

# Contenido anómalo de icnitas semiplantígradas terópodos en el yacimiento de Oumzawrou (36IGR) del Atlas Marroquí

## *Anomalous content of semiplantigrade theropod footprints in the Oumzawrou (36IGR) outcrop of the Moroccan Atlas*

Mohamed Boutakiout<sup>1</sup>, Jaouad Nouri<sup>1</sup>, Latifa Ladel<sup>2</sup>, Ignacio Díaz-Martínez<sup>3</sup> y Félix Pérez-Lorente<sup>3</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>3</sup> Edificio CT. Universidad de La Rioja. Madre de Dios, 51-53. 26006 Logroño, España. inaportu@hotmail.com felix.perez@unirioja.es

### ABSTRACT

We describe for the first time a dinosaur tracksite (Oumzawrou or 36IGR) which was known for forty years. It is the second in the number of prints of all 43 sites discovered in the Iouaridène syncline (IGR). In 36IGR occur several particularities that make it remarkable, in relation to others of IGR: a) the footprints are only on a single level, as opposite to the other tracksites analysed in the syncline; b) the number of semiplantigrade footprints and trackways is relatively very large; c) there are no trackways with E-W direction. The concentration and number of semiplantigrade footprints is an exceptional fact both in IGR and in similar outcrops in the world. According to the stratigraphic, ichnologic and palaeoenvironmental conditions of the tracksite is postulated that a relation must restrict the coexistence of ichnotypes and the behaviour of dinosaurs.

**Key-words:** Semiplantigrade theropod, footprints, Upper Jurassic, Morocco.

### RESUMEN

Se describe por primera vez un yacimiento con huellas de dinosaurio (Oumzawrou o 36IGR), que era conocido desde hace cuarenta años. Es el segundo en cuanto al número de huellas del conjunto de 43 yacimientos del sinclinal de Iouaridène (IGR). En 36IGR concurren varias particularidades en relación con los demás de IGR que lo hacen destacable: a) las icnitas están en un solo nivel al contrario de lo que ocurre en el resto de yacimientos estudiados del sinclinal; b) el número de icnitas y rastrilladas semiplantígradas es relativamente muy grande; c) no hay rastrilladas con dirección E-O. La concentración y la cantidad de huellas semiplantígradas es un hecho excepcional tanto en IGR como entre los yacimientos similares conocidos del resto del mundo. Dadas las condiciones estratigráficas, icnológicas y paleoambientales del yacimiento se postula que una relación debe condicionar la coexistencia de icnotipos y la conducta de los dinosaurios.

**Palabras clave:** Icnitas, terópodos semiplantígradas, Jurásico Superior, Marruecos.

Geogaceta, 52 (2012), 173-176.  
ISSN 2173-6545

Fecha de recepción: 14 de febrero de 2012  
Fecha de revisión: 26 de abril de 2012  
Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2012

## Introducción

Se conocen desde muy antiguo las huellas de dinosaurios en Iouaridène (Plateau *et al.*, 1937), pero la primera referencia de Oumzawrou, es de Jenny (1982). Nouri *et al.* (2011) citan las publicaciones destacadas de la región. Boutakiout *et al.* (2008, 2009b) se basaron en Jenny (1982, 1985) para prospectar el sinclinal de Iouaridène (IGR) y valorar su contenido icnítico. En el trabajo establecieron que el número de yacimientos es de 43.

Sobre la base anterior se estudia IGR y especialmente los yacimientos que sean de interés para el registro paleoicnológico, para

la interpretación geológica de la Formación de Iouaridène, y los relativos a los tipos de icnitas o estructuras que las acompañan. Mientras que el NO de IGR está mucho mejor trabajado, la parte SE, con mayores dificultades de acceso, es más desconocida.

Las icnitas semiplantígradas de IGR fueron descritas por primera vez por Nouri *et al.* (2001). Boutakiout *et al.* (2009b) detectaron que en el SE hay menos niveles icníticos y más icnitas semiplantígradas que en el resto del sinclinal. La descripción de Oumzawrou (36IGR) testimonia las previsiones teniendo en cuenta las icnitas, tipo de afloramiento, número de huellas y orientación de marcha.

## Situación

36IGR está en la hoja Tifni del Mapa topográfico de Marruecos a escala 1:50.000. Sus coordenadas UTM son 29RQR0452/0495.

Haddoumi *et al.* (2010) dividen la Formación de Iouaridène en tres unidades. 36IGR está en la unidad media, (Fig. 1) que para los autores citados, sería de edad Calloviense-Kimmeridgiense.

Las tres unidades litostratigráficas son diferentes por los colores y por su composición. La unidad inferior está formada por lutitas rojas y calcretas yesíferas sin ninguna intercalación de sedimentos más duros que

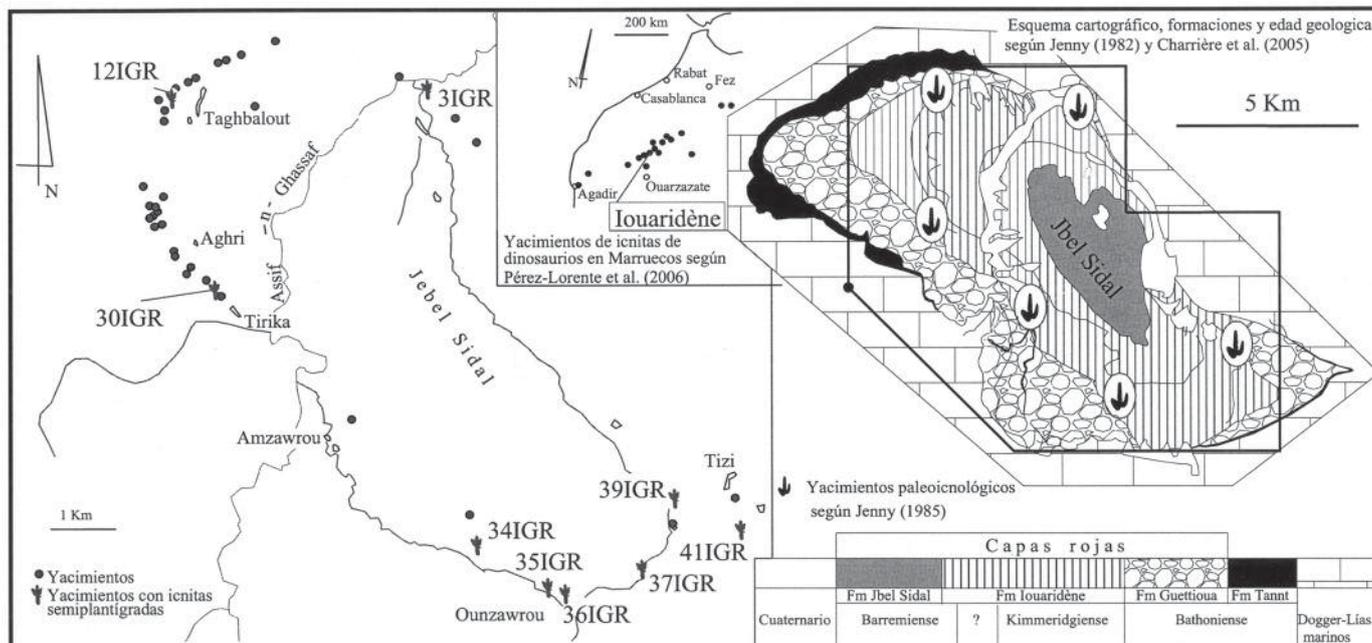


Fig. 1.- Localización de 36IGR y de los yacimientos citados en el texto

Fig. 1.- Location of 36IGR and the sites mentioned in the text.

resalten sobre el terreno. La unidad intermedia está formada por alternancia de niveles blandos (limos) y duros (al menos algunos con más de 80% de SiO<sub>2</sub>). Los niveles duros tienen laminación fina, ripples y grietas de desecación. La unidad superior comienza a partir de un nivel con huesos, y es más heterogénea en materiales y colores, ya que además de niveles rojos con lutitas y areniscas, tiene capas con colores más claros en los que se incluyen verdes y blancos, y niveles carbonatados.

La potencia de la unidad media de la formación disminuye de NO (unos 100 m en 12IGR) hacia el SE (menos de 50 m en 36IGR). El número de niveles duros, con o sin icnitas visibles, supera la decena en 12IGR y solo es de 1 en 36IGR

### Descripción del yacimiento

Ese un afloramiento largo (110 m) y estrecho (4 m en su parte más ancha), en el techo de una capa de dirección N110°E y buzamiento entre 15 y 24 grados hacia el Norte (Fig. 2).

El techo está muy estropeado por la meteorización de forma que hay diaclasas abiertas por la erosión y no se aprecian estructuras sedimentarias. La línea de contorno de las huellas es muy clara, discontinua en las diaclasas, pero sin señales de almohadillas en la suela ni constricciones de las paredes de los dedos.

### Estudio icnítico

El número de huellas que contiene es de 211, de las cuales 155 son terópodos, 28 saurópodos y 27 no identificadas. Hay dos tipos de icnitas terópodos, 93 digitígradas y 63 semiplantígradas (marcan el metatarso). Se distinguen 47 rastrilladas (25 digitígradas, 16 semiplantígradas y 6 saurópodos). Forman las rastrilladas: 28 huellas saurópodos, 64 digitígradas y 47 semiplantígradas. Las rastrilladas semiplantígradas son el 39% de los rastros bípedos. Las huellas semiplantígradas son el 40 % de las terópodos. La mayor parte de las pistas son cortas (tres pisadas) porque son transversales al yacimiento (36IGR, la más larga, no llega a 7 m).

La nomenclatura para describir huellas y pistas es la de Boutakiout *et al.* (2008). En este caso 36IGR es la del yacimiento de Oumzawrou. Las abreviaturas empleadas son las siguientes: l, longitud de la pisada; a, anchura; z, zancada; Ar, amplitud de rastrillada.

Aunque la profundidad de las pisadas es variable su deformación grande, no hay colapso de las paredes. Esto indica que el barro era de viscosidad baja y de coherencia alta.

Se ha dibujado una rosa de los vientos con la orientación media de las rastrilladas (Fig. 3) y de las icnitas aisladas. Se considera que cada una de ellas es de una rastrillada diferente.

### Icnitas tridáctilas

Las huellas digitígradas son de tamaño muy variable (Figs. 2 y 4); la menor mide 19 cm (36IGR40.2) y la mayor 66 cm (36IGR2.2). Son más largas que anchas (la relación [l-a]/a en las huellas digitígradas oscila entre 0,03 y 0.67, pie estrecho, excepto en una [36IGR44] de valor negativo. Los dedos independientes, largos y acuminados son propios de icnitas terópodos. La gráfica (Fig. 4) del número de pisadas en función de su longitud, muestra que la talla máxima está entre 30 y 40 cm, a partir de la cual disminuye hasta los extremos de la campana (66 y 19 cm). Esto se puede interpretar como que los dinosaurios de esa talla abundaban o bien que eran los que desarrollaban mayor actividad.

### Icnitas semiplantígradas

Tienen tres dedos delanteros largos y con la punta acuminada. A veces los tres dedos dejan una sola marca similar a la de un abanico. La parte trasera de la huella es alargada, de bordes paralelos o subparalelos. La terminación trasera es redondeada. La anchura de la parte alargada es mucho menor que la apertura del abanico delantero.

Las icnitas semiplantígradas miden de longitud total entre 28 (36IGR17) y 60 cm (36IGR14).

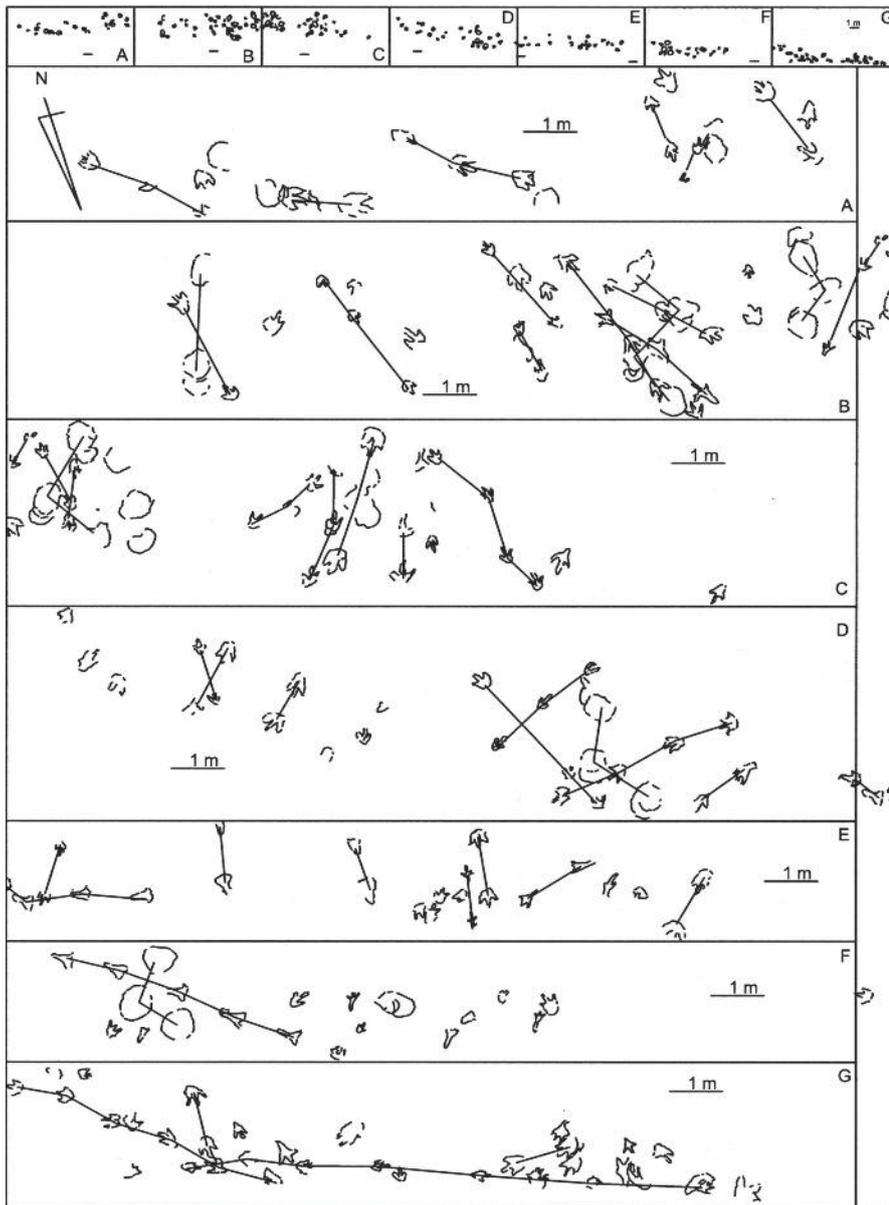


Fig. 2.- Esquema del yacimiento  
Fig. 2.- Scheme of the site.

La diferencia de longitud entre la suela digitigrada y la semiplantigrada es muy difícil de distinguir. No se obtienen muchos datos fiables porque la deformación del suelo que acompaña a las pisadas es grande. Debido a tal deformación hay rastrilladas en las que alguna icnita digitigrada es mayor que alguna de las semiplantigradas, es decir lo contrario de lo esperado. La longitud de la impresión trasera oscila entre 5 y 28 cm (esta última en la rastrillada 36IGR14, mencionada antes).

No hay marcas de hallux claras. La terminación trasera redondeada (no acuminada) implica que el metatarso se apoya horizontalmente en el suelo.

Es patente en algunas pisadas el ángulo

entre el eje del pie digitigrado y el del metatarso citado en muchos trabajos. El giro de la articulación metatarso-dedos es oblicuo a ambos segmentos de manera que las dos partes no se mueven en el mismo plano (Pérez-Lorente, 1993).

### Ícnitas redondeadas

Son huellas que reproducen el par mano-pie típico saurópodo. La mano es delantera, semilunar, y a veces deformada por el pie del par. Las manos tienen forma de media luna más cortas (20 a 35 cm) que anchas (36 a 52 cm).

La marca del pies es redondeada, relativamente grande (entre 47 y 62 cm). Aun-

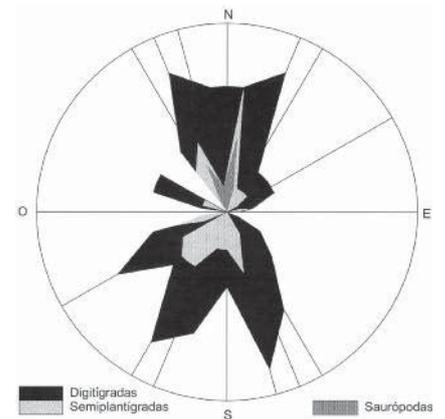


Fig 3-Orientación de las rastrilladas.

Fig. 3.- Trackway orientation.

que hay bastantes huellas redondeadas grandes, agrupadas incluso en una parte del afloramiento, como no se han visto rastrilladas ni se han separado marcas de manopie se han catalogado como no identificadas. El pie es ovalado, con el eje mayor subparalelo a la línea que une el centro de las icnitas del par. La terminación trasera es amplia, de manera que no se pueden atribuir a huellas de tipo *Deltapodus* Whyte y Romano 2002.

### Rastrilladas bípedas

En 36 IGR son digitigradas (solo marca de dedos) y semiplantigradas (con marca alargada del metatarso). Ambos tipos de rastrilladas bípedas son de icnitas terópodos.

Son rastrilladas muy estrechas ( $Ar/a$  menor de 0,5), y de velocidad de marcha muy variada: el dinosaurio más lento va a 2,5 Km/h (36IGR21) y el más rápido a 10 Km/h (36IGR14). En este yacimiento no se cumple la regla (Kuban, 1989; Pérez-Lorente, 1993) de que las rastrilladas semiplantigradas son más veloces que las digitigradas. La rastrillada que da la velocidad menor, es muy irregular e incompleta, por lo que hay que dudar de la precisión del dato. La velocidad de desplazamiento media oscila entre 4 y 5 km/h (andar a velocidad moderada).

La relación de esbeltez de las extremidades ( $z/l$ ), da valores desde extremidades gruesas a muy delgadas (desde 4,4 a 10).

### Rastrilladas cuadrúpedas

Se han detectado cinco rastrilladas cuadrúpedas (pares mano-pie) y cuyas características son saurópodos.

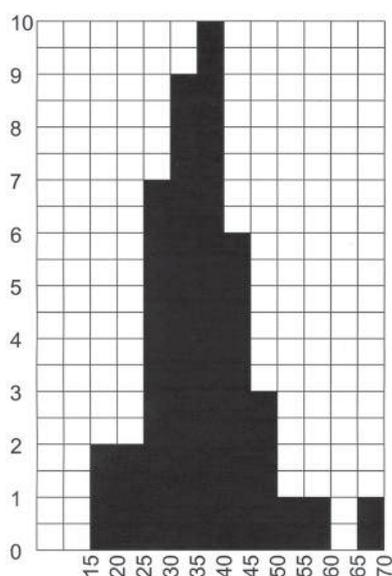


Fig. 4.-Eje vertical: nº de huellas terópodos digitigradas; eje horizontal: longitud de la pisada.

Fig. 4.- Vertical axe: nr. of theropod digitigrade footprints; horizontal axe: pes length.

Hay una rastrillada de huellas redondeadas y grandes, no identificada que podría ser saurópoda por su forma. Son por lo tanto, seis las rastrilladas posibles de vía ancha (*Brontopodus*) las que se contabilizan.

## Discusión

Las huellas semiplantigradas son uno de los hechos relevantes que acompañan a este yacimiento. No es normal que haya una proporción tan alta de huellas semiplantigradas terópodos en ninguna otra parte del mundo. Se conocen no obstante lugares con varios rastros como son el yacimiento del río Paluxy (Farlow, 1987), el yacimiento de Stormberg (Ellenberger, 1974) o el yacimiento de Las Losas (Romero-Molina *et al.*, 2003). En loaridène, el lugar tiene en sus alrededores yacimientos en los que hay icnitas semiplantigradas. No obstante, como se muestra (Fig. 1), estos yacimientos se concentran en el sur de IGR. Es posible que esta concentración no se repita en ningún lugar. Como hay ejemplos de rastrilladas digitigradas en las que alguna de sus pisadas es semiplantigrada y también lo contrario, es lógico proponer que: tipos iguales de dinosaurio dejan huellas diferentes (Romero *et al.*, 2003) en 36IGR.

No cabe duda de que hay direcciones no empleadas en el yacimiento. La dirección de las rastrilladas saurópodos y terópodos (Fig. 3) muestra sus máximos próximos a la dirección NS. El sentido de marcha es hacia el Norte para los saurópodos, y hacia los dos lados para las icnitas terópodos (semiplantigradas y digitigradas). No parece conveniente invocar el gregarismo como una de las causas que producen el paralelismo de las rastrilladas por las siguientes razones: no se justifica que dinosaurios carnívoros y herbívoros pertenezcan a un mismo grupo social: hay diferencias muy grandes de tamaño y de icnotipo entre las rastrilladas terópodos; y, el máximo de dirección se corresponde con los dos sentidos de marcha, no habiendo predominio de los itinerarios hacia uno o hacia el otro lado.

Aunque en los yacimientos de la cuenca no se ha hecho todavía el estudio de la orientación de las pistas, se observa que la dirección N-S coincide con las huellas terópodos gigantes descritas en IGR (Boutakiout *et al.*, 2009a). Las rastrilladas saurópodos de 36IGR van también con esa dirección. No sería descabellado pensar que sea un condicionamiento natural el que hace que casi todos los dinosaurios (saurópodos, terópodos digitigrados y semiplantigrados, pequeños y grandes) adopten esa dirección de marcha.

## Conclusiones

El yacimiento 36IGR es uno de los yacimientos importantes del sinclinal de loaridène ya que es el segundo en cuanto al número de huellas (el mayor es Taghbalout o 9IGR) Sus icnitas tiene rasgos peculiares suficientes para generalizar sobre su contenido y establecer pautas en el estudio paleoicnológico del conjunto del sinclinal.

La reducción a 1 de los niveles duros de la parte media de la Formación de loaridène, indica que las condiciones de sedimentación y de profundidad de agua son diferentes a las del resto del sinclinal. No hay ninguna marca de erosión, ripples ni grietas de desecación visibles.

La abundancia de rastros semiplantigrados asociados a la disminución de niveles duros, parece indicar que la asociación implica dependencia entre condiciones paleoambientales y de comportamiento (ten-

dencia al empleo del tipo de andar semiplantigrado en un ambiente restringido).

## Agradecimientos

Agradecemos a los Amigos del museo de Enciso el trabajo de campo. A las Univeridades de Rabat y La Rioja, a la Fundación Patrimonio Paleontológico y a la Association pour la Protection du Patrimoine Géologique Marocaine, las ayudas en instalaciones, material y desplazamientos. Este trabajo se ha hecho también dentro del proyecto Fomenta del Gobierno de La Rioja.

## Referencias

- Boutakiout, M., Hadri, M., Nouri, J., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F. (2008). *Geogaceta*, 45, 51-54.
- Boutakiout, M., Hadri, M., Nouri, J., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F., (2009a). *Revista Española de Paleontología*, 24, 31-45.
- Boutakiout, M., Ladel, L., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F. (2009b). *Geogaceta*, 47, 33-36.
- Ellenberger, P. (1974). *Palaeovertebrata*, Mém. extr., 170 p.
- Farlow, J. O. (1987). *A guide to Lower Cretaceous dinosaur footprints and tracksites of the Paluxy River Valley, Somervell County, Texas*. Baylos University. 50 p.
- Haddoumi, H., Charrière, A. y Mojon, P. O. (2010). *Geobios*, 43, 433-451.
- 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 de la carte géologique du Maroc*. 399 feuille Azilal. Carte Géologique du Maroc 1:100.000.
- Kuban, G. (1989). En: *Dinosaur tracks and traces* (D. D. Gillette y M. G. Lockley, Eds). Cambridge University Press, 56-72.
- Nouri, J., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F. (2011). *PLoS ONE*, 6, 7 p.
- Nouri, J., Pérez-Lorente, F. y Boutakiout, M. (2001). *Geogaceta*, 29, 83-86.
- Pérez-Lorente, F. (1993). *Zubía monográfico*, 5, 181-288.
- Plateau, H., Giboulet, G., y Roch, E. (1937). *Comptes rendues sommaires de la Société géologique de France*, 7 (16), 241-241.
- Romero-Molina, M. M., Sarjeant, W. A. S., Pérez-Lorente, F., López, A. y Requeta, E. (2003). *Ichnos*, 10, 241-254.
- Whyte, M. A. y Romano, M. (2002). *Ichnos*, 8, 223-234.