

COMPORTAMIENTO GREGARIO APARENTE DE DINOSAURIOS CONDICIONADO POR UNA DEFORMACION SINSEDIMENTARIA. (IGEA, LA RIOJA. ESPAÑA)

A. Meléndez * y F. Pérez-Lorente **

RESUMEN

Durante la etapa de sedimentación que produjo las rocas que afloran en el yacimiento de la Era del Peladillo, hubo momentos de inestabilidad tectónica que deformaron capas de materiales todavía no enterrados. La deformación borró algunas estructuras anteriores (icnitas) y creó otras nuevas (escalones, nodos, etc.) y permitió que se formaran charcas alargadas en las que un grupo de dinosaurios terópodos pequeños dejaron sus huellas. Existen en el afloramiento suficientes criterios para postular una secuencia de acontecimientos que permiten establecer el ambiente sedimentario, la sucesión de paso de grupos de dinosaurios, la edad relativa de la deformación sinsedimentaria, el establecimiento de una pequeña barrera natural y el comportamiento gregario de los vertebrados que dejaron aquí sus pisadas.

Palabras clave: *Cuenca de Cameros, deformación sinsedimentaria, dinosaurios, gregarismo, pisadas.*

ABSTRACT

During the sedimentation of the «Era del Peladillo» strata, there are some movements of tectonic instability that produced their deformation. Deformation rubbed former structures (prints), created new others (steps, nodes, etc.) and allowed long ponds to form. In these ponds a group of small teropodes dinosaurs left their prints. There are criteria enough in the outcrop to state a sequence of events. These events will allow to establish the sedimentation environment, the step sequence sucession of some dinosaurs groups, the relative age of the sedimentary deformation, the appearance of a structural barrier and the gregarious behaviour of these vertebrates.

Key words: *Cameros basin, sinsedimentary deformation, dinosaurs, gregarism, footprints.*

Introducción

El yacimiento de pisadas de dinosaurios de la Era del Peladillo (Igea) es uno de los de mayor extensión de La Rioja. Ocupa un área de unos 2.100 m². El lugar se encuentra en La Rioja (España) en la hoja n.º 281 «Cervera del Río Alhama», del Mapa Topográfico Nacional de escala 1:50.000. Las coordenadas UTM del yacimiento son 30TWM793596.

El estudio de las huellas y de las condiciones de afloramiento, así como su agrupación en pasillos, algunos muy estrechos, permiten establecer hipótesis tanto en relación a las condiciones medioambientales como al comportamiento de los dinosaurios.

En este trabajo se analizan las causas que condicionaron la distribución restringida y localizada de un grupo de huellas de dinosaurios terópodos pequeños y que corresponden a las rastrilladas y grupos 10 al 18 de Casanovas *et al.* (1995), clasificadas dentro del icnogrupo Coelurosauria de Thulborn (1990).

Las huellas se distribuyen en el afloramiento de forma selectiva, separadas por dos estructuras subparalelas, subrectilíneas en superficie, que asemejan un pasillo estrecho. Entre las dos alineaciones, separadas unos 6-7 m, se concentran las pisadas de coelurosaurios, en rastros paralelos a las estructuras. A ambos lados, se distribuyen desordenadamente

* Departamento Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. Plaza de San Francisco, s/n. 50009 Zaragoza.

** Departamento Ciencias de la Naturaleza. Instituto de Estudios Riojanos. Muro de la Mata, 8. 26071 Logroño.

huellas de saurópodos y de terópodos más grandes, algunas de las cuales se encuentran cortadas por las estructuras mencionadas.

Las dos alineaciones, que configuran un pasillo delimitado, son estructuras de deformación que no afectan al estrato superior al que contiene las huellas. Parece que están generadas por deslizamiento lateral del estrato con hundimiento relativo de una franja alargada (fig. 3).

La zona hundida podría quedar parcial y temporalmente inundada, limitada por escalones de 50-60 cm aproximadamente. Este hecho facilitaría que quedarán impresas las pisadas de dinosaurios pequeños ya que les sería más fácil andar paralelamente a la pequeña barrera formada durante el deslizamiento. Los pasillos se encuentran actualmente rellenos por una capa lenticular, también de caliza, que se engrasa con la parte superior, no hundida.

Sobre este yacimiento se han publicado varios trabajos (Casanovas *et al.*, 1993a, 1993b, 1994, 1995) y existen otros en vías de realización. De estos últimos hay que destacar los que estudian las pisadas encontradas en las últimas excavaciones (verano de 1994 y 1995) y los que pretenden encontrar las relaciones entre ciertos dinosaurios, su comportamiento y sus preferencias de hábitat.

Desde el punto de vista geológico las huellas se localizan sobre rocas que pertenecen a la zona C de Sánchez Lozano (1894) y que posteriormente Tischer (1966) denominó Grupo de Enciso. En el Mapa Geológico Nacional de escala 1:50.000 se incluyen en un conjunto definido como «Alternancias samítico-pelíticas con calizas y margas intercaladas» (Durantez *et al.*, 1982). En ese mismo año, Salomon (1982) definió una serie de ciclos sedimentarios controlados por la tectónica; según su clasificación se incluirían estas capas en el Ciclo IIIB. La edad de este afloramiento es Cretácico inferior, probablemente Aptiense (Alonso *et al.*, 1993).

En los trabajos publicados sobre este yacimiento se han descrito 1.027 pisadas. De éstas se han separado varias asociaciones de huellas y rastros producidos por dinosaurios que andaban en grupos (Casanovas *et al.*, 1993a, 1993b, 1993c, 1995). Concretamente se han citado: una manada de ornitópodos; una manada de saurópodos y, varios grupos de terópodos.

También se ha definido aquí un icnogénero nuevo de pisadas *Hadrosaurichnoides igeensis* Casanovas *et al.* (1993b) y se ha estudiado una pista de huellas plantigradas de dinosaurio (Pérez-Lorente, 1994).

Estratigrafía y sedimentología

Las huellas se impresionan en la superficie de estratificación de unas calizas que son negras en

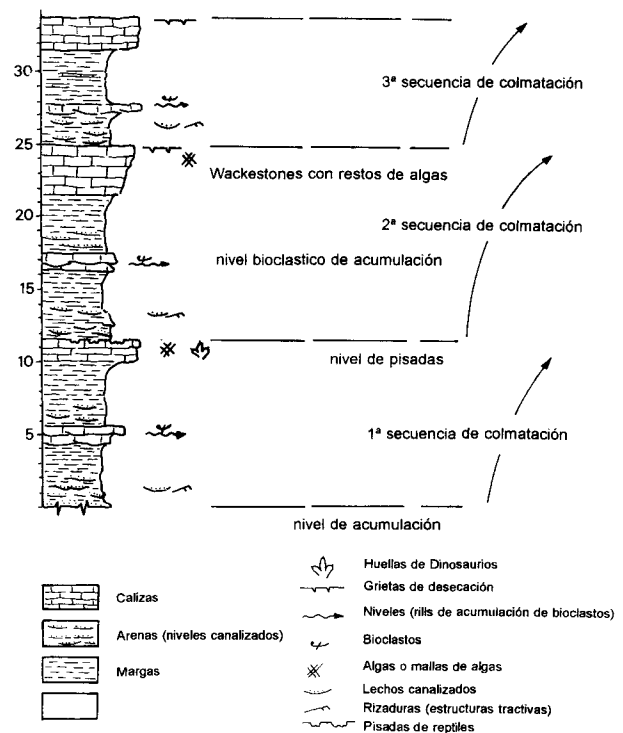


Fig. 1.—Secuencias sedimentarias y localización del nivel de pisadas.

corte fresco y de tonos amarillos en superficie, con abundante materia orgánica, fétidas, de grano fino y con restos de algas. En general se trata de wackestones.

Las calizas constituyen la parte superior de una sucesión ordenada en varios ciclos o secuencias de unos 10 a 15 m de espesor cada una (fig. 1). Se han identificado al menos tres ciclos o secuencias por debajo de los materiales siliciclásticos del Grupo de Oliván (Tischer, 1966). Cada una de estas secuencias comienza con un tramo terrígeno de lutitas y arenas finas que se presentan en delgados lechos con laminación. En este primer tramo el contenido en arena disminuye hacia el techo. El segundo tramo comienza con niveles de lumaquelas de bivalvos y gasterópodos de agua dulce y continúa con una sucesión de limos y arenas de facies tractivas y canalizadas hacia techo. El tercer tramo de la sucesión está constituido por calizas negras estratificadas en capas de 0,3-0,5 m. Su espesor oscila entre 3,5 y 9 m según la secuencia a la que pertenecen y el lugar donde se observen, debido a cambio del espesor de las capas. La continuidad lateral de estas capas es grande; se han seguido ininterrumpidamente sus afloramientos durante más de 15 km, siempre por debajo del Grupo de Oliván, de naturaleza silíceo.

En las calizas se observan restos de algas con ten-

dencia a acumularse en la superficie junto a pequeños oogonios de carofitas. También presentan laminación paralela muy fina y grietas de desecación. En la superficie del estrato se encuentran abundantes huellas de dinosaurio.

La evolución vertical de las secuencias muestra el desarrollo de un sistema lacustre somero, en el que el relleno se realiza mediante facies terrígenas en un primer momento, llegando a constituir sistemas lacustres estables muy someros y tranquilos, con ostrácodos y algas caráceas. La abundancia de restos vegetales en fondos someros muy tranquilos y preservada bajo el sedimento carbonatado bioinducido, favorece el desarrollo de ambiente reductor y el enriquecimiento en materia orgánica. La producción de sedimento junto a posibles factores climáticos producirán la colmatación, emersión y posible desecación en zonas amplias del área lacustre, que quedarían emergidas.

Estructuras secundarias del afloramiento

El afloramiento de la Era del Peladillo, está constituido por una extensa superficie de estratificación con abundantes huellas de pisadas. Esta superficie muestra una serie de arrugas o abultamientos con dirección N165-190E. Las irregularidades citadas se ubican en dos franjas que llamaremos pasillos 1 y 2 (fig. 2) y que se distinguen a simple vista por las siguientes características:

1) Escalones, que son (fig. 3) pequeños accidentes topográficos que limitan pasillos originados en la deformación. Tienen la orientación general y son de dos tipos (*a* y *b*). Ambos tipos están asociados y limitan los pasillos deformados. Los escalones de tipo *a* están en la parte superior de cada pasillo y los de tipo *b* en la inferior. Los primeros (*a*) están producidos por estiramiento (con o sin fractura). En ellos, la unión entre el labio levantado (el meridional) y el hundido se realiza mediante una superficie continua y cóncava que desciende desde el bloque levantado hasta el hundido. En los segundos (*b*) se suele producir un salto brusco de manera que el estrato se ve cortado. La unión entre los bloques se realiza por la duplicación de la capa. Genéticamente se interpreta considerando a los escalones de tipo *a* como estructuras de tensión debidas a la separación y estiramiento de los bloques, y a los escalones de tipo *b* como estructuras de compresión debidas al acercamiento y superposición de los bloques.

2) Cicatrices, que son líneas sinusoides situadas en la franja *c* del pasillo 2. Las líneas sinusoides son fracturas de labios cerrados cuyos bordes están

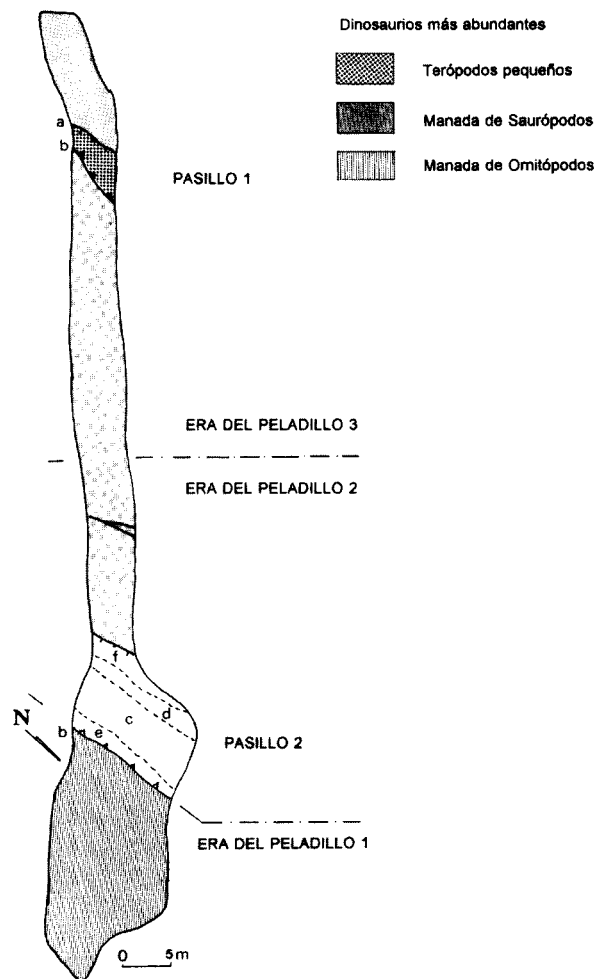


Fig. 2.—Esquema del yacimiento Era del Peladillo. Las subdivisiones 1, 2 y 3 se corresponden con las empleadas en su primer estudio. Distribución general de los grupos de icnitas y localización de los pasillos de deformación sinsedimentaria.

levantados de manera que en la unión tienen sección convexa. Si se interpretan como indicadores de movimiento, el resultado sería el mismo que el ocasionado por una cizalla izquierda debida a esfuerzo de compresión de dirección aproximada N145E. Las cicatrices, como se ha indicado, no se extienden por todo el pasillo deformado 2 sino que se encuentran en la banda *c* que es una zona deprimida (nodo) muy próxima al escalón *b*.

3) Líneas de desaparición de estructuras sedimentarias que están situadas en los pasillos en los que se borran ciertas estructuras sedimentarias. Así, en el bloque elevado situado al SO del pasillo 1 (fig. 4) hay varias huellas de saurópodos que desaparecen al llegar al escalón *a* y que no se continúan en la parte hundida. Las huellas saurópodos quedan borradas (por el estiramiento de la capa) en el bloque N citado y no vuelven a verse hasta pasado el

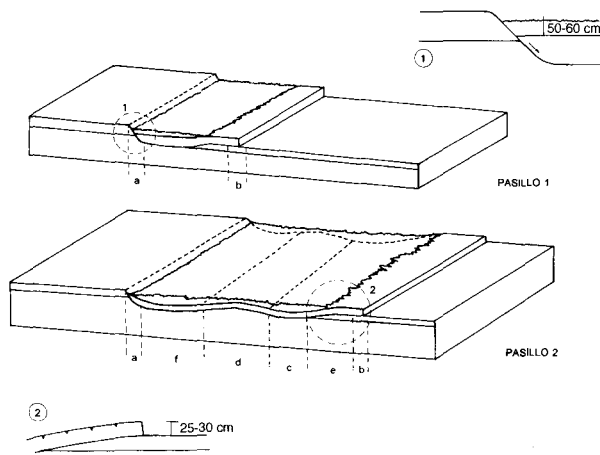


Fig. 3.—Detalle de estructuras producidas por deformación sin-sedimentaria en la Era del Peladillo.

pasillo (unos 2 m de anchura). Otro lugar se encuentra en el pasillo 2; al NE del escalón *b* hay icnitas dirigidas en todos los sentidos que no se observan al SW del mismo. Se interpreta que existían icnitas que se borraron al deformarse de la roca en el interior de los pasillos 1 y 2.

3) Pequeñas deformaciones con aparición de senos y nodos en el techo del estrato. El techo del estrato en el pasillo 2 muestra otras irregularidades que se indican en la figura 2, cuya amplitud de onda es del orden del decímetro, la longitud de onda es variable. La dirección de las crestas es paralela a la de los escalones. En los senos se encuentra: seno *d*: techo liso sin otras estructuras que icnitas terópodos, seno *e*: techo con fracturas poligonales de tensión, a manera de grietas de desecación.

En los nodos: nodo *f*: sin estructuras apreciables; nodo *c*: estructuras sigmoidales de compresión.

4) Finalmente, es coincidente la localización de una franja con icnitas de terópodos pequeños a las que nos referimos en este trabajo con la localización del pasillo 1 (fig. 4).

Edad relativa de acontecimientos

Se trata de analizar ahora cuándo se realizó el paso de los grupos de dinosaurios por el afloramiento. En el caso correspondiente al grupo de terópodos del pasillo 1 se deduce que fue posterior al paso de los saurópodos que los rodean.

El entorno es una gran llanura de margen lacustre extenso. Por el material en que se encuentran las huellas se puede pensar que se encontraba en una etapa de colmatación sedimentaria, y quizá de emersión al menos parcial. Por esa llanura pasaron los grupos de dinosaurios (ornitópodos, saurópodos

y terópodos) que dejaron sus huellas impresas en el fango carbonatado no consolidado.

A continuación tiene lugar un momento de inestabilidad producida por posibles basculamientos estructurales o movimientos de ajuste a favor de alguna fractura. El resultado pudo ser una leve inclinación que permitiera el deslizamiento de unas partes (pasillos 1 y 2) gracias a líneas de tensión y estiramiento o rotura (escalones *a*, o roturas de cabecera) y la formación de pequeños cabalgamientos (escalones *b*). El sedimento no estaría aún consolidado por lo que en este proceso se borran algunas huellas y se pueden producir nuevas zonas de pequeños encharcamientos a favor de las pequeñas barreras construidas por las acumulaciones de fango debidas al deslizamiento.

Con el transcurrir del tiempo y con los pasillos ya formados, debió tener lugar el paso de los terópodos pequeños.

Grupos de icnitas. Factores de su distribución

Del total de improntas del yacimiento se deduce que existen varios tipos de agrupaciones de dinosaurios en este espacio. En primer lugar se encuentran las asociaciones extendidas: manadas de ornitópodos y de saurópodos y los grupos de terópodos que ocupan sectores amplios. En segundo lugar, el grupo restringido de terópodos del pasillo 1 que se encuentran solamente en una franja de 3 m de anchura.

En cuanto a las asociaciones extendidas, la distribución desordenada de las pisadas, y dado que algunas huellas quedan cortadas por la deformación, parecen indicar que son anteriores a la deformación y que no existía ninguna barrera que condicionara su paso; tanto si van muy agrupados (posiblemente los ornitópodos y saurópodos) como si iban separados (grupos de grandes terópodos), y tanto si son grupos numerosos (ornitópodos y saurópodos) como si iban pocos individuos (terópodos). Los grupos de rastros de terópodos grandes están formados por rastrilladas muy largas, paralelas, separadas cada una de la adyacente por 3-5 m; los grupos de ornitópodos y saurópodos dejan un caos de huellas en las que las rastrilladas se entrecruzan, las huellas se sobrepisan, etc.

El grupo restringido de icnitas que tienen la misma dirección, aunque con los dos sentidos de marcha, está ceñido a un lugar de paso estrecho: un sector del pasillo 1.

Existen algunas icnitas en las que la profundidad de las pisadas y la altura del barro que desplazaban al hundir las patas es mucho mayor que la profundidad y altura de otras. Es posible que ello se deba al

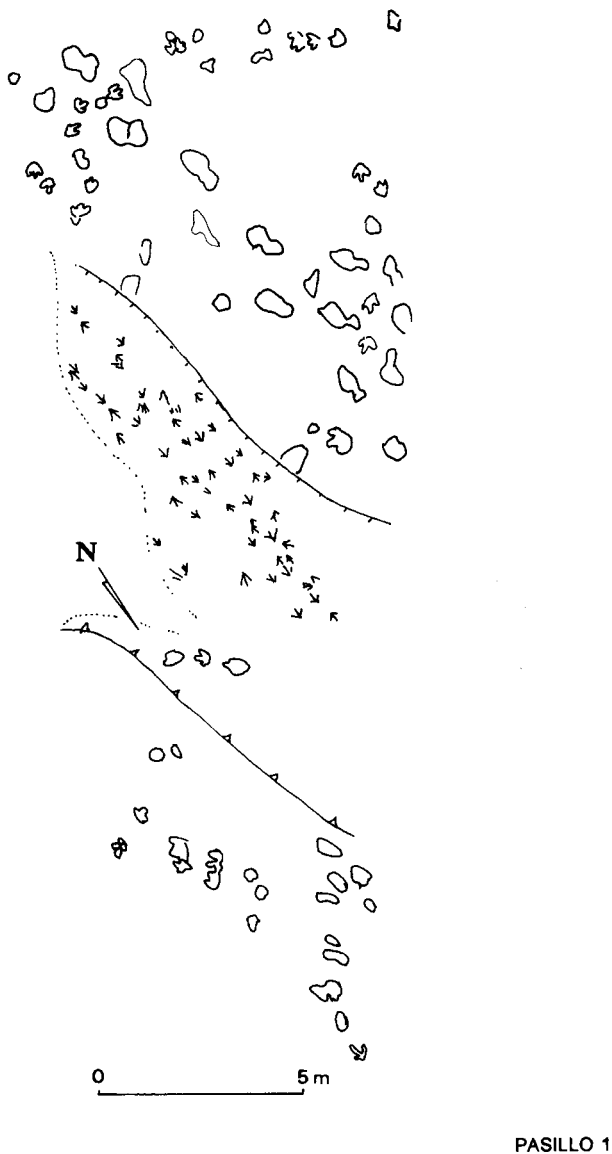


Fig. 4.—Distribución de pisadas de dinosaurios y estructuras debidas a deformación sinsedimentaria en el pasillo 1.

contenido variable de agua (profundidad, exposición al aire, grado de desecación) del barro. También es posible que la concentración, y por lo tanto la profundidad diferente de marcas según sus características icnológicas (ornitópodos o saurópodos) responda a hábitat preferido por cada grupo de dinosaurios (unos más cerca de la línea del agua y otros más alejados). Las icnitas terópodos del pasillo 1 (figs. 3 y 4) quedan limitadas a una zona en la que existe un escalón (*a*) de 25-30 cm de altura.

Se calcula que durante la diagénesis, el espesor de una capa de caliza mudstone o wackestone, se

puede reducir por compactación hasta el 50 % por lo que la altura inicial del escalón debió ser de unos 50-60 cm. Esta altura constituiría una barrera natural que condicionaba el paso de animales de talla pequeña.

Tamaño de los terópodos del pasillo 1 y observaciones

La altura de las patas de los dinosaurios que dejaron sus huellas en el pasillo 1, oscila entre 0,63 y 1,18 m (Casanovas *et al.*, 1995). Hay que tener en cuenta que la altura calculada va desde la inserción del fémur en la cadera (acetábulo) hasta el suelo; la máxima altura posible entre la parte ventral del dinosaurio y el suelo sería siempre menor de 1 m, y en algunos casos sería de unos 50 cm. Si la altura del escalón (*a*) en el momento en que los dinosaurios pasaban por el lugar era de 50-60 cm es fácil suponer que el paso de éstos estuvo condicionado por el escalón citado.

Discusión

En un trabajo anterior (Casanovas *et al.*, 1993c) se hace referencia a la coincidencia de dinosaurios del mismo tipo en yacimientos aislados de poca extensión y sus posibles consecuencias. Si de este enorme afloramiento se viesan fragmentos pequeños, se encontrarían en cada uno de ellos agrupaciones de icnitas similares debido al paso de manadas (comportamiento gregario). Muy probablemente no se observaría que el grupo de icnitas terópodos de la banda 1 están restringidos a un pasillo limitado por barreras naturales.

Los terópodos pequeños a que nos referimos pasan al mismo tiempo. Es muy probable que constituyesen una asociación (manada o agrupamiento menor) porque, además, las pisadas son del mismo conjunto icnológico. No se puede deducir si las produjeron los mismos dinosaurios que pasaron primero hacia un lado y luego hacia el otro, si fueron dos grupos diferentes, o si fueron individuos no agrupados que se dirigían a ambos lados bordeando, por ejemplo, una barrera natural.

Conclusiones

En el yacimiento de la Era del Peladillo, hubo inestabilidad sinsedimentaria que deformó el estrato con huellas. Una de las estructuras generadas son escalones que pudieron tener más de 60 cm de altura.

La deformación que generó el pasillo 1 se produjo en el intervalo entre el paso de una manada de sauropodos y la de un grupo de terópodos pequeños.

Los terópodos pequeños hollaron una especie de canal o de charco alargado, cuyo límite S era una barrera natural que dificultaba el paso de dichos animales a través de ella. La agrupación de icnitas terópodas en este lugar, se debe por lo tanto a la barrera natural y, posiblemente al comportamiento gregario de estos dinosaurios.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se incluye en el grupo producido dentro del Plan de Investigación del Instituto de Estudios Riojanos sobre «Geología de los Cameros».

Referencias

- Alonso, A., y Mas, R. (1993). Control tectónico e influencia del eustatismo en la sedimentación del Cretácico inferior de la Cuenca de los Cameros. España. *Cuad. Geol. Ibér.*, 17, 285-310.
- Casanovas, M. L., Ezquerro, R., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., Santafé, J. V., y Torcida, F. (1993a). Huellas de dinosaurios palmeados y de terópodos en la «Era del Peladillo», Igea (La Rioja). *Zubía*, 11, 11-53.
- Casanovas, M. L., Ezquerro, R., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., Santafé, J. V., y Torcida, F. (1993b). Tracks of a herd of webbed ornithopods and other footprints found in the same site (Igea, La Rioja, Spain). *Rev. Paleobiol.*, v. sp., 7, 29-36.
- Casanovas, M. L., Ezquerro, R., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., Santafé, J. V., y Torcida, F. (1993c). Icnitas de dinosaurios. Yacimientos de Navalsaz, Las Mortajeras, Peñaportillo, Malvaciervo y de la Era del Peladillo 2 (La Rioja. España). *Zubía*, monogr., 5, 9-133.
- Casanovas, M. L., Ezquerro, R., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., Santafé, J. V., y Torcida, F. (1995). Huellas de dinosaurio en la Era del Peladillo 3. Primera nota. *Zubía*, 13, 83-101.
- Casanovas, M. L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., y Santafé, J. V. (1992). Dinosaurios coelúridos gregarios en el yacimiento de Valdebrajes (La Rioja. España). Nota de contrarréplica. *Rev. Esp. Paleont.*, 7, 97-99.
- Durantez, O., Solé, J., Castiella, J., Villalobos, L., Ramírez del Pozo, J., Rivas, P., Del Pan, T., y Chacón, J. (1982). *Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja n.º 281. Cervera del Río Alhama*, IGME, Hoja y Memoria.
- Pérez-Lorente, F. (1994). Dinosaurios plantígrados de La Rioja. *Zubía*, monogr., 5, 189-228.
- Salomón, J. (1982). Les formations continentales du Jurassique supérieur Crétacé inférieur en Espagne du Nord (Chaîne Cantabrique et NW Ibérique). *Mem. Geol. Univ. Dijon*, 6, 228 págs.
- Sánchez Lozano, R. (1894). Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño. *Mem. Com. Mapa Geol. de España*, 18, 548 págs.
- Thulborn, A. (1990). *Dinosaur tracks*, Chapman and Hall, 410 págs.
- Tischer, G. (1966). Über die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der östlichen Sierra de los Cameros in den nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Beih. Geol. Jb.*, 44, 122-183.

Recibido el 16 de octubre de 1995
Aceptado el 30 de abril de 1996