

# Huellas de dinosaurios conservadas en materiales del cortejo transgresivo en cauces encajados. Jurásico superior y Cretácico inferior de Alpuente, Valencia

Dinosaur footprints preserved in the deposits of the trasgressive system tract inside incised valleys. Late Jurassic and early Cretaceous of Alpuente, Valencia.

C. de Santisteban <sup>(1)</sup>, B. Vila <sup>(2)</sup> y M. Suñer <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departament de Geologia. Universitat de València. Dr. Moliner 50. 46100 Burjassot (Valencia). Carlos.santisteban@uv.es

<sup>(2)</sup> Consorci Ruta Minera. Carretera de Ribes, 20, 08698, Cercs (Barcelona)

## ABSTRACT

The upper Jurassic and lower Cretaceous deposits of the Southwestern Iberian Basin at Alpuente (Valencia) contain abundant remains of dinosaurs, including several localities with footprints. In this area deltaic sediments deposited in fluvial, estuarine, beach and shallow-marine environments, controlled by eustatic sea-level changes outcrop extensively. In spite of the fluvial deposits dominance, most of dinosaur footprints sites found here are placed in beach sandstones. Beach sandstones were deposited in the basin during the low sea-level stand and transgressions. The study of four new ichnological sites shows that the footprints are preferently preserved in those beach deposits that built up the transgressive system tract, as the infill of incised valleys.

**Key words:** Dinosaur footprints, Late Jurassic, Early Cretaceous, Incised valley, Iberian Ranges, Valencia, Spain.

Geogaceta, 42 (2007), 79-82

ISSN: 0213683X

## Introducción

Los materiales del Jurásico Superior y Cretácico Inferior que afloran en la comarca de Los Serranos (provincia de Valencia) asignados a las formaciones Calizas, areniscas y arcillas de Villar del Arzobispo, Calizas de la Huérguina y Arenas y arcillas del Collado (Mas, 1981; Mas y Alonso, 1982; Vilas *et al.*, 1982; Santisteban, 1995; Casanovas – Cladellas *et al.*, 1999; Santisteban y Suñer, 2002), están formados por 560 metros de intercalaciones de arcillas rojas, areniscas blancas, margas grises y calizas bioclásticas. De éstos, los pertenecientes a la Formación Calizas, areniscas y arcillas de Villar del Arzobispo han sido interpretados, en base a las características que presentan en su sección tipo, como mareales (Mas *et al.* 1984). Por su parte, los de la Formación arenas y arcillas del Collado han sido atribuidos a medios de llanura aluvial *braided* y llanura deltaica fluvial (Mas 1981, Vilas *et al.*, 1982). En el sector de Alpuente (Valencia) los materiales de ambas formaciones presentan una semejante constitución de facies y un mismo modelo de organización secuencial, habiendo sido interpretados como depósitos formados en un delta dominado por procesos de oleaje (Santisteban, 2004).

En estos depósitos son frecuentes los restos de dinosaurios. Es un hecho común que los yacimientos de huellas de vertebrados

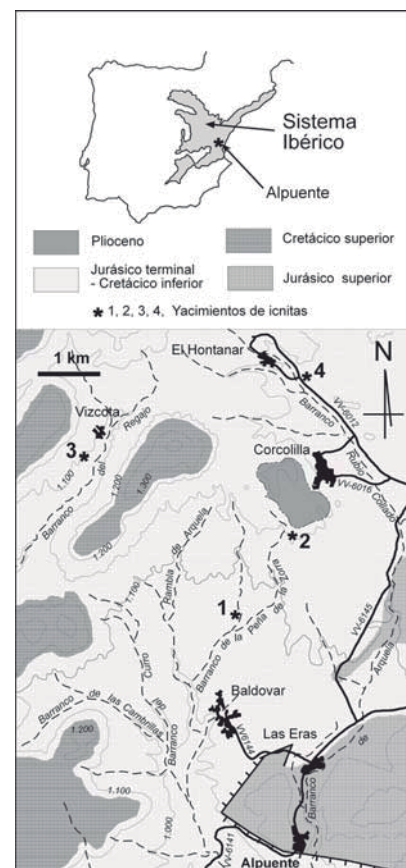
se hallen en depósitos continentales de ambientes fluviales, aluviales y lacustres (Hasiotis, 2002), pero en esta cuenca la mayor parte de huellas de dinosaurios se presentan en depósitos de areniscas blancas micáceas formados en ambientes de transición (playas, estuarios). Llama la atención que, en esta zona, los materiales de transición representan un 30% del volumen total, mientras que los correspondientes a la llanura de inundación superan ligeramente el 50%. El resto, entre un 10% y 20% son materiales que contienen fauna marina. A pesar de esta predominancia de depósitos fluviales, la mayor parte de las icnitas de vertebrados mesozoicos continentales de la zona se hallan en el techo de cuerpos de areniscas, emplazados en el interior de cauces encajados, y que forman parte del cortejo transgresivo de varias secuencias deposicionales.

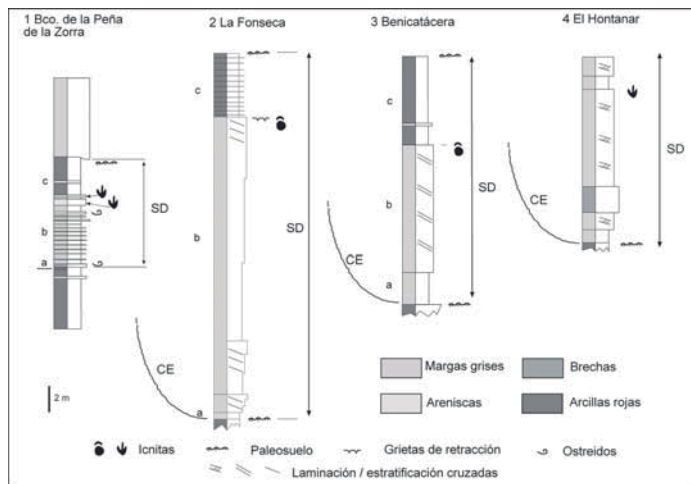
En el presente trabajo se describen cuatro nuevos yacimientos de icnitas de dinosaurios (Barranco de la Peña de la Zorra, La Fonseca, Benicatácer y El Hontanar,

**Fig. 1.- Mapa geológico del área estudiada y posición de los yacimientos. 1, Barranco de la Peña de la Zorra. 2, La Fonseca. 3 Benicatácer. 4, Hontanar.**

**Fig. 1.- Geological map of the studied area and geographical location of the dinosaur tracksites. 1, Barranco de la Peña de la Zorra. 2, La Fonseca. 3 Benicatácer. 4, Hontanar.**

nar, Fig. 1) y se analiza la correspondencia entre el registro paleoicnológico y estratigráfico.





**Fig. 2.- Columnas estratigráficas de los yacimientos de icnitas estudiados. SD, secuencia deposicional. CE, superficie erosiva de un cauce encajado.**

*Fig. 2.- Stratigraphical logs of the studies tracksites. SD, depositional sequence. CE, Erosion surface of an incised valley.*

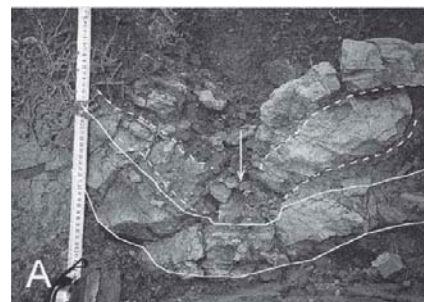
**Yacimiento del Barranco de la Peña de La Zorra**

El yacimiento del Barranco de la Peña de la Zorra, se halla en el paraje de la Pieza Ranga, en un camino de acceso a fincas agrícolas, en las proximidades del margen derecho del barranco de la Peña de la Zorra (Fig. 1). Sus coordenadas U.T.M. son: 30SXK68781969.

Las icnitas están situadas en dos capas distintas de areniscas grises, de grano medio grueso, de 45 cm y 18 cm de espesor respectivamente, separadas por un intervalo de 3 cm de margas grises-azuladas. Estas capas de areniscas se presentan en la parte media de una secuencia genética, limitada en la base y en el techo por superficies netas, y compuesta por tres términos (a, b y c, Fig. 2). La base es una superficie de erosión subaérea modificada por retrabajamiento marino, cubierta por una brecha de 5 cm de espesor, con intraclastos de carbonato, fragmentos de areniscas y ostreidos. Sobre ella se presenta el término «a» formado por un tramo de 315 cm de margas grises con intercalaciones de capas tabulares de areniscas de grano medio a grueso, localmente microconglomeráticas, de un espesor entre 10 y 15 cm. Se presentan bioturbadas y con-

tienen ostreidos. Sobre este tramo se halla el término «b» formado por las dos capas con las estructuras estudiadas. Sobre ellas se halla el término «c» consistente en un intervalo de 290 cm de arcillas rojas, conteniendo una intercalación de 10 cm de margas gris-azuladas.

En las dos capas del tramo «b» se han identificado hasta tres estructuras de deformación que atribuimos al paso de vertebrados terrestres (Fig. 3). Dos de ellas se encuentran en el nivel inferior, como depresiones observables en planta, mientras que la tercera se halla en el superior y es visible solo en sección. En las primeras no se ha podido definir un contorno claro ni distinguir marcas de dígitos pero destaca su carácter cóncavo (Fig. 3A). Sus longitudes son 54 cm y 70 cm respectivamente y están separadas por una distancia de 132 cm. La tercera estructura está definida por un evidente hundimiento cóncavo que afecta a dos niveles estratigráficos rompiendo de forma anómala y clara la estratificación de la capa (Fig. 3B). Así, las estructuras descritas pueden atribuirse a huellas de origen orgánico porque: (1) Son depresiones producidas antes de la litificación del sedimento, por empujes desarrollados de arriba a abajo, (2) han sido impresas en una superfi-



**Fig. 3.- Icnitas de dinosaurio en el yacimiento del Barranco de la Peña de la Zorra. A) icnita en sección mostrando la concavidad de una capa deformada. B) Vista en planta de una segunda icnita.**

*Fig. 3.- Dinosaur footprints at Barranco de la Peña de la Zorra tracksite. A) Vertical section showing a concave deformed bed. B) Plant view of a second icnita.*

cie expuesta subaéreamente y presentan un relleno de atenuación por los sedimentos suprayacentes, 3) poseen una forma subcircular en planta y cóncava en sección y 4) no se han hallado evidencias de ser estructuras físicas formadas por el impacto de objetos. Debido a sus dimensiones y edad de los materiales en los que se encuentran (Jurásico Superior) creemos que han podido ser producidas por el paso de dinosaurios. La atribución a un grupo concreto de dinosaurios resulta difícil debido al estado de conservación de las huellas.

**Yacimiento de La Fonseca**

El yacimiento de icnitas de La Fonseca se halla a 30 m de distancia del margen izquierdo del camino que desciende hacia el paraje de Tarmas, cerca del cruce de pistas que conducen a la Fuente de La Fonseca y a la aldea de Corcolilla. Sus coordenadas U.T.M son: 30SXK69532095 (Fig. 1).

Se presenta en un afloramiento de 25 m<sup>2</sup> en el techo de un potente nivel de areniscas blancas micáceas. Esta capa forma parte de una secuencia deposicional, limitada entre dos superficies de erosión, compuesta por tres términos (a, b y c; Fig. 2). El término inferior «a» consiste en 0'5 m de margas azuladas. El término «b» tiene un espesor de 22'7 metros y está formado por un cuerpo de areniscas de grano medio a grueso, en el que se pueden diferenciar tres secuencias grano-crecientes y estrato-crecientes hacia el techo. Las areniscas presentan, en su techo, galerías de bioturbación paralelas a la estratificación, moldes de grietas de retracción por desecación y huellas de vertebrados terrestres. El término «c» está formado por cinco metros de intercalaciones de capas decimétricas de arcillas rojas y areniscas. En su parte alta contiene un nivel de caliche, formado por nódulos alineados verticalmente que desarrollan una estructura prismática.

En el techo del término «b» se han identificado dos estructuras en forma de depresiones suaves, una subcircular y la otra ova-



**Fig. 4.- Supuesta huella circular en el yacimiento de La Fonseca. El protector del objetivo de la cámara tiene 4 cm de diámetro.**

*Fig. 4.- Alleged rounded footprint in La Fonseca tracksite. Camera cap is 4 cm wide.*



**Fig. 5.- Huellas de saurópodo superpuestas en el yacimiento de Benicatázara.**

*Fig. 5.- Overlaped Sauropod-like footprints at Benicatázara.*

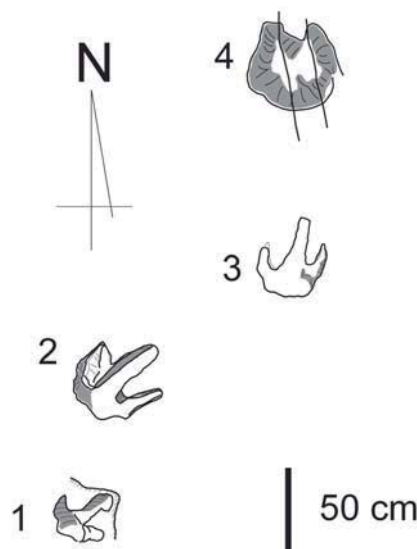
lada (Fig. 4). Ambas están separadas por una distancia de 2' 60 m en la dirección NW-SE y se superponen a galerías de bioturbación, algunas de ellas desarrolladas en el límite entre las areniscas y las arcillas rojas superiores. No presentan marcas de dedos y tienen una definición tan imprecisa que no nos permite atribuirles a ningún morfotipo concreto. La estructura subcircular presenta unas dimensiones de 64 cm de longitud y 60 cm de anchura (Fig. 4). Está delimitada por una corona de deformación de una amplitud horizontal variable entre 5 y 11 cm. Este burlete presenta una laminación fina imbricada hacia el centro de la estructura. En el interior de la huella hay una zona más deprimida ocupando la mitad nor-occidental, con una forma ovalada irregular. En esta zona, la profundidad máxima con respecto a la cresta del burlete es de 3 cm. La estructura ovalada es asimétrica. Consiste en una depresión suave con unas dimensiones de 62 cm de anchura y 30 de longitud, limitada solamente en su sector oeste por un burlete de 9 centímetros de amplitud. Parece que se trata de una marca similar a la anterior, conservada parcialmente. Por su posición en el techo de un nivel que presenta moldes de grietas de retracción y por su configuración, creemos que podría tratarse de estructuras producidas por el paso de dinosaurios y conservadas en la forma de subtrazas.

**Yacimiento de Benicatázara**

El yacimiento de Benicatázara se halla en el margen sud-oriental de la Loma del Higuero, 1 km al Sur de la aldea de Vizcota, y por encima de la pista que discurre paralela al Barranco del Regajo. Sus coordenadas U.T.M. son: 30SXX66232148 (Fig. 1).

Se encuentran sobre una superficie expuesta de areniscas blancas de 70 m<sup>2</sup> de extensión. Estas areniscas forman parte de una secuencia deposicional, limitada por superficies de erosión, y formada, desde la base hacia el techo por tres términos (Fig. 2): a) 2'5 m de margas y lutitas grises, b) 10 m de areniscas blancas de grano medio a grueso,

y c) 7 m de arcillas rojas. Este yacimiento es el más alto estratigráficamente del Cretácico Inferior de los descritos hasta el momento en la zona. La superficie sobre la que se presentan las huellas forma el techo de un cuerpo de areniscas, con grietas de retracción y de configuración plana a gran escala, el cual se extiende lateralmente a lo largo de 1 km. Las huellas consisten en tres depresiones delimitadas por burletes, parcialmente solapadas. Se hallan alineadas según la dirección N146°E y dos de ellas se encuentran completas con un perfil circular u ovalado; mientras que la tercera se ha preservado incompleta, mostrando solo parte del perfil circular (Fig. 5). La huella de mayor tamaño tiene una forma ovalada. La longitud externa de su eje mayor es de 90 cm y la anchura perpendicular es de 105 cm. Internamente los ejes mayor y menor de la icnita presentan una longitud de 65 cm y 55 cm, respectivamente. Presenta un burlete completo de una amplitud variable que alcanza un máximo de 30 cm. Este tiene una altura sobre el fondo de la huella de 10 cm. En sección es asimétrico, con un lado corto y pendiente hacia el interior y otro largo y con pendiente suave hacia el exterior. Sobre esta huella está superpuesta una estructura deprimida subcircular de 60 cm de largo y 75 cm de ancho, de dimensiones externas, y 50 de largo y 45 de ancho internas. También presenta un burlete asimétrico, parcialmente compartido con la icnita anteriormente descrita. La altura de la cresta es de 4 cm. La tercera huella es incompleta y se solapa a las anteriores. Se puede identificar por la presencia de un burlete asimétrico en forma de arco de óvalo, de unas dimensiones semejantes a las de la primera huella descrita.



**Fig. 6.- Cartografía de las huellas tridáctilas de El Hontanar.**

*Fig. 6.- Thydactyl dinosaur track at El Hontanar.*



**Fig. 7.- Foto del molde n° 2 del rastro de El Hontanar. Nótese la impresión de estrías de marcas de piel en el dedo central.**

*Fig. 7.- Photo of footprint cast n° 2 of El Hontanar tracksite. Note skin stretch marks in the central toe.*

Aunque estas estructuras no presentan marcas de dedos y tampoco una regularidad espacial que permita definir un patrón claro de rastro, creemos que se trata de huellas de dinosaurios por las siguientes razones: a) Son estructuras desarrolladas por compresión vertical de arriba abajo, lo cual ha dado lugar a coronas de deformación por fluidificación del sedimento, por lo que b) se trata de estructuras postdeposicionales y anteriores a la litificación de la superficie arenosa en la que se hallan, y c) se presentan en el techo de una capa de areniscas que muestra estructuras de exposición subaérea como son los moldes de grietas de retracción.

La morfología (depresiones subcirculares y profundas) y dimensiones, así como la configuración de estructuras asociadas (burletes pronunciados) sugieren que podría tratarse de huellas producidas por autópodos de vertebrados de gran tamaño, probablemente dinosaurios saurópodos

**Yacimiento de El Hontanar**

El yacimiento de El Hontanar se halla en las proximidades de la carretera VV-6012, cerca de la desviación a la aldea de El Hontanar. Sus coordenadas U.T.M. son: 30SXX 6978 2345 (Fig. 1).

Se presenta en el techo de un nivel de areniscas de 7'5 m de espesor, que forma parte de una secuencia detrítica solapante sobre una superficie de erosión, con un marcado paleorrelieve, desarrollada sobre arcillas rojas. Sobre este nivel está dispuesta una capa de 1 m de espesor, de lutitas grises ricas en materia orgánica, conteniendo crecimientos secundarios de yeso y costras de óxidos de hierro (Fig. 2).

La superficie que contiene las icnitas tiene una extensión de 16 m<sup>2</sup>. El techo de este estrato tiene una configuración ondulada a pequeña escala, debido a la presencia de ripples lingüoides con laminación cruzada en sentido NO. Sobresaliendo de esta superficie



se hallan cuatro epirrelieves convexos en areniscas, formando aparentemente un rastro (Figura 6). Tres de estos moldes (icnitas «1», «2» y «3», Fig. 6) corresponden a huellas tri-dáctilas con configuración mesaxónica. Las icnitas poseen dedos anchos, con terminaciones romas y ausencia de marcas de uñas. El dedo central suele estar ligeramente curvado hacia el centro del rastro. Presenta un talón redondeado con una escotadura medial en el molde de la huella mejor conservada. Los ángulos interdigitales varían entre 15° y 65°. Tienen una longitud máxima de 50 cm y una anchura de 40 cm con una relación L/A (longitud / anchura) ligeramente superior a 1. Su altura sobre la superficie de la capa es de 8 cm (Fig. 7). El cuarto molde (icnita «4», Fig. 6) presenta una forma redondeada con dos terminaciones alargadas en el extremo distal, con la apariencia de dedos, pero delimitadas interiormente por dos pequeñas fracturas. Esta estructura está parcialmente erosionada y no tiene la apariencia del resto de moldes, pero ocupa la posición de una huella del aparente rastro. Las icnitas, 2, 3 y 4 forman parte de un mismo rastro, con una longitud total de 3'4 m. La zancada es de 2'87 m y el paso de 1'75 m. El ángulo de paso es de 138° y el de rotación de 14° hacia el interior, indicando un andar zambó. La anchura interna del rastro es de 43 cm y la externa de 68 cm. La relación zancada / altura de la extremidad es 1'16, por lo que el modo de desplazamiento es el paso. La velocidad de marcha calculada, según la fórmula de Alexander (1976) es de 5'65 km/h. La huella «a» no presenta valores de paso, zancada y ángulo de rotación congruentes con el resto del rastro, por lo que o bien no pertenece al mismo o implica un cambio en los parámetros de desplazamiento.

Los relieves positivos presentan marcas de estrías oblicuas por fricción de la piel del pie en el sedimento durante la impresión de las huellas (Fig. 7). Su modo de preservación como molde del pie, es poco común en el registro paleoicnológico ibérico, y similar al del tramo CLS.F,1 a CLS.F,6 del yacimiento de Costalomo (Torcida *et al.*, 2006). En cuanto a las huellas identificadas en el yacimiento de El Hontanar, las características mencionadas nos permiten asociarlas únicamente a dos grupos de dinosaurios terópodos de talla grande, a los ceratosaurios o a los carnosaurios, presentes ambos ya en el Jurásico Superior.

## Discusión y conclusiones

Tres de los cuatro yacimientos descritos contienen estructuras que han sido interpretadas como huellas basándose en criterios sedimentológicos y atribuidos a dinosaurios en base a criterios de correlación fenética (ej. dimensiones, morfología y es-

estructuras asociadas) y correlación por coincidencia (ej. contexto estratigráfico y composición faunística de la zona). En la cuarta localidad, yacimiento de El Hontanar, se han usado también los métodos de correlación fenética y correlación por coincidencia, pero la evidente morfología de las huellas no ha hecho necesario el uso de criterios sedimentológicos.

En los depósitos en los que se hallan las cuatro localidades con huellas se ha descrito una organización estratégica en secuencias deposicionales resultado del desarrollo de cauces encajados durante un descenso eustático (Santisteban y Esperante 2005). Es común, en la zona, que en los materiales de areniscas de secuencias, se presenten restos de dinosaurios, tanto restos esqueléticos de grandes saurópodos (Casanovas - Cladellas *et al.* 1993; 1995a, b; 2001; Suñer *et al.*, 2005) y tireóforos (Casanovas - Cladellas, 1995a, b), como huellas. En las localidades aquí descritas las huellas han sido preservadas en depósitos formados durante episodios transgresivos y en tres de ellos (Benicatá-cera, La Fonseca y El Hontanar) las huellas se presentan en el techo de cuerpos de areniscas que constituyen el relleno de cauces encajados (Fig. 2). La mayor abundancia de huellas en estos cuerpos de arenisca, formados durante el desarrollo del cortejo transgresivo de las secuencias deposicionales es una cuestión más de preservación condicionada por la naturaleza del registro estratigráfico, que atribuible a factores paleobiológicos. Una posible explicación está en que en una dinámica sedimentaria regulada por variaciones eustáticas; durante la regresión que condiciona el encajamiento de los cauces fluviales se produce la progresiva erosión de los depósitos de transición y parte de la llanura deltáica, y por lo tanto la pérdida de posibles icnitas. La situación transgresiva posterior implica un mayor potencial de preservación, preferentemente en el interior de los cauces encajados (Santisteban, 2005). Esta circunstancia evidencia que los sesgos del registro paleoicnológico están condicionados, además de por otras causas de tipo paleoecológico, paleobiológico o taxonómico, por la dinámica de formación del registro estratigráfico, y que factores como el tipo de cortejo sedimentario, la cadencia eustática y la velocidad de transgresión o regresión deben ser tenidos también en cuenta.

## Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos del Ministerio de Ciencia y Tecnología, referencias: BTE2001-0185-C02-02 y CGL 2005-07878-C02-02/BTE. Agradecemos a Juan Pablo Albir, el poner en nuestro conoci-

miento el yacimiento de El Hontanar, hallado por Generoso Albir Peñalver.

## Referencias

- Alexander, R. McN. (1976). *Nature*, 261. 129-130.
- Casanovas-Cladellas, M. L., Santafé-Llopis, J. V. y Santisteban-Bové, C. (1993). *Revue de Paléobiologie*, Vol. esp., 7, 37-44.
- Casanovas-Cladellas, M. L., Santafé-Llopis, J. V., Pereda-Suberbiola, X. y Santisteban-Bové, C. (1995 a). *Revista Española de Paleontología*, 10, 83-89.
- Casanovas-Cladellas, M. L., Santafé-Llopis, J. V. y Santisteban-Bové, C. (1995 b). *Revista Española de Paleontología*, 10, 273-283.
- Casanovas-Cladellas, M. L., Santafé-Llopis, J. V., de Santisteban-Bové, C. y Pereda-Suberbiola, X. (1999). *Revista Española de Paleontología*, N extr. Homenaje al Prof. J. Truyols, 57-63.
- Casanovas, M. L., Santafé, J. V. y Sanz, J. L. (2001). *Paleontologia i Evolució*, 32-33, 99-122.
- Hasiotis, S. T. (2002). *Continental trace fossils*. SEPM Short Course. 51, 1-52.
- Mas, R. (1981). *El Cretácico inferior de la región Noroccidental de la provincia de Valencia*. Seminarios de Estratigrafía de Madrid. 8, 476 pp.
- Mas, R. y Alonso, A. (1982). En: *II Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico de España*. Albacete, 103-117.
- Mas, R., Alonso, A., y Meléndez, N. (1984). *Publicaciones de Geología*, 20, Univ. Autónoma de Barcelona, 175-188.
- Santisteban, C. (1995). *Geogaceta*, 17, 16-18.
- Santisteban, C. y Suñer, M. (2002). *Geogaceta*, 32, 225-228.
- Santisteban, C. (2004). *Geogaceta*, 35, 15-18.
- Santisteban, C. (2005). En: *International symposium on dinosaurs and other vertebrates palaeoichnology*. Cercs, Barcelona, 30-31.
- Suñer, M., Santisteban, C. y Galobart, À. (2005). *Revista Española de Paleontología*, N° extr. X, 93-99.
- Vilas, L., Mas, J. R., García, A., Arias, C., Alonso, A., Meléndez, N. y Rincón, R. (1982). En: *El Cretácico de España*. Univ. Complutense de Madrid, 457-513
- Torcida Fernandez Baldor, F., Izquierdo Montero, L. A., Huerta, P., Montero Huerta, D., Perez Martínez, G. y Urién Montero, V. (2006). *Actas de las III Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su entorno*. Salas de los Infantes (Burgos), 313-347.