

Generación de estructuras de carga y pseudonódulos asociados a la impresión de icnitas de grandes vertebrados continentales, posiblemente de dinosaurios, en el Jurásico superior y Cretácico inferior de Alpuente (Valencia)

Load structures and pseudonodules generation associated to vertebrate mesozoic icnites, probably dinosaurs, in the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of Alpuente (Valencia)

C. de Santisteban y M. Suñer

Departament de Geologia. Universitat de València Dr. Moliner, 50. 46100 - BURJASSOT (València) carlos.santisteban@uv.es / dinoxiqueta@hotmail.com

ABSTRACT

Some sinsedimentary cylindrical structures, in vertical position, are present in fluvial and beach deposits (Late Jurassic and early Cretaceous) wich outcrop in the Rambla de la Arquela, Alpuente (Valencia). These structures are the result of plastic deformation and, eventually, of the downward fluidification and injection of sand. Field evidences suggest that were produced because localized vertical load on the surface of unconsolidated sands and clays, and can be related to icnites of mesozoic terrestrial vertebrates, probably dinosaurs.

Key words: Mesozoic vertebrate footprints, Dinosaurs, Jurassic-Cretaceous boundary, Iberian range, Valencia

*Geogaceta, 32 (2002), 231-234
ISSN:0213683X*

Introducción

La preservación de icnitas, preferentemente de grandes vertebrados terrestres, se ve incrementada con la generación de subimpresiones, por la transmisión de la carga producida por el organismo a las capas inferiores, y por la formación de un relleno sedimentario, a veces en varias capas, que se acomoda a la configuración original de la huella -sobreimpresiones- (Langston, 1979; Moratalla y *et al.*, 1997).

La transmisión vertical de la presión ejercida por el organismo productor sobre el conjunto de las capas inferiores produce una columna de deformación, cuya morfología y dimensiones depende tanto de la cantidad de carga y de cómo ésta es distribuida, como del comportamiento del substrato. Las huellas suelen imprimirse en sedimentos blandos con cierto grado de cohesividad, siendo la compactación del sedimento, por la presión ejercida a través de la extremidad del organismo, un factor importante en su

conservación, incluso en casos de inversión del relieve por erosión penecontemporánea (Barnes y Lockley, 1994).

En los depósitos del tránsito Jurásico - Cretácico, que afloran en la Rambla de la Arquela (Alpuente, Valencia) se puede reconocer, en sección vertical, un conjunto de icnitas de grandes vertebrados terrestres, posiblemente dinosaurios, con una profunda columna de deformación asociada y rellenos de acomodación. En este caso, el alto contenido en agua del sedimento ha permitido la fluidificación local del material del substrato y la formación de estructuras de carga, pseudonódulos e inyecciones sedimentarias de arenisca.

Situación geológica y geográfica

El conjunto de icnitas de la Rambla de la Arquela, se halla en el término municipal de Alpuente, provincia de Valencia (coordenadas U.T.M. del punto medio: 30SXX67801950). Se encuentra repartido a lo largo del cauce de la rambla,

en tres agrupaciones. Tomando como referencia el sentido descendente, a favor del discurrir de las aguas, la primera agrupación, con seis icnitas, la encontramos en el centro del cauce de la rambla, sobre un banco de calizas arenosas que aflora transversalmente. La segunda agrupación, formada por siete impresiones, se halla a una distancia de 25 metros de la primera, en el talud vertical del margen izquierdo. La tercera consta de solamente dos icnitas, enplazadas a unos 3 metros de altura en el margen derecho, a una distancia de 60 metros de la anterior.

Geológicamente las tres localidades se presentan en el límite continental / marino de dos conjuntos litológicos de los depósitos del tránsito Jurásico superior - Cretácico inferior de la Cuenca Ibérica Suroccidental, en la comarca de Los Serranos (Valencia). Estratigráficamente esta posición es también el límite entre las unidades informales B y C descritas por Santisteban (1995) (Fig. 1). La presencia de dinosaurios estegosaurios, atribuibles al Jurásico superior, en la uni-

UNIDADES INFORMALES (SANTISTEBAN, 1995)	UNIDADES FORMALES (VILLAS Y OTROSO 1992)	FACIES	SERIE
E	Fm. Calizas, margas y areniscas de Sácara + Fm. Arenas y arcillas del Bungal	UTRILLAS	CRETÁCICO
D			
C	Fm. Arenas y arcillas del Collado Fm. Calizas de la Huérguina	WEALD	INFERIOR
B	Fm. Calizas areniscas y arcillas de Villar del Arzobispo	PURBECK	SUPERIOR
A			JURÁSICO

Posición de las icnitas de la Cuenca Ibérica Suroccidental. 1 Santisteban y otros (en prensa), 2 y 3 según el presente trabajo.

Fig. 1.- Posición estratigráfica de los yacimientos de icnitas conocidos del entorno de Alpuente.

Fig. 1.- Stratigraphic emplacement of the icnites sites in the surroundings of the Alpuente.

dad B (Casanovas-Cladellas *et al.* 1995, 1999, 2001), nos permite considerar a ésta como perteneciente a la Formación Calizas, areniscas y arcillas de Villar del Arzobispo; mientras que, al menos, la parte basal de la unidad C puede ser asignada al Cretácico inferior (facies Weald) en sus Formaciones Arenas y arcillas del Collado y Calizas de la Huérguina (Fig. 1)

Estratigrafía

La parte inferior de la unidad C, es un tramo plurilitológico de depósitos marinos someros, de espesor variable entre 1 m y 17 metros. Lateralmente presenta notables diferencias de potencia, dando la impresión de tener una cierta discontinuidad cartográfica. Está formada por calizas con ostreidos, calizas nodulosas bioturbadas, areniscas blancas micáceas, arcillas rojas y margas verdes, todas ellas sedimentadas en un contexto de transición marino - continental. Este tramo de depósitos puede presentarse conteniendo solamente dos de las litologías (margas verdes y calizas arenosas) o con las cinco, intercalándose entre sí en una misma sección local.

La base de este tramo es expansiva sobre los depósitos continentales de la Formación Calizas, areniscas y arcillas de Villar del Arzobispo. Está representada

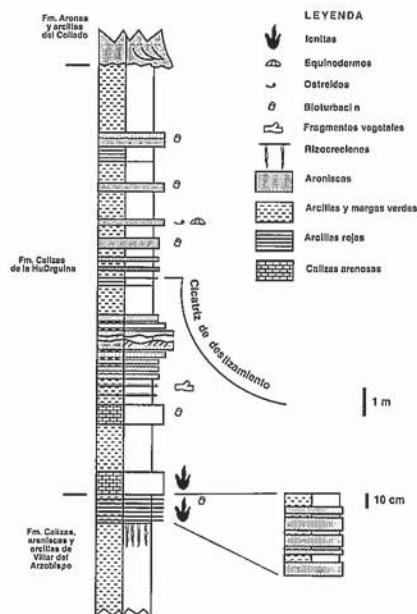


Fig. 2.- Columna estratigráfica de los depósitos de transición de la Rambla de la Arquela.

Fig. 2.- Stratigraphic log of the nearshore and deltaic deposits of the Rambla de la Arquela.

por dos niveles de calizas arenosas, con aspecto noduloso, intensamente bioturbadas (Fig. 2). Localmente estas calizas arenosas contienen tan alta proporción de granos de cuarzo que puede considerarse

que llegan a ser areniscas con matriz micrítica. El inferior de ellos, además de presentar una estratificación cruzada planar, contiene icnitas de grandes vertebrados continentales mesozoicos. Se halla dispuesto sobre 60 cm de intercalaciones de capas tabulares de areniscas y arcillas rojas que presentan relaciones laterales con canales de areniscas arcósicas blancas. Estas intercalaciones de areniscas y arcillas rojas, que interpretamos como depósitos de llanura de inundación fluvial, también presentan icnitas del mismo tipo que las de la capa inferior de calizas arenosas.

El resto del intervalo marino de la unidad C está formado, al menos, por cuatro secuencias transgresivo-regresivas granocrecientes y estratocrecientes hacia el techo, formadas por intercalaciones de margas y areniscas. Las areniscas poseen laminación cruzada planar tipo duna, están localmente bioturbadas y contienen ostreidos y radiolas de equinodermos retrabajados. La continuidad de la secuencia más inferior, de cuatro metros de espesor, se halla lateralmente interrumpida por una cicatriz de deslizamiento subacuático, atenuada por areniscas y margas verdes, con estructura caótica, conteniendo grandes fragmentos de materia vegetal lignificada. Por sus características, deducimos que estos depósitos han sido formados como lóbulos de frente deltaico, en un contexto regresivo.

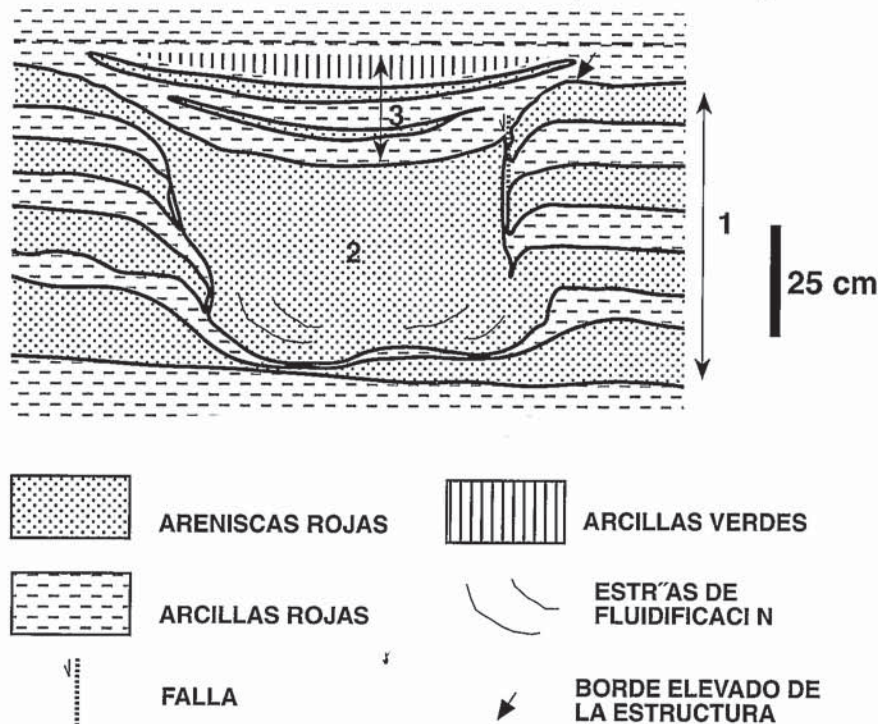


Fig. 3.- Esquema de las estructuras de deformación en sección vertical. (explicación en el texto).

Fig. 3.- Vertical section of the load structures: 1) deformed thin beds, 2) massive sands with load casts or pseudonodules, 3) accommodation infilling.



Fig. 4.- Estructura de deformación cilíndrica: 1) capas deformadas. 2) areniscas masivas y 3) relleno.

Fig. 4.- Cylindric load structure: 1) deformed thin beds. 2) massive sandstones. 3) accommodation infilling.

Descripción de las icnitas

Las estructuras, que identificamos como icnitas y que describimos en el presente trabajo, son las de la primera y segunda agrupación de la Rambla de la Arquela. Las mejor preservadas se hallan localizadas en el talud vertical del margen izquierdo del barranco, a lo largo de cinco metros de afloramiento. Estas icnitas afectan a un conjunto tableado de capas de areniscas y arcillas rojas, con un espesor de 60 cm, aunque no todas ellas se hallan impresas a partir del mismo nivel. La mayor parte se pueden observar bidimensionalmente, en sección vertical, como estructuras de deformación de las capas desarrolladas de arriba a abajo. Solo tres de ellas, en la primera agrupación de icnitas, se hallan expuestas también en planta, por lo que tridimensionalmente poseen una estructura cilíndrica. Creemos que estas estructuras se corresponden con depresiones originadas sin-sedimentariamente, en base a la existencia de una deformación plástica de las capas de arenisca que ha sido fosilizada, por un relleno de atenuación con materiales de la misma facies.

Morfológicamente pueden diferenciarse dos tipos de impresiones (a y b). Un primer tipo (a) consiste en suaves depresiones en la forma de un tenue hundimiento de las capas, que adquieren una configuración cóncava, con unas dimensiones de entre 52 y 60 cm de amplitud y 10 cm de profundidad máxima. El segun-

do tipo (b) (figuras 3 y 4) consiste en deformaciones cilíndricas subverticales o troncocónicas, de 50 cm de profundidad y de 30 a 45 cm de amplitud. En la configuración del tipo b se pueden reconocer tres partes (1, 2 y 3; figuras, 3, 4 y 5). La parte 1 está formada por un conjunto de capas, que contienen las huellas, y que han sido deformadas plásticamente. Pre-

sentan pliegues de arrastre con curvatura en el borde de la depresión hacia el interior de la misma. Generalmente estas capas aparecen adelgazadas, en ocasiones con disposición subvertical, e incluso fracturadas. La capa superior de todas las deformadas puede presentar, en el borde del pliegue, una ondulación elevada, que tridimensionalmente debió adoptar una disposición anular.

La parte 2 está constituida por areniscas masivas que ocupan el sector central de la estructura de deformación de la parte 1. Posee una forma cilíndrica de base redondeada con una amplitud de 25 a 35 cm y un espesor máximo de 22 cm. Las areniscas masivas son del mismo tipo que las que forman el sedimento encajante. En su parte inferior suelen presentar lóbulos, pseudonódulos o expansiones laterales que penetran por debajo de las capas inferiores en la forma de inyecciones en flama. Su superficie externa puede estar estriada. Todo ello es indicativo del desarrollo de un flujo plástico o de un fenómeno de fluidificación del sedimento en condiciones de confinamiento en un medio sin consolidar. La parte 3 consiste en un conjunto de capas lenticulares cóncavas de arcillas y areniscas, que se adaptan al relleno, en disposición solapante expansiva y formado un conjunto de atenuación, de una depresión preexistente. Las últimas capas, normalmente arcillas verdes, son indicativas del desarrollo de condiciones diagenéticas reductoras, proba-



Fig. 5.- Estructura de carga asociada a una icnita: 1) capas deformadas, 2) Areniscas masivas con pseudonódulos e inyecciones en la base, y 3) relleno de acomodación.

Fig. 5.- Load structure associated to an icnite: 1) deformed thin layers., 2) massive sandstones with pseudonodules and sand injections at the base, 3) accommodation infilling.

blemente debido a la presencia de un cuerpo estacionario de agua emplazado en el hueco dejado por el último resto de la depresión.

Consideraciones

Este tipo de estructuras se produjeron, por deformación puntual sinsedimentaria, en condiciones de exposición subaérea en depósitos fluviales de llanura de inundación. Su desarrollo implica la deformación plástica de parte del sedimento afectado y la fluidificación del resto para inyectarse en niveles cada vez más inferiores, dando lugar a pseudonódulos lobulados. Esta deformación afectó solamente al primer metro de profundidad de un conjunto de capas de arena y arcilla que estaban aún sin consolidar. El desplazamiento de la arena inyectada implica una carga vertical ejercida, de arriba a abajo, sobre un área localizada de contorno circular u ovalado. La depresión superficial formada por la deformación del sedimento, se convirtió en una pequeña área deposicional encharcada.

Por todo ello, creemos que se trata de impresiones del paso de uno o más vertebrados terrestre de gran tamaño. Estas deformaciones son asimilables a algunas desarrolladas por el paso de grandes vertebrados sobre sedimentos no consolidados actuales (Laporte y Behrensmeyer, 1980). Huellas con estructura similar a las de la Rambla de la Arquela, han sido figuradas por Lires (2000, Lámina 2, B) y

Paik *et al.* (2001) quienes las atribuyen al paso de dinosaurios cuadrúpedos. Restos de grandes dinosaurios cuadrúpedos han sido hallados, en niveles estratigráficamente equivalentes, en el sector de Alpuente (Casanovas-Cladellas *et al.* 1995, 1999). La preservación de este tipo de icnitas ha sido atribuída básicamente a dos causas: a la compactación del sedimento pisado o al relleno de la huella (Barnes y Lockley, 1994; Paik *et al.* 2001). En nuestro caso, ámbos son consecutivos, existiendo primero un sedimento que es deformado, deprimido y compactado, realizándose la impresión de la huella tipo (a) en relación con la tipo (b), para posteriormente formarse un relleno de acomodación.

Conclusiones

Los materiales continentales y de transición de la Rambla de la Arquela, Alpuente (Valencia), presentan varias agrupaciones de estructuras de deformación sinsedimentaria («load cast», pseudonódulos, inyecciones), producidas por carga sobre una superficie expuesta subaéreamente. Estas estructuras probablemente fueron originadas por el paso de grandes vertebrados mesozoicos (dinosaurios?) sobre un sedimento todavía sin consolidar.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto BTE2001-

0185-C02-02 del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Referencias

Barnes F. A. y Lockley, M. G. (1994): *Gaia*. 10, 37-41.
 Casanovas-Cladellas, M. L.; Santafé-Llopis, J. V.; Pereda-Suberbiola, X. y de Santisteban-Bové, C. (1995): *Rev. Esp. Paleont.* 10, 83-89
 Casanovas-Cladellas, M. L.; Santafé-Llopis, J. V.; de Santisteban-Bové, C. y Pereda-Suberbiola, X.(1999): *Rev. Esp. Paleont.* N: 57-63.
 Casanovas-Cladellas, M. L.; Santafé-Llopis, J. V. y Sanz, J. L. (2001): *Paleontot Evol.* 32-33, 99-122.
 Langston, W. (1975): Field Trip Guide. 12 *th Ann. Meet. Am. Ass. Strat. Palyn.* Dallas, 39-61.
 Laporte, L. F. and Behrensmeyer, A. K. (1980): *Jour. Sed Petrol.* 50 (4),1337-1346.
 Lires, J. F. (2000): Inédito. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.
 Moratalla, J. J.; Sanz, J. L. y Jiménez, S. (1997): *Rev. Esp. Paleont.* 12,185-196.
 Paik, I. S.; Kim, H. J. and Lee, J. I. (2001): *Cretaceous Research.* 22,79-92.
 Santisteban, C. (1995): *Geogaceta.* 17,16-18.
 Santisteban, C; Galobart, A; Gaete, R.; y Company, J. (2001): *Geogaceta.*
 Vilas, L. y otros (1982) El Cretácico de España. Univ. Complutense. 457-513.