-Barremiense, y los niveles con huellas son del Kimmeridgiense (Fig. 1).

### Antecedentes

El trabajo de prospección se hizo junto con la revisión de los trabajos publicados, de los que se destacan sus referencias a la edad, número, localización de los yacimientos y a los restos indirectos encontrados.

Plateau *et al.* (1937) citan los yacimientos de Aït Blal y Aït Kelech (en Aït Iouaridène a unos doce kilómetros de Demnat) de los que el primero no se ha podido localizar: a) ni por las coordenadas de su situación; b) ni por otros detalles como los 800 metros que los separan; c) ni por la descripción del paraje. Atribuyen las pisadas a *Megalosaurus* (según la identificación del profesor Joleaud) por ser terópodos de gran tamaño (unos 50 cm de longitud y 135 cm de paso). Con respecto a su edad, deducen que las rocas son del Liásico. Añaden que todavía se conocen más yacimientos en Iouaridène.

Lapparent (1942, 1945), describe unas 40 huellas “...*laisées par un tribu de dinosauriens bipèdes...*” (*Eubrontes* según el mismo autor). Cita tres pistas que

se cruzan, por lo que el yacimiento no coincide con ninguno de los descritos antes. Es probable que se refiera al mismo de Termier (1942) - y que por lo tanto debe corresponderse con uno de los más meridionales de Aït Mimoun de Nouri (2007), a menos de 100 m de 6Am (quizá el 9 o el 10, Fig. 1), o a las pistas terópodos de 3Am. Lapparent dibuja anomalías en las icnitas (Fig. 4), que atribuye al deslizamiento del pie en barro blando. Los autores de este trabajo encontraron icnitas similares, pero en un lugar alejado (yacimiento 24, Figs. 1,3). Atribuye las rocas al Liásico superior.

Termier (1942) dice que 12 metros por encima de los yacimientos con huellas hay un banco lenticular de areniscas conglomeráticas con escamas de peces y fragmentos de huesos, que se continua y que han visto incluso a 250 metros del corte anterior, a los que asigna edad Batoniense (cf. Ennouchi, 1952). Atribuye al Liás superior las capas rojas de Iouaridène. El banco con escamas se correlaciona con el nivel con escamas y dientes de peces de Charrière *et al.* (2005) situado entre el yacimiento de Aït Mimoun (número 9, Fig. 1) y la cresta de la loma de Tagbalout.

Ennouchi (1952) encuentra otro yacimiento a unos dos kilómetros al Este (¿?) de los citados. Según él uno de los nombrados por Plateau *et al.* (1937) tiene de coordenadas Lambert 361x128 y el descubierto por él 358x128. Por el tipo de huellas tridáctilas, las coordenadas del yacimiento, el tamaño de las pisadas y los anillos de Liesegang abundantes, es posible que se trate del número 8 o del 9 (Fig. 1). Afirma que todas las icnitas pertenecen al mismo yacimiento regional, muy vasto sin duda. Si se sitúa el primer yacimiento en los mapas cartográficos disponibles (361x128) el lugar queda fuera, aunque próximo al Oued Gazzaf (número 3, Fig. 1) de Jenny *et al.* (1981).

Choubert *et al.* (1956) postularon que las capas rojas del sinclinal de Oultana (Iouaridène) tenían que ser del Cretácico y anteriores al Cenomaniense y por lo tanto, las huellas de dinosaurio de Demnat eran del Cretácico Infracenomaniense.

Dutuit y Ouazzou (1980) suponen que el número de icnitas de Iouaridène es de varios millares. Trabajaron sobre las huellas saurópodos de las que citan tres yacimientos: uno cerca de Tirika (probablemente 29, Fig. 1), otro al lado del camino carretero (una huella mal conservada, no identificado) y finalmente el situado cerca del aduar de Taghbalout (la pista más conocida de esta región, 4Am1 de

Nouri, 2007) que es el mismo que 4Am (9, Fig. 1). Definieron estas icnitas saurópodos con el nombre de *Breviparopus taghbaloutensis*. Aunque no indican la edad de los yacimientos se deduce de la publicación que los atribuyen al Jurásico, dado que parecen descartar por la comparación con *Rebbachisaurus* que sean del Cretácico Infracenomaniense como otra de las posibilidades.

Jenny *et al.* (1981) afirman, que en Iouaridène, las huellas de dinosaurio se encuentran en Aït Kalelech y que son numerosas, aisladas o en rastrilladas. Citan dos surcos enigmáticos paralelos (Oued Ghazzaf, 361'2/127'1/número 3, Fig. 1) de los que se preguntan si son marcas de cola (Fig. 5). A las rocas les atribuyen edad Dogger, “sin duda Batoniense”.

Jenny y Jossen, (1982) citan otro yacimiento con huellas en Aït Blal, población situada fuera de la cubeta de Iouaridène (coord. 376'9/122) sobre sustrato diferente (calizas de estromatolitos) y mucho más antiguas (Pliensbaquiense). Es muy probable que esta localidad sea diferente a la que, con el mismo nombre, se refieren Plateau *et al.* (1937), porque no está en la cubeta de Iouaridène y porque las coordenadas son también distintas.

Jenny (1985) en la cartografía geológica de la hoja de Azilal 1:100.000 (Fig. 1) sitúa seis yacimientos en la cubeta de Iouaridène que llamamos: Oued Ghazzaf; Taghbalout; Tirika; Amzaouru; Oumzawrou y Aït Ghezli.

Ishigaki (1989) estudia los rastros de mano de saurópodo en los puntos que denomina localidades 1, 2 y 3. Las dos primeras, cerca de Taghbalouth (9, Fig. 1) en el lugar trabajado por Dutuit y Ouazzou (1980) y la tercera al Sur de Aghri, cerca de Tirika (25, Fig. 1). Limita su estudio a las 30 marcas de este tipo que encuentran.

Nouri *et al.* (2001) estudian el primer rastro de esta cuenca, de dinosaurio de andar semiplantígrado sito en la localidad de Tirika (30, Fig. 1).

Meyer y Monbaron (2002) reexaminan las huellas saurópodos de Iouaridène que colocan en la Formación Guetioua que suponen de edad Jurásico Medio

Charrière *et al.* (2005) rehacen la bioestratigrafía con ostrácodos y carofitas, de manera que el nivel con dientes y escamas de pez (citado por Termier, 1942), que consideran nivel guía regional, es de edad Kimmeridgiense. Dalla Vecchia (2005) comenta y muestra fotografías de los yacimientos 12 y 15 (Fig.1).



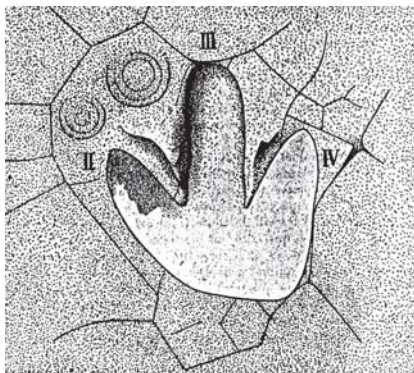
Nouri (2007) trabaja varios yacimientos, aportando algunos nuevos al registro existente (números, 8, 9, 11, 14, 15, 29, 30 y 31; Fig. 1). La edad que les atribuye es, como Charriere *et al.*, (2005) también Kimmeridgiense. Su estudio es icnológico y en él describe una nueva icnoespecie, indica peculiaridades de la marcha (icnitas semiplantígradas), y analiza la relación entre las grietas de desecación y el momento de impresión de las icnitas. El total de pisadas que analiza en Iouaridène es de 340.

De los yacimientos anteriores, se desconoce la situación de: Aït Blal (Plateau *et al.*, 1937); Aït Kalelch (Plateau *et al.*, 1937; Jenny *et al.*, 1981); el citado por Ennouchi (1952), porque las coordenadas no coinciden con ninguno y la referencia a la abundancia de anillos de Liesegang en los estratos no es suficiente; el yacimiento sin nombre al que se refiere Lapparent (1942, 1945); y el de solo manos de saurópodo de Dutuit y Ouazzu (1980) de las proximidades de Tirika y que no es ni el mismo que Ishigaki (1989) coloca al Sur de Aghri, ni ITi deNouri (2007).

Por la forma, número, tamaño de las icnitas, orientación y por su situación, la localidad 3 de Ishigaki (1989), o del Sur de Aghri se ha incluido en el yacimiento 25 (Fig.1).

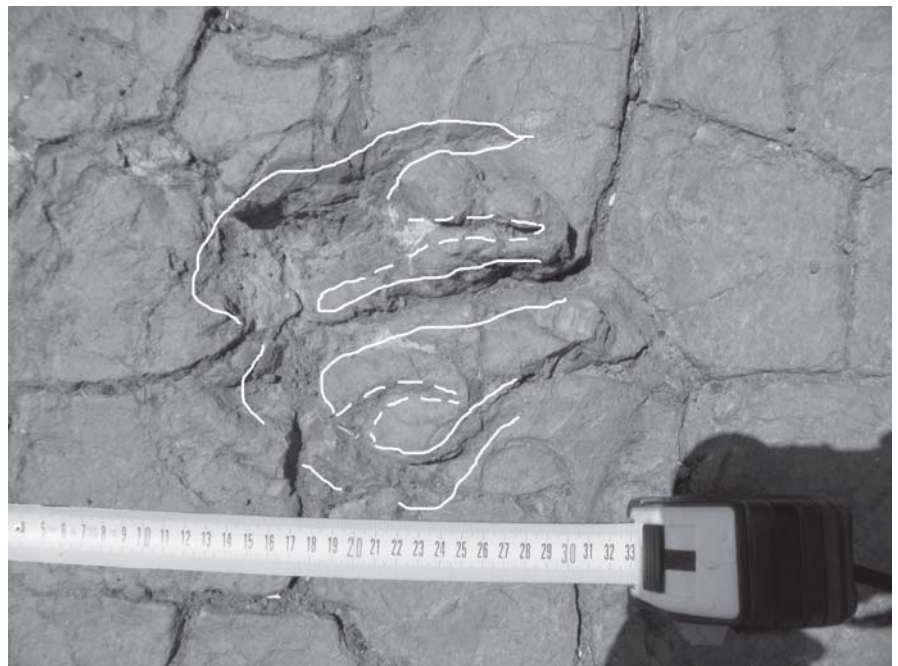
**Resultados de la prospección**

Durante la primera semana de septiembre de 2007, coincidiendo con los campos y cursos de verano de las universidades de Rabat y La Rioja, se prospectó la parte occidental de la cubeta, entre Ifrougane y Tirika y se encontraron 28 yacimientos. La revisión de marzo de



**Fig. 4.-** Dibujo de Lapparent (1945) de una huella y de su molde en yeso. Anillos de Liesegang y estructuras de deslizamiento del pie en el barro.

*Fig. 4.- Lapparent (1945) interpretation of a footprint and of their plaster mould. Liesegang's rims and footprint slide structures in the mud.*



**Fig. 3.-** Yacimiento 24. Marcas de entrada y salida de los dedos en el barro. Icnita anterior a las grietas de desecación. Explicación en el texto.

*Fig. 3.-Site 24. Digit skim marks. Footprint previous to mud cracks. Explanation in the text.*

2008 ha proporcionado tres puntos nuevos de manera que se han localizado 31 (Fig. 1).

Se ha establecido la correlación con los descritos o con aquellos que puede suponerse que son parte de los citados (Tabla I). Si las correlaciones son buenas, el número de yacimientos pasa de 14 a 31; es posible que la primera de estas dos cifras sea menor, ya que alguno podría estar repetido.

Los 31 yacimientos están separados, bien por espacios sin huellas debidos a la falta de continuidad de techos limpios con superficie descubierta o bien por el salto temporal entre niveles estratigráficos distintos. Resulta llamativa la continuidad lateral del afloramiento, sin fallas. Las capas se pueden seguir prácticamente sin interrupción en casi todo el espacio prospectado. Solo falta afloramiento donde están soterradas por los aluviones de los cauces que las cruzan, en la parte cultivada y más llana entre los yacimientos 15-16-17, y en el Norte (espacio entre 3 y 4, y entre 4 y 6) en donde hay un glacis cuaternario.

El número de huellas inventariado es de 753 de las que 526 son terópodos, 200 saurópodos, 18 ornitópodos y 9 no identificadas.

**Estructuras de las icnitas**

Las huellas están siempre en capas con grietas de desecación o con rizaduras.

Mientras que sobre las dos estructuras se encuentran calcos, las estampas o huellas verdaderas solo están con grietas de desecación. Las icnitas más hundidas no penetran más de 15 cm debajo de las superficies de estudio.

La casi totalidad de las marcas están rodeadas por rebabas, en general poco pronunciadas debido al poco barro extruido. Las rebabas pueden ser anterior-



**Fig. 5.-** Estructuras reconocidas en el terreno. Surcos del yacimiento del Oued Ghassaf citados por Jenny et al. (1981).

*Fig. 5.- Structures recognized in the area. Grooves in the Oued Ghassaf site mentioned by Jenny et al. (1981).*

núm. de yacimiento	correlación
1	¿Aït Blal? (Plateau et al., 1937)
3	¿Aït Kelech? (Plateau et al., 1937); Oued Ghazzaf (Jenny, 1982)
8	¿Sin nombre? (Ennouchi, 1952); 1Am (Nouri, 2007)
9	¿Aït Kelech? (Plateau et al., 1937); Taghbalout (Dutuit y Ouazzou, 1980); Localidades 1 y 2 (Ishigaki, 1989); 2Am, 3Am, 4Am, 5Am, 6Am (Nouri, 2007)
10	¿Sin nombre? (Lapparent 1945)
12	1Tg (Nouri, 2007)
14	¿Aït Kelech? (Plateau et al., 1937); ¿Sin nombre? (Lapparent 1945)
15	2Tg, 3Tg (Nouri, 2007)
25	Aghri (Ishigaki, 1989)
26, 27, 28	Tirika (Jenny, 1982)
29	Tirika (Dutuit y Ouazzou, 1980); ITik (Nouri, 2007)
30	2Tk (Nouri et al., 2001; Nouri, 2007)
31	3Tk (Nouri, 2007)

Tabla I.- Ensayo de correlación entre los yacimientos citados y los inventariados.

Table I.- Possible correlation between the named and inventory sites.

res (Dutuit y Ouazzou, 1980) o posteriores (Nouri, 2007) a las grietas de desecación. Generalmente esta diferencia es fácil de apreciar, porque o bien las grietas de desecación atraviesan limpiamente las rebabas y estructuras de arrastre de barro (Fig. 3), o bien los polígonos están deformados, levantados en los bordes (Fig. 2) o rotos en el fondo del hueco. Se ha citado estructuras del barro adherido a la piel apoyada (Ishigaki, 1989; Nouri, 2007).

Las pisadas pueden pasar de ser la reproducción prácticamente fiel de la forma del pie, hasta mostrar toda la gama de estructuras de entrada y salida del pie del barro. En la Fig. 3 se muestra una de estas estructuras en la que los dedos laterales se hundían en el barro (por la línea de contorno continua) y salen por un lugar distinto al de penetración (línea de contorno discontinua). Esta estructura, del mismo tipo que las de los dibujos de la figura 1 del artículo de Gatesy *et al.* (1999) parece similar a la descrita (Fig. 4) por Lapparent (1945) que atribuye las anomalías al deslizamiento del pie en barro blando. De las estructuras de la Fig. 4 dice que son como impresiones dobles del mismo dedo. Las icnitas de la rastrillada a la que pertenece la pisada de la fotografía (Fig. 3) están atravesadas por las grietas de desecación del barro por lo que la pisada es anterior a la desecación del paraje.

Jenny *et al.* (1981) dicen que posiblemente las dos marcas (Fig. 5) del yacimiento de Oued Ghazzaf (yacimiento 3, Fig. 1) sean de cola. Ambas impresiones están fosilizadas por los niveles superiores. Una vez examinadas, no se han encontrado caracteres que confirmen tal atribución: no van acompañadas de marcas de pie; no son sigmoides; su sección es subrectangular; no tienen bordes de extrusión; no tienen estrías de deslizamiento; y son muy próximas y paralelas.

Es probable que sean estructuras relacionadas con fallas u otro tipo de roturas sinsedimentarias.

### Conclusiones

Se han prospectado los niveles con icnitas de dinosaurio de la mitad noroccidental del sinclinal de Iouaridène para concretar su número, situación y contabilizar las pisadas. El resultado ha sido:

- a) El inventario de 31 yacimientos en la zona prospectada.
- b) La reducción de varios millares a menos de 2000 de del número de icnitas previstas para todo el sinclinal. Aunque en la investigación venidera salgan nuevas pisadas, no es previsible que el número total alcance el millar en la mitad conocida.

A pesar de que cada vez se descubren más icnitas saurópodos y de que se han incorporado al registro cierta cantidad de ornitópodos, la proporción de terópodos sigue siendo mayoritaria (526 terópodos; 200 saurópodos; 18 ornitópodos y 9 no identificadas)

Se aplica la edad Kimmeridgiense indicada por Charriere *et al.* (2005) para las rastrilladas de *Breviparopus*.

### Agradecimientos

Este trabajo se ha hecho gracias al proyecto de Cooperación Interuniversitaria Rabat-La Rioja, A/721/06 de la Agencia Española de Cooperación Internacional. Agradecemos a la Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja y a M. Youssef Ennadiffi de la Asociación para la Protección del Patrimonio Geológico Marroquí la ayuda prestada en material, instalaciones y en la realización del curso-campamento de verano. Finalmente a los alumnos del curso que participaron en la prospección.

### Referencias

- Carrano, M. T. y Wilson, J. A. (2001). *Paleobiology*, 27, 564-582.
- Charrière, A., Haddoumi, H. y Mojon, P.-O. (2005). *Comptes Rendues Palevol*, 4, 385-394.
- Choubert, G., Faure-Mauret, A. y Levêque, P. (1956). *Comptes Rendues de l'Académie des Sciences*, 243, 1639-1642.
- Dalla Vecchia, F., 2005. *Natura Nascosta*, 30, 16-44.
- Dutuit, M. y Ouazzou, A. (1980). *Mémoires de la Société géologique de France, N.S.*, 139, 95-102.
- Ennouchi, E. (1952). *Bulletin de la société des Sciences Naturelles du Maroc*, 32, 11-17.
- Farlow, J. O. (1992). *Zubia*, 10, 89-138.
- Gatesy, S. M., Middleton, K. M., Jenkins, F. A. J. y Shubin, N. H. (1999). *Nature*, 399, 141-144.
- Ishigaki, S. (1989). En *Dinosaur tracks and traces* (D. D. Gillette y M. G. Lockley Eds.) Cambridge University Press, 83-86.
- Jenny, J. (1985) *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 399, feuille Azilal. Carte Géologique du Maroc 1:100.000.
- Jenny, J. y Jossen, J. A. (1982). *Comptes Rendues de la Académie des Sciences de Paris*, 249, 223-226.
- Jenny, J., Le Marrec, A. y Monbaron, M. (1981). *Geobios*, 14, 427-431.
- Lapparent, A. (1942). *Comptes Rendues sommaires de la Société géologique de France*, p. 241.
- Lapparent, A. (1945). *Bulletin du Muséum National d'Histoire naturelle*, 2<sup>e</sup> ser, XVII, n<sup>o</sup> 3, 268-271.
- Lockley, M. G., y Conrad, K. (1989). En *Dinosaur tracks and traces* (D. D. Gillette y M. G. Lockley Eds.) Cambridge University Press, 121-134
- Meyer, C. A. y Monbaron, M. (2002). *7th European Workshop on Vertebrate Palaeontology, Abstracts*, p. 26.
- Monbaron, M (1988). *Actes de la Société jurassique*, Emulation, Suisse, 73-92.
- Nouri, J. (2007). *La paléoichnologie des empreintes de pas des dinosauriens imprimées dans les couches du Jurassique du Haut Atlas Central*. Tesis de doctorado. Universidad de Rabat. 240 pp.
- Nouri, J., Pérez-Lorente, F. y Boutakiout, M. (2001). *Geogaceta*, 29, 83-86.
- Plateau, H., Giboulet, G. y Roch, E. (1937). *Comptes Rendues sommaires de la Société géologique de France*, 241-242.
- Termier, H. (1942). *Bulletin de la Société géologique de France*, 5, XII, 199-207.