

Icnitas de dinosaurios en el Jurásico Superior de La Puebla de Valverde (Teruel, España)

Dinosaur tracks from the Late Jurassic of La Puebla de Valverde (Teruel, Spain)

Andrea Guarido^{1*}, Diego Castanera¹ y Alberto Cobos¹

¹ Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis/Museo Aragonés de Paleontología, Av. Sagunto s/n, 44002 Teruel, (Spain).
guarido@fundaciondinopolis.org, castanera@fundaciondinopolis.org, cobos@dinopolis.com
* Corresponding author

ABSTRACT

Two new dinosaur tracksites are described in La Puebla de Valverde municipality. The footprints were found isolated in situ and ex situ in siliciclastic facies included in the Villar del Arzobispo Formation (Late Jurassic). The most distinctive fact about the study area is the large diversity of tridactyl track morphotypes. Small and large ornithopod footprints, and medium and large theropod footprints have been identified. These ichnites are preserved either as concave epireliefs and convex hiporeliefs with different preservation grades. Some of them show extramorphological features (high interdigital angles, collapsed walls, missing digits) due to the substrate conditions during the registration, which complicates the ichnotaxonomic assignment. The best-preserved medium-sized theropod footprint, classified as cf. *Kayentapus isp.*, is different to the previously identified ichnotaxa in the Maestrazgo basin. In addition, large and gracile theropod tracks are similar to *Megalosauripus cf. transjuranicus* and large ornithopod tracks to *Iguanodontipodidae*.

Key-words: Theropods, Ornithopods, Villar del Arzobispo Formation, Peñagolosa Sub-basin, Maestrazgo Basin.

RESUMEN

Se describen dos nuevos yacimientos de icnitas de dinosaurios en el municipio de La Puebla de Valverde. Las huellas han sido halladas aisladas tanto in situ como ex situ en facies silicicísticas de la Formación Villar del Arzobispo (Jurásico Superior). El hecho más distintivo del área de estudio es la gran diversidad de morfotipos de icnitas tridáctilas. Se han identificado huellas de ornitópodo de tamaño pequeño y grande, y huellas de terópodo de tamaño medio y grande. Las icnitas se encuentran conservadas tanto como epirrelieves cóncavos como hiporrelijes convexos con diversos grados de preservación. Algunas presentan características extramorfológicas (ángulos interdigitales altos, paredes colapsadas, falta de algún dedo) debido a las condiciones del sustrato durante la formación, lo cual dificulta la asignación icnotaxonómica. Una de las huellas de terópodo de tamaño medio mejor conservadas, clasificada como cf. *Kayentapus isp.*, es diferente a otros icnotaxones identificados previamente en la cuenca del Maestrazgo. Además las huellas terópoda grandes y gráciles son similares a *Megalosauripus cf. transjuranicus* y las huellas ornitópoda grandes a *Iguanodontipodidae*.

Palabras clave: Terópodos, Ornitolópodos, Formación Villar del Arzobispo, Subcuenca de Peñagolosa, Cuenca del Maestrazgo.

Geogaceta, 75 (2024), 55-58

<https://doi.org/10.55407/geogaceta100859>

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 9/07/2023

Fecha de revisión: 24/10/2023

Fecha de aceptación: 24/11/2023

Introducción

En la subcuenca de Peñagolosa (Cuenca del Maestrazgo, Teruel) se han identificado más de 30 yacimientos con icnitas de dinosaurios (Cobos, 2011; Campos-Soto et al., 2017; Cobos et al., 2020) situados, principalmente, en los municipios de Alcalá de la Selva, Cabra de Mora, Cedrillas, El Castellar, Formiche Alto y Mora de Rubielos. Gran parte de estos yacimientos se localizan en la Formación Villar del Arzobispo. Esta unidad se caracteriza por su gran registro fósil, tanto icnitas como huesos de dinosaurios (ver referencias en Campos-Soto et al., 2017, 2019). Las huellas de dinosaurios son abundantes y variadas, estando representados diferentes grupos como: ornitolópidos, terópidos, saurópidos y tireóforos (Cobos, 2011; Cobos et al., 2020; Alcalá et al., 2014a, 2014b). En algunos casos estas huellas son únicas, habién-

dose descrito varios icnotaxones nuevos, *Deltapodus ibericus* (Cobos et al., 2010) (productor estegosáurio) e *Iberosauripus grandis* (Cobos et al., 2014) (productor terópodo megalosáurido).

En el marco de las prospecciones paleontológicas que la Fundación Conjunto Paleontológico Teruel-Dinópolis viene desarrollando en La Puebla de Valverde desde el año 2012, se han identificado icnitas de dinosaurio en varios afloramientos. Así, el objetivo de este trabajo es la descripción de dos nuevos yacimientos con icnitas (LPV-1 y LPV-2) localizados en este municipio.

Situación geográfica y geológica

La Puebla de Valverde se encuentra en la comarca de Gúdar-Javalambre (provincia de Teruel, España). Los yacimientos se encuentran situados a la salida del núcleo urbano (Fig. 1), dirección Mora de Rubie-

los en los márgenes de la carretera A-232.

Geológicamente, La Puebla de Valverde se sitúa en la Subcuenca de Peñagolosa (Cuenca del Maestrazgo). Los niveles donde se encuentran las icnitas pertenecen a la Formación Villar del Arzobispo. Se trata de una unidad carbonatada – silicicística que se depositó durante el Jurásico Superior (Kimmeridgiense – Titoniense) y representa un ambiente de sedimentación transicional con influencia mareal, en el marco de la evolución de una plataforma carbonatada somera a costa/llanura de inundación, afectada por grandes avenidas (Campos-Soto et al., 2017, 2019).

En la zona de estudio se distinguen limolitas rojas con finos niveles de arenisca de grano fino y otros estratos carbonatados micríticos intercalados. A techo de la secuencia estudiada afloran niveles de arenisca (paleocanales), margas grises y calizas con contenido fósil (Godoy et al., 1983).



Fig. 1.- Situación geográfica y geológica (basada en Godoy *et al.*, 1983; Campos-Soto *et al.*, 2017) de las áreas que comprenden los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Puebla de Valverde. Ver figura en color en la web.

*Fig. 1.-Geographical and geological setting (based on Godoy *et al.*, 1983; Campos-Soto *et al.*, 2017) of the areas that include the dinosaur tracksites in La Puebla de Valverde. See colour figure in the web.*

Cabe destacar la diversidad de litologías en las que se han conservado las icnitas; al menos hay cuatro niveles estratigráficos diferentes.

Material y metodología

El material descrito en este artículo fue hallado en dos nuevos yacimientos de La Puebla de Valverde, LPV-1 y LPV-2, y comprende icnitas conservadas como epirrelieves cóncavos (MAP-4567, MAP-4568 y LPV-1-4R) y como hiporrelieves convexos (MAP-8431, MAP-8432 y LPV-1-5R). Éstas se han encontrado tanto *ex situ* (bloques caídos) como *in situ*. Los bloques donde se hallan LPV-1-4R y LPV-1-5R permanecen en el campo, y el resto forman parte de las colecciones del Museo Aragonés de Paleontología (MAP).

Para la descripción y caracterización de las icnitas se han tomado datos (Fig. 2) según Thulborn (1990). Las medidas co-

rresponden a la longitud total de la huella (FL); anchura total de la huella (FW); longitud de los dedos II, III y IV (LII-LIII-LIV); anchura de los dedos (WII-WIII-WIV), ángulo de divaricación ($\text{II}^\wedge\text{III}$, $\text{III}^\wedge\text{IV}$, $\text{II}^\wedge\text{IV}$); mesaxonia (AT l/w) (área formada por la distancia entre la parte distal de los dedos II y IV y la altura hasta la parte distal del dedo III desde la base del triángulo, AT) (Lockley, 2009). Las medidas se han obtenido a través del software Image J sobre mapas de profundidad por colores de cada una de las icnitas. Estos mapas se han generado mediante modelos obtenidos por fotogrametría. Para ello se han tomado en torno a 10-15 fotografías de cada huella para generar un modelo 3D utilizando el software Agisoft Metashape Professional y posteriormente procesarlo con el software CloudCompare v2.13alpha para obtener mapas de profundidad.

Las icnitas se han clasificado en función de la longitud de la huella (FL) según Marty (2008) en: a) muy pequeñas, $\text{FL}<10$ cm; b) pequeñas, $10<\text{FL}<20$ cm; c) medianas, $20<\text{FL}<30$ cm; d) grandes, $\text{FL}>30$ cm.

Descripción de las icnitas

LPV-1

El yacimiento LPV-1 se ubica en una serie estratigráfica con litología variada carbonatada-siliciclástica formada por una alternancia de lutitas, limolitas y areniscas de color rojizo y ocre y estratos más carbonatados. Las huellas se sitúan en los niveles más competentes de limolitas, areniscas rojizas-ocres y en niveles carbonatados.

MAP-4568 (Fig. 3A) es una icnita (epirrelieve cóncavo) tridáctila mesaxónica de tamaño pequeño encontrada *ex situ* e

igual de ancha que larga ($\text{FL}/\text{FW}=1,12$). Los dedos son robustos sin morfología definida y el talón es redondeado. El índice de mesaxonia es bajo ($\text{AT l/w}=0,39$).

La huella MAP-4567 (Fig. 3B) es un epirrelieve cóncavo. Fue encontrada *ex situ* (bloque caído) y su estado de conservación no es bueno. Se trata de una icnita tridáctila de pequeño tamaño y ligeramente más ancha que larga ($\text{FL}/\text{FW}=0,80$). Presenta características extramorfológicas, como paredes colapsadas, y solo se observan claramente dos de los tres dedos. La mesaxonia tiene un valor medio ($\text{AT l/w}=0,51$).

LPV-1-4R (Fig. 3C) es una huella tridáctila de tamaño pequeño que forma parte de un rastro. Se halló *ex situ* en un bloque de arenisca roja y es mesaxónica, ligeramente más ancha que larga ($\text{FL}/\text{FW}=0,93$). El talón de la huella no se preserva, se observan rellenos en algunos de los dedos y marcas de uñas. La mesaxonia es baja ($\text{AT l/w}=0,24$).

La huella LPV-1-5R (Fig. 3D) es un hiporrelieve convexo de longitud grande ($\text{FL}=30$ cm) encontrado en un bloque *ex situ*. Se trata de una huella tridáctila con disposición mesaxónica más ancha que larga ($\text{FL}/\text{FW}=0,72$). Los dedos presentan una morfología bastante redondeada y no se observan marcas de uñas. El talón no se preserva. La mesaxonia es muy baja ($\text{AT l/w}=0,12$).

LPV-2

LPV-2 presenta litologías similares a las del yacimiento LPV-1, siendo en los niveles de limolitas y areniscas donde se hallan las huellas.

La huella MAP-8431 (Fig. 3E) se halló de manera aislada. Se trata de un hiporrelieve convexo de una icnita tridáctila de tamaño medio (20,1 cm). Destaca por su buena conservación, presentando los tres dedos completos. Estos están bien definidos, son esbeltos y terminan en forma acuminada, con impresiones de uñas afiladas. Presenta ángulos interdigitales amplios. La impresión del talón es poco profunda, aun así se distingue un talón subredondeado asimétrico que por su disposición y escotadura podría indicar que se trata de una huella del pie derecho. MAP-8431 es ligeramente más larga que ancha ($\text{FL}/\text{FW}=1,23$). La disposición de los dedos es mesaxónica, siendo el dedo III el más largo. El índice de mesaxonia (AT l/w) es 0,48. Se observan rellenos de grietas de desecación indicativos de exposición subáerea.

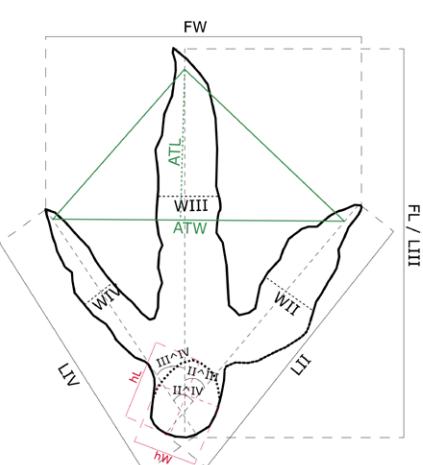


Fig. 2.- Medidas tomadas sobre las huellas en este trabajo.

Fig. 2.- Measurements taken in the footprints used in this work.

	I/D	FL	FW	FL/FW	LII	LIII	LIV	WII	WIII	WIV	II^III	III^IV	II^IV	hL	hW	ATL	ATW	AT L/W	
MAP-4567		12,5	15,7	0,80			12,5	9,2		3	1,1	53,5	47	100,5			6,7	13,2	0,51
MAP-4568	D	14,6	13	1,12	11,4	14,6	12,3	3,5	3,6	3,4	30	28	58	3,3	3	4,9	12,5	0,39	
LPV-1-4R	D	12,8	13,7	0,93	11,9	12,8	11,8	2,7	2,5	2,8	28	38	66			2,85	11,8	0,24	
LPV-1-5R		30	41,6	0,72	32	30	29,5	11,3	14,9	11,5	38,4	46,7	85,1			5	41,6	0,12	
MAP-8431	D	20,1	16,3	1,23	15,2	20,1	13,5	2,9	2,8	1,8	30	32	62	3,55	3,35	6,65	13,8	0,48	
MAP-8432	I	17,8	22,9	0,78	16,1	17,8	15,8	4,8	3,1	1,5	50	44	90			8,3	19,95	0,42	
LPV-2-3	I	37					37			6,4	6	19	25	44	10,9	8,8			

Tabla I.- Medidas tomadas sobre las icnitas (cm).

Table I.- Measurements taken from the footprints (cm).

MAP-8432 (Fig. 3F) también se encontró *ex situ* en un bloque caído. Es un hiporrelieve convexo de una icnita tridáctila. Presenta bajo grado de conservación, observándose características extramorfológicas, como dedos y talón mal definidos, y ángulos interdigitales elevados. La huella es más ancha que larga ($FL/FW=0,78$); esto puede ser debido a las condiciones del sustrato en el momento de producción de la icnita. El índice de mesaxonia es medio (AT l/w) es 0,42.

Además de las icnitas previamente descritas (MAP-8431 y MAP-8432) se observaron otras huellas tridáctilas en campo que continúan *in situ* en un nivel de areniscas ocres. Destaca la presencia del contramolde de una icnita tridáctila de tamaño grande y grácil (LPV-2-3) (FL=37 cm) en la que se observan dos dedos con disposición mesaxónica (Fig. 4); el dedo III bien conservado es elongado y presenta marca de uña afilada.

Discusión

Se han diferenciado las icnitas estudiadas por tamaño, distinguiéndose tres tipos: icnitas de tamaño pequeño, mediano y grande.

Las huellas de tamaño pequeño de LPV-1 (MAP-4567, MAP-4568) presentan morfologías típicas de un productor ornitópodo, ya que son huellas aproximadamente igual de anchas que largas, e incluso una de ellas presenta un talón simétrico (Thulborn, 1990). Hay que tener en cuenta que la deficiente preservación complica la asignación icnotaxonómica, considerando además las dificultades a la hora de identificar huellas de terópodos/ornitópodos de tamaño pequeño-mediano durante el Jurásico Superior (Castanera *et al.*, 2013). Estas huellas presentan morfología y tamaño similar a las ya descritas por Alcalá *et al.* (2014b) en el yacimiento CT-2/El Pozo (El Castellar, Teruel).

La identificación de LPV-1-4R también es compleja. Aunque se observan marcas de uñas, la huella es igual de ancha que de larga. Además el grado de conservación bajo y la falta de registro del talón impide asignar esta huella a un productor concreto.

La huella LPV-1-5R destaca por su tamaño grande y porque presenta configuración típica de un productor ornitópodo. Es mucho más ancha que larga, los dedos son romos y presenta ángulos interdigitales muy amplios. Se observan caracteres similares a los de la icnofamilia Iguanodontipodidae (Díaz-Martínez *et al.*, 2015) aunque el talón no se encuentra bien conservado (característica importante de esta icnofamilia). Hay que tener en cuenta que el registro de huellas tridáctilas de tamaño grande de ornitópodo en el Jurásico Superior de la península ibérica es relativamente limitado (ver Castanera *et al.*, 2020 y referencias).

Las icnitas tridáctilas de LPV-2 presentan características típicas de un productor terópodo de tamaño medio y de tamaño gran-

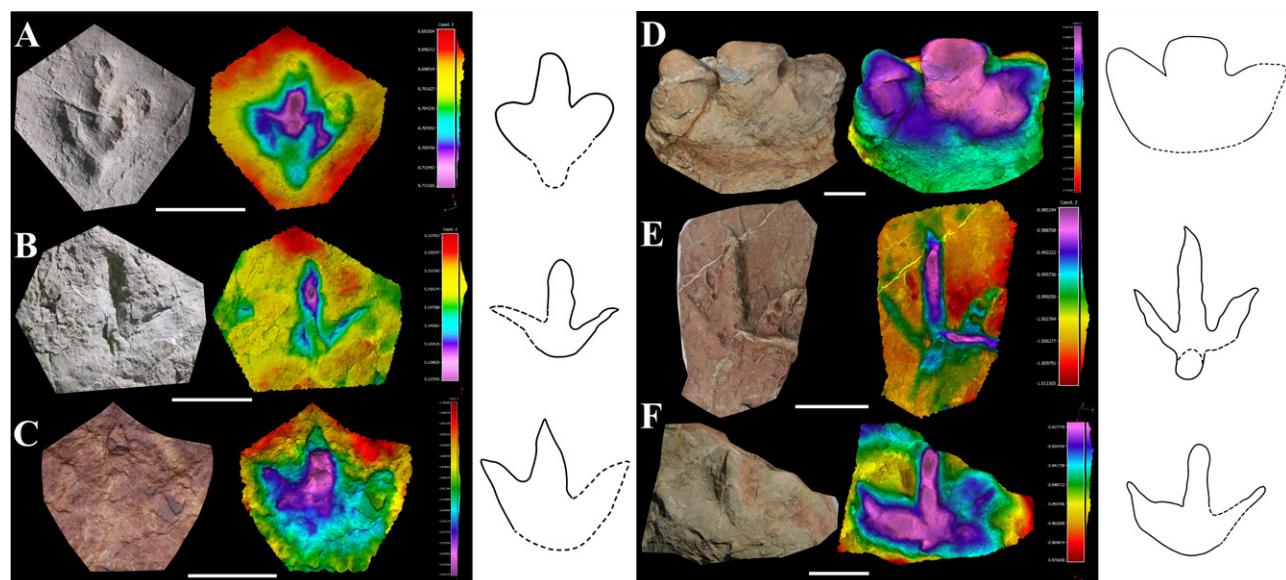


Fig. 3.- Fotografías y mapas de profundidad de las huellas descritas en LPV-1: A) MAP-4568; B) MAP-4567; C) LPV-1-4R; D) LPV-1-5R; y LPV-2: E) MAP-8431; F) MAP-8432. Ver figura en color en la web. Escala 10 cm.

Fig. 3. Pictures and false colour depth maps of the described footprints in LPV-1: A) MAP-4568; B) MAP-4567; C) LPV-1-4R; D) LPV-1-5R; and LPV-2: E) MAP-8431; F) MAP-8432. See colour figure in the web. Scale 10 cm.



Fig. 4.- LPV-2-3. Icnita tridáctila de terópodo de tamaño grande

Fig. 4.- LPV-2-3. Large tridactyl theropod footprint.

de (Thulborn, 1990), aunque la morfología varía de una huella a otra dado que se puede producir una variación morfológica en el registro de huellas de un mismo productor dependiendo del sustrato (Razzolini *et al.*, 2014). El bajo grado de conservación de MAP-8432 impide su asignación icnotaxonómica. Huellas terópodos de tamaño grande-gigante se han identificado previamente en la Cuenca del Maestrazgo. Destacan los icnotaxones *Iberosauripus grandis* (Cobos *et al.*, 2014) y *Megalosauripus cf. transjuranicus* (Belvedere *et al.*, 2019). LPV-2-3 presenta características similares a *M. transjuranicus* al tratarse de una icnita grande y grácil.

La huella MAP-8431 presenta características morfológicas distintas a los icnotaxones de terópodo identificados en la subcuenca de Peñagolosa, previamente mencionados, y en la Cuenca del Maestrazgo. Las principales características de esta huella se asemejan a *Kayentapus*, un icnotaxón típico del Jurásico Inferior (Lockley *et al.*, 2011). Huellas de características similares (*Kayentapus* – *Magnovipes*) han sido identificadas también en el Jurásico Superior de Asturias (Avanzini *et al.*, 2012). Cabe destacar que la posición de la uña del dedo III no está orientada anteromedialmente, rasgo característico de *Kayentapus*. Teniendo en cuenta estos datos se ha clasificado como cf. *Kayentapus* isp.

Conclusiones

En este trabajo se describen dos nuevos yacimientos de huellas de dinosaurios en la Formación Villar del Arzobispo de la subcuenca de Peñagolosa.

La morfología de las icnitas tridáctilas es muy variada. El yacimiento LPV-1 presenta huellas de ornitópodo indeterminadas de tamaño pequeño-mediano, huellas de ornitópodo de tamaño grande similares a

Iguanodontipodidae, así como otras indeterminadas. LPV-2, por el contrario, presenta huellas de terópodos de tamaño medio (indeterminadas y cf. *Kayentapus* isp.) y de tamaño grande y grácil (similares a *M. cf. transjuranicus*). Hasta el momento, las huellas dominantes en el Jurásico Superior de la subcuenca de Peñagolosa eran de productores saurópodos, estegosaurios, terópodos de tamaño grande a gigante y ornitópodos de pequeño tamaño (Alcalá *et al.*, 2014a, 2014b y referencias), por lo que estos dos nuevos yacimientos aumentan la icnodiversidad de morfotipos e icnotaxones conocidos en la subcuenca.

La huella de terópodo de tamaño medio (MAP-8431) presenta características inéditas y supone la primera asignación a cf. *Kayentapus* isp. en el Jurásico Superior de la Cuenca del Maestrazgo.

Contribución de los autores

A. Guarido: prospección, adquisición de datos, estructura del trabajo, metodología, investigación/ análisis, figuras, edición. D. Castanera: prospección, revisión del manuscrito, coordinación/supervisión. A. Cobos: prospección, revisión del manuscrito, coordinación/supervisión.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Gobierno de Aragón a través del grupo de investigación E04_23R FOCONTUR y por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España) a través de la Unidad de Paleontología de Teruel. Asimismo, cuenta con el apoyo del Departamento de Educación, Cultura y Deporte (Gobierno de Aragón). También está financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia – financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU. Agradecemos la colaboración de Jesús Górriz Palomar y de Nil Tena Alcón por el hallazgo de alguna de las huellas. También los comentarios aportados por los revisores.

Referencias

- Alcalá, L., Pérez-Lorente, F., Luque, L., Cobos, A., Royo-Torres, R., y Mampel, L. (2014a). *Ichnos*, 21(1), 19-31. <https://doi.org/kf5f>
- Alcalá, L., Mampel, L., Royo-Torres, R. y Cobos, A. (2014b). *Spanish Journal of Paleontology*, 29 (3), 183-190.
- Avanzini, M., Piñuela, L., y García-Ramos, J.C. (2012). *Lethaia*, 45(2), 238-252. <https://doi.org/cvxfb4>
- Belvedere, M., Castanera, D., Meyer, C.A., Marty, D., Mateus, O., Silva, B.C., Santos, V.F. y Cobos, A. (2019). *Journal of African Earth Sciences*, 158, 103547. <https://doi.org/kf5b>
- Campos-Soto, S., Cobos, A., Caus, E., Benito, M.I., Fernández-Labrador, L., Suarez-Gonzalez, P., Quijada, I.E., Mas, R., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. (2017). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 485, 154-177. <https://doi.org/gcv2js>
- Campos-Soto, S., Benito, M.I., Cobos, A., Caus, E., Quijada, I. E., Suarez-Gonzalez, P., Mas, R. y Alcalá, L. (2019). *Journal of Iberian Geology*, 45, 471-510. <https://doi.org/kf5d>
- Castanera, D., Vila, B., Razzolini, N.L., Falkingham, P. L., Canudo, J. I., Manning, P. L., y Galobart, A. (2013). *PloS one*, 8(1), e54177. <https://doi.org/f439mg>
- Castanera, D., Silva, B.C., Santos, V.F., Malafaia, E., y Belvedere, M. (2020). *Acta Palaeontologica Polonica*, 65(2), 399-412. <https://doi.org/gp7jh>
- Cobos, A., (2011). *Los dinosaurios de Teruel como recurso para el desarrollo territorial*. Tesis doctoral, Univ. País Vasco (UPV/EHU), 584 p.
- Cobos, A., Royo-Torres, R., Luque, L., Alcalá, L., y Mampel, L. (2010). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293(1-2), 223-236. <https://doi.org/bgkbcn>
- Cobos, A., Lockley, M.G., Gascó, F., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. (2014). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 399, 31-41. <https://doi.org/kf49>
- Cobos, A., Alcalá, L., y Royo-Torres, R. (2020). *Geoheritage*, 12(3), 52. <https://doi.org/kf48>
- Díaz-Martínez, I., Pereda-Suberbiola, X., Pérez-Lorente, F., y Canudo, J.I. (2015). *PloS one*, 10(2), e0115477. <https://doi.org/gn9vj>
- Godoy, A., Ramírez, J.L., Olivé, A. y Moissenet, E. (1983). Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº590 (La Puebla de Valverde) y memoria. IGME, Madrid, 68p.
- Lockley, M.G. (2009). *Geological Quarterly*, 53, 415-432.
- Lockley, M.G., Gierliński, G.D. y Lucas, S.G. (2011). En: *Fossil Record 3: New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin*, 53, 330-336.
- Marty, D. (2008). *Sedimentology, taphonomy, and ichnology of Late Jurassic dinosaur tracks from the Jura carbonate platform (Chenevez-Combe Ronde tracksite, NW Switzerland): insights into the tidalflat palaeoenvironment and dinosaur diversity, locomotion, and palaeoecology*. *GeoFocus* 21:1-278
- Razzolini, N.L., Vila, B., Castanera, D., Falkingham, P.L., Barco, J.L., Canudo, J.I., Manning, P.L. y Galobart, A. (2014). *PloS one*, 9(4), e93708. <https://doi.org/jt5r>
- Thulborn, T., 1990. *Dinosaur tracks*. Chapman and Hall, London, 410 p.