

Prospecciones paleoicnológicas en el sinclinal de Iouaridène (Alto Atlas, Marruecos). 2: Parte oriental

Paleoichnological explorations in the Iouaridène syncline (High Atlas, Morocco). 2: East part

Mohamed Boutakiout ⁽¹⁾, Latifa Ladel ⁽¹⁾, Ignacio Díaz-Martínez ⁽²⁾ y Félix Pérez-Lorente ⁽²⁾

⁽¹⁾ Faculté des Sciences, Université Mohamed V. Avenue Ibn Batouta, BP 1014 Rabat-Agdal (Marruecos). boutak@fsr.ac.ma; latifa2005a@yahoo.fr

⁽²⁾ Universidad de La Rioja. C/ Madre de Dios 51-53. E-26006 Logroño/ Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja. C/ Portillo, 3, E-26586-Enciso. inaportu@hotmail.com; felix.perez@unirioja.es

ABSTRACT

In 2007, the dinosaur footprints research group of the Universities of Rabat and La Rioja began the mapping of the Iouaridène ichnological sites. The initial problems were the footprints number - several thousands for some scientists - the ichnotaxonomy, and their geographical and geological distribution. Our first results (west Iouaridène area) were published in 2008. In addition to two ichnotaxons defined here, we have studied: gigantic theropod and ornithopod footprints; semiplantigrade theropod ichnites and the largest world theropod trackway are new contributions to Iouaridène dinosaur footprints knowledge. In this work, are demonstrated the following questions: i) the maximum number of footprints in the Iouaridène syncline is less than 2000; ii) in the east area there is minor density of sites and the number of footprints that in the west part; iii) the greatest number of semiplantigrade theropod ichnites; iv) the fossiliferous levels reduction from 20 to one. Probably, the four properties geographically related - stratigraphic, number, density (sites and footprints) and the diversity of semiplantigrade ichnites - are other syngenetic relations.

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

Geogaceta, 47 (2009), 33-36
ISSN: 0213683X

Introducción

Iouaridène (Fig. 1) es uno de los sinclinales que hay en el Alto Atlas Central, cuyo núcleo lo forman «capas rojas», muy interesante por sus huellas de dinosaurio. En él se han definido dos icnotaxones nuevos y se han descrito particularidades sobre sus icnitas que lo hacen punto de referencia mundial (ver referencias). Con todo, la mayoría de publicaciones sobre la edad, los tipos y el número de icnitas, el número de yacimientos, la litología de las rocas con huellas, etc. no era concreta (Nouri *et al.*, 2009) y, en consecuencia hay grandes diferencias de interpretación.

La prospección se ha hecho en dos campañas. La primera (mitad occidental del sinclinal) en septiembre de 2007 (Boutakiout *et al.*, 2009a) y la segunda en septiembre 2008-marzo 2009 en la mitad oriental.

Casi todos los 22 trabajos publicados y los dos inéditos (Nouri, 2007; Belvedere, 2008) se han hecho en la parte occi-

dental. Jenny (1985) es el único autor que ha mencionado yacimientos en la parte oriental.

Las «capas rojas» de Iouaridène están compuestas por tres formaciones (Charriere *et al.*, 2005): Formación Guettioua (Bathoniense), Formación Iouaridène (Kimmeridgiense-Barremiense) y Formación Jebel Sidal (Barremiense).

Aquí se han citado varios icnotipos: *Breviparopus taghbaloutensis* Dutuit y Ouazzou, 1980; *Carmelopus* (Meyer y Monbaron, 2002); *Deltapodus* (Belvedere, 2008); *Eubrontes* (Lapparent, 1945); «*Eutynichnium atlasipodus*» Nouri, 2007; *Megalosauripus* (Belvedere y Mietto, 2008); y *Megalosaurus* (Plateau *et al.*, 1937). Iouaridène contiene: el principal modelo de pistas saurópodos «solo de manos» (Ishigaki, 1989); la primera cita de icnitas semiplantígradas de Marruecos (Nouri *et al.*, 2001), y las huellas (Fig. 2) y rastrilladas terópodos más grandes del mundo (Boutakiout *et al.*, 2009b). Algunas de las referencias a icnotipos no son correctas debido a la datación erró-

nea de las rocas y a revisiones de nomenclatura (Ishigaki y Matsumoto, 2008).

Antecedentes

Boutakiout *et al.* (2009a) hicieron no solo la prospección física sino también la revisión bibliográfica y concretaron lo siguiente:

1.- La situación y siglado de 31 yacimientos en la parte occidental del sinclinal con 759 huellas (528 terópodos, 205 saurópodos, 17 ornitópodos y 9 no identificadas)

2.- La ubicación de las icnitas en niveles duros que coronan secuencias lutitas-silcretas. Esta parte dura está formada por uno o varios niveles centimétricos de silcretas separados por lechos milimétricos de lutitas; la potencia de las lutitas de la base oscila entre el decímetro y el metro. Cada nivel de silcretas tiene grietas de desecación y a veces rizaduras, a las que se les superponen en algunos casos. Se encuentran a veces varios niveles con grietas de desecación sucesivas en los niveles duros que coronan las secuencias.

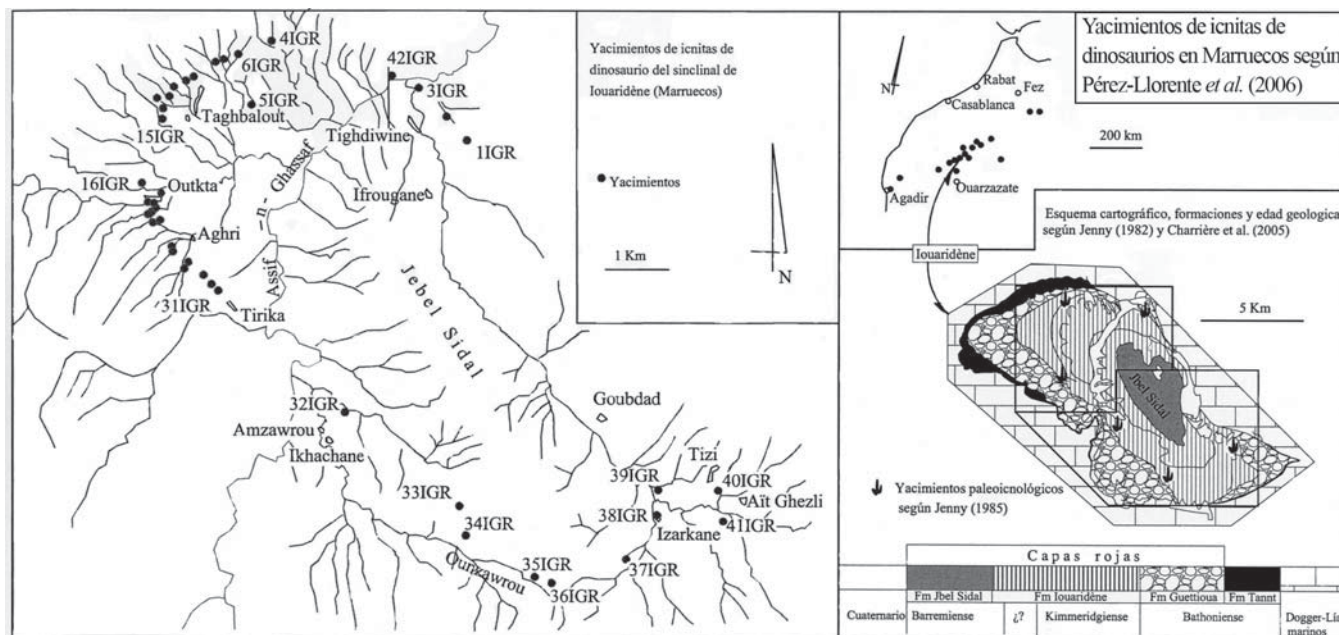


Fig. 1.- Situación geográfica y esquema geológico del sinclinal de Iouaridène. Nuevos yacimientos de icnitas de dinosaurio (32IGR a 42IGR).

Fig. 1.- Geographical situation and geology of the Iouaridène syncline. New dinosaur ichnological sites (32IGR to 43IGR).

3.- El paso de los dinosaurios, es siempre posterior a las rizaduras, pero puede ser anterior o posterior a las grietas de desecación.

4.- La profundidad de las pisadas es muy variable, tanto en dinosaurios grandes como en pequeños. Hay huellas que se hunden hasta 15 cm (de suela ancha [saurópodos y terópodos grandes] o de dedos delgados cuyo pie penetra tanto que se introduce completamente en el barro), y muy someras (apenas 1 cm de profundidad, tanto anchas como leptodáctilas).

5.- La deducción de que hay menos de 2000 icnitas aflorantes en todo el sinclinal, frente a la cifra de varios miles postulada por Dutuit y Ouazzou (1980).

Posteriormente al manuscrito de Boutakiout *et al.* (2009a) ha habido nuevas aportaciones: La cita de *Deltapodus* (Belvedere, 2008; Belvedere y Mietto, 2008, 2009) y de icnitas gigantes terópodos (Fig. 2) y ornitópodas (Fig. 3) entre las que están las más grandes conocidas del mundo (Boutakiout *et al.*, 2009b). También se han planteado discusiones sobre pistas saurópodos (Marty *et al.*, 2009) y terópodos (Ishigaki y Matsumoto, 2008; Boutakiout *et al.*, 2009 b).

Resultados de la prospección y de la revisión bibliográfica

Durante parte de septiembre de 2008, coincidiendo con los campos y cursos de verano de las universidades de Rabat y La Rioja, se prospectó la parte oriental de la

cubeta, entre Tirika y Goubdad (Fig. 1) en donde se han encontrado 10 nuevos yacimientos (del 32IGR al 41IGR). Además, en la parte occidental, nuestro grupo ha aportado otro punto (42IGR) en el curso del Assif-n-Ghassaf, y huellas no citadas en 9IGR (Díaz-Martínez *et al.*, 2009). En el primer trimestre de 2009 se revisaron parte de los 10 yacimientos y se hizo el levantamiento de detalle de alguno de ellos (34IGR, 36IGR y 39IGR).

Jenny (1985) en la cartografía del mapa de Azilal señaló varios lugares con huellas que coinciden con los que se presentan en este trabajo. La correlación (Boutakiout *et al.*, 2009a) es: Oumzawrou comprende 35IGR y 36IGR; Aït Ghezli es 40IGR. Es posible que 32IGR sea Amzawrou, aunque la situación de ambos no coincide exactamente.

Belvedere (2008) ha detectado 20 niveles icníticos que contienen por lo menos 1.500 huellas en la parte occidental, pero no da referencias de la localización

de los yacimientos. Suponemos que ha trabajado entre 9IGR y 31IGR, es decir entre Taghbalout y Tirika, puntos en los que Boutakiout *et al.* (2009a) hallaron 759 icnitas a las que hay que sumar 28 (9IGR) aportadas por Díaz-Martínez *et al.* (2009). Los números varían demasiado, por lo que se refinará en la próxima campaña la prospección en el área señalada.

Características de los yacimientos

La separación entre los yacimientos orientales es mayor que en la parte occidental. Las causas que contribuyen son tres: hay menos capas con huellas; el recubrimiento cuaternario es más extenso; y una falla elimina parte del flanco NE del sinclinal.

Mientras al Oeste hay huellas en varios niveles (hasta 20 según Belvedere, 2008) en el Este (32IGR, 36IGR, 37IGR y 39IGR) solamente hay una capa dura con icnitas a techo. Los autores no pue-

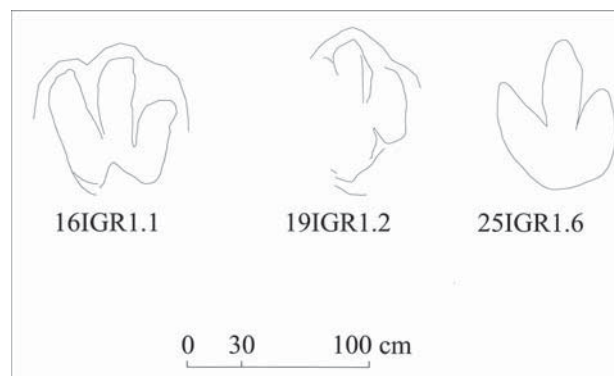


Fig. 2.- Algunas icnitas terópodos gigantes de Iouaridène.

Fig. 2.- Some gigantic theropod footprints from Iouaridène.

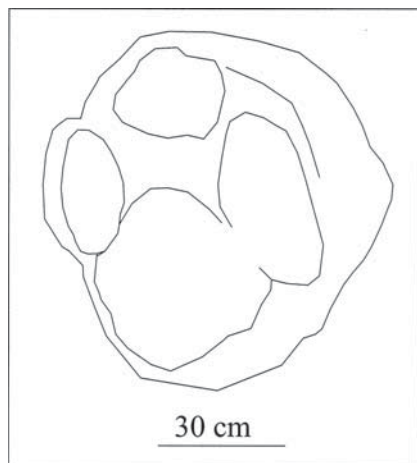


Fig. 3.- Icnita ornitópada gigante. Yacimiento 26IGR

Fig. 3.- Ornithopod gigantic ichnite. 26IGR site.

den afirmar que la disposición de un solo nivel con huellas sea extensible a todos yacimientos orientales ya que en Izarkane (38IGR) hay dos niveles con huellas (en el mismo conjunto duro) y probablemente 40IGR (Aït Ghezli) y 41IGR estén a techo de dos secuencias sucesivas. La reducción no obstante es muy patente hacia la parte oriental, porque los yacimientos de Tirika (29IGR, 30IGR y 31IGR) están en una sola cresta, asimilable al mismo conjunto de niveles duros de techo de una secuencia, y desde este punto hasta 40IGR solamente hay un nivel con icnitas en cada yacimiento.

La densidad de huellas en los afloramientos de la parte oriental es mayor. No conocemos la razón de tal abundancia, ni tampoco si se continua por la parte cubierta. Pudiera ser que los yacimientos coincidan con concentraciones de huellas del mismo estrato ya que, entre 31IGR y 32IGR en el curso del Assif-n-Gassaf hay un gran afloramiento de techo de niveles duros sin icnitas. No podemos extrapolar el número de huellas contenido en los niveles duros, debido a la relativamente grande extensión cubierta por materiales cuaternarios y a la imposibilidad actual para buscar aproximaciones. Tampoco se dispone de criterios para deducir si el contenido de huellas de los yacimientos se debe a que estaban en los lugares favorables al paso o estancia de dinosaurios o más favorables para la conservación de sus pisadas. No hay ni orientación mayoritaria de rastrilladas, ni selectividad de los icnotipos, ni estructuras directas e indirectas exclusivas de los afloramientos con icnitas.

Hay dos causas no estratigráficas por las que se reduce el número de yacimientos. En primer lugar porque hay abundan-

tes depósitos cuaternarios, de espesor variable, entre Tirika y Goubdad de manera que se pierde afloramiento de la Formación de Iouaridène en bastantes sectores entre ambas poblaciones. En segundo lugar porque entre Goubdad y el Oeste de Ifrougane hay una falla que hace desaparecer gran parte de la Formación de Iouaridène (Jenny, 1985)

Las estructuras sedimentarias de techo (grietas de desecación y rizaduras) tan patentes en el Oeste, o no hay, o casi no se aprecian en los nuevos yacimientos.

Características de las icnitas

El número de huellas halladas en la parte oriental es de 567 de las que casi 455 son terópodos, 54 saurópodos y sólo una ornitópada (el resto está sin identificar).

No se ha podido deducir en ningún caso, si las grietas de desecación son anteriores o posteriores a la impresión de las pisadas. No solo es difícil reconocer estructuras sedimentarias de techo sino que las icnitas, generalmente, no tienen estructuras directas de detalle claras (estrías de entrada o salida del pie, marcas de almohadillas, ...). Solamente en alguna huella se ha reconocido la marca de almohadillas de la suela de los pies.

Las icnitas más hundidas no penetran más de 10 cm debajo de las superficies de estudio. La casi totalidad de las marcas

están rodeadas por rebabas, en general poco pronunciadas. Abundan las estructuras de colapso de las paredes de los huecos de los dedos; también colapsa el barro en algunas marcas de metatarso.

Es de destacar la gran cantidad de icnitas terópodos semiplantígradas descubiertas (Fig. 4), que serán objeto de estudio posterior. No se ha encontrado ninguna marca de cola asociada a rastrillada y sí marcas de arañazos, quizá de natación en 37IGR.

El número total de huellas inventariadas por nosotros para todo el sinclinal de Iouaridène es de 1365 de las que 1.005 son terópodos, 268 saurópodos, 16 ornitópodas y 76 no identificadas.

La mayor parte de las huellas forman rastrilladas de las cuales se han detectado: 104 rastrilladas terópodos, 12 saurópodos (sin contar las 6 que Belvedere [2008] supone en el yacimiento 11IGR), 1 ornitópada y 1 no identificada.

Icnitas semiplantígradas

Otro hecho destacable es la presencia de abundantes icnitas semiplantígradas, es decir de pisadas con marcas de metatarso. Apesar de que algunos autores emplean la palabra de plantígradas para las huellas de dinosaurios con marca de metatarso, nosotros seguimos la recomendación de Sarjeant (Romero-Molina *et al.*, 2003) que indicó la incoherencia del

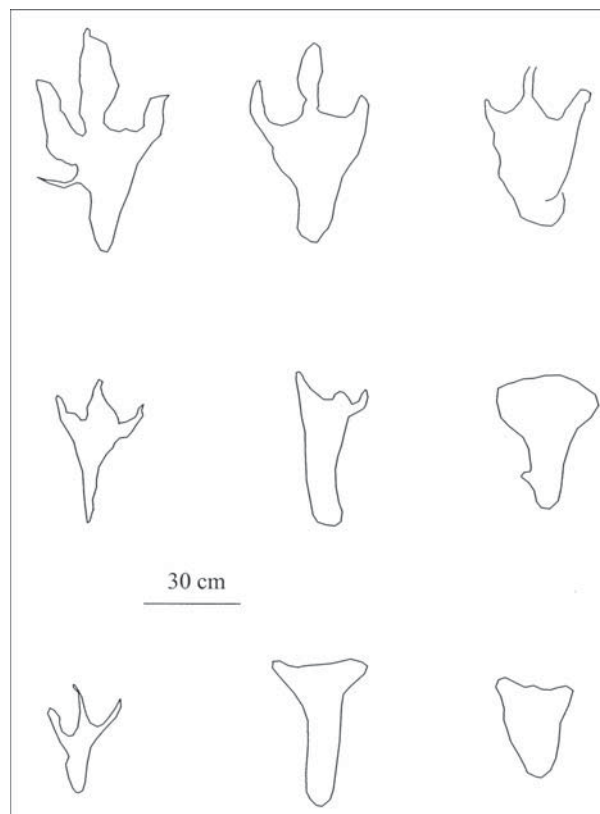


Fig. 4.- Icnitas semiplantígradas. Yacimientos 34IGR, 36IGR, 39IGR, 41IGR.

Fig. 4.- Semiplantigrade footprints. 34IGR, 36IGR, 39IGR and 41IGR sites.

nombre. Los huesos del tarso de los dinosaurios están en el zeugopodio, de manera que nunca los apoyan en el suelo.

Con anterioridad se han mencionado este tipo de huellas en el sinclinal en 2Ti (Nouri *et al.*, 2001) y en 9IGR, rastrilladas 4Am5 y 6Am1 (Nouri, 2007). En la campaña de 2007 solamente se encontró una nueva rastrillada semiplantígrada, en 10IGR. En las campañas de 2008-09 se han detectado abundantes rastrilladas e icnitas aisladas de este tipo en los yacimientos 1IGR, 34IGR, 35IGR, 36IGR, 37IGR, 39IGR, 41IGR y 42IGR. Todas las rastrilladas semiplantígradas citadas tienen las características propias de las icnitas terópodos.

Belvedere (2008) y Belvedere y Mietto (2008, 2009) citan también *Deltapodus* - que tiene el perfil de una icnita semiplantígrada - atribuible a dinosaurios tireóforos, más concretamente a estegosaurios. Estos autores, cuando concretan la referencia, muestran dos icnitas de las que no proporcionan la situación exacta. Suponemos que están entre los yacimientos 9 IGR y 15IGR.

Conclusiones

Se han prospectado los niveles con icnitas de dinosaurio de la mitad oriental del sinclinal de Iouaridène para completar su número, situación y contabilizar las pisadas con el siguiente resultado:

a) El inventario de 11 nuevos yacimientos que sumados a los conocidos dan un total de 42 para el conjunto del sinclinal. Hay 32 yacimientos entre Ifrougane y Tirika, y 10 entre Tirika y Goubdad.

b) El hallazgo de 567 huellas en la parte oriental, que sumadas a las citadas por Boutakiout *et al.*, (2009a), a las del yacimiento 41IGR y a las nuevas halladas en 9IGR dan un total de 1365, lo cual confirma la previsión de menos de 2000 previstas para todo el sinclinal. Este resultado está en clara contradicción con el enunciado por Belvedere (2008) por lo que se hará una nueva revisión del área en la que suponemos ha trabajado el citado autor.

Se sigue manteniendo en el total del sinclinal la diferencia entre la cantidad de icnitas terópodos (1.005) sobre el resto

(268 saurópodos, 16 ornitópodos y 76 no identificadas)

Mientras que el número de niveles con huellas es mayor en la parte occidental que en la oriental, el número de huellas de cada yacimiento y la cantidad de icnitas semiplantígradas es mayor al Este que al Oeste. En la parte occidental suele haber varios niveles de silcretas en cada yacimiento mientras que en la mitad oriental la mayor parte de yacimientos solo tienen un nivel icnítico.

Las cuestiones planteadas en Iouaridène justifican la continuación de la investigación no solo en el campo de la icnología sino también en el de la sedimentología y análisis de distribución de poblaciones.

Agradecimientos

Este trabajo se ha hecho en parte 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.

Referencias

- Belvedere, M. (2008). *Attività dei dottorandi 2008. Università di Padova*, s. p.
- Belvedere, M. y Mietto, P. (2008). En *Ichnia, 2nd International congress on ichnology, Cracow*. Abstract book and intra-congress field trip guidebook, 17.
- Belvedere, M. y Mietto, P. (2009). En *1^{ere} congrés international sur la Paléontologie des vertébrés du Nord de l'Afrique*, Abstracts, 64-65.
- Boutakiout, M., Hadri, M., Nouri, J., Díaz-Martínez, I y Pérez-Lorente, F. (2009a). *Geogaceta*, 45, 51-54.
- Boutakiout, M., Hadri, M., Nouri, J., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F. (2009b). *Revista Española de Paleontología*, 24, 31-45.
- Charrière, A., Haddoumi, H. y Mojon, P.-O. (2005). *Comptes Rendues Palevol*, 4, 385-394.
- Díaz-Martínez, I., Ladel, L., Martín, D., Saadani, S., Buzzi, J., Ghabdane, S.,

- Luján, A. H., Moussa, D., Martínez, V., Elazzouzi, Y y García-Ortíz, E. (2009). *Paleolusitana*, 1, 151-159.
- Dutuit, M. y Ouazzou, A. (1980). *Mémoires de la Société géologique de France, N. S.*, 139,95-102.
- Ishigaki, S. (1989). En *Dinosaur tracks and traces*. (D. D. Gillette y G. M. Lockley, Eds.), 83-86.
- Ishigaki, S. y Matsumoto, Y. (2008). En *Ichnia, 2nd International congress on ichnology, Cracow*. Abstract book and intra-congress field trip guidebook, 55-56.
- Jenny, J. (1982). *Maquette de la Carte Géologique du Maroc*, 399, feuille Azilal. Carte Géologique du Maroc 1:100.000.
- Jenny, J. (1985) *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 399, feuille Azilal. Carte Géologique du Maroc 1:100.000.
- Lapparent, A. (1945). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturel*, 2^e ser, XVII, 3, 268-271.
- Marty, D., Belvedere, M., Meyer, C. A., Mietto, P. y Thüring, B. (2009). En *1^{ere} congrés international sur la Paléontologie des vertébrés du Nord de l'Afrique*, Abstracts, 38-39.
- Meyer, C. A. y Monbaron, M. (2002). En *7th European Workshop on Vertebrate Palaeontology*, Abstracts, 26.
- 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., Boutakiout, M., Pérez-Lorente, F. y Ennadifi, Y. (2009). En *1^{ere} congrés international sur la Paléontologie des vertébrés du Nord de l'Afrique*, Abstracts, 40.
- Nouri, J., Pérez-Lorente, F. y Boutakiout, M. (2001). *Geogaceta*, 29, 83-86.
- Pérez-Lorente, F., Hadri, M., y Boutakiout, M., (2006). *Geogaceta*, 40, 159-162.
- Plateau, H., Giboulet, G. y Roch, E. (1937). *Comptes Rendues sommaires de la Société géologique de France*, 241-242.
- Romero-Molina, M. M., Sarjeant, W. A. S., Pérez-Lorente, F., López, A. y Requeta, E. (2001). *Ichnos*, 10, 241-254.