

LA CORONILLA: UN NUEVO YACIMIENTO DE HUELLAS DE DINOSAURIO (ENCISO, LA RIOJA, ESPAÑA). INTERPRETACIÓN Y PROBLEMÁTICA DE CONSERVACIÓN*

MARÍA JOSÉ OCHOA MARTÍNEZ, ANGÉLICA TORICES HERNÁNDEZ, MIREIA FERRER VENTURA, JOSÉ MANUEL VALLE MELÓN, RAÚL SAN JUAN PALACIOS, RICARDO OCHOA MARTÍNEZ, ARTURO COLINA AGUIRRE, ARTURO FERNÁNDEZ ORTEGA, JUAN CARLOS PEREDA OLASOLO, FÉLIX PÉREZ-LORENTE¹

RESUMEN

El yacimiento de La Coronilla se muestra con caracteres propios, como cualquier otro yacimiento paleoicnológico riojano. Las características del afloramiento y de las huellas que contiene son particulares debido a los procesos por los que ha pasado durante las etapas de formación de la roca (sedimentaria y tectonometamórfica) y las de meteorización y erosión recientes. Los datos que ofrece están condicionados por los procesos citados, lo cual nos sirve como muestra de que cada yacimiento estudiado es diferente. Por lo tanto debemos considerar que no todos los yacimientos publicados son la expresión icnotaxonomía perfecta de las huellas que contienen. En este trabajo se describen las estructuras visibles en este yacimiento (sedimentarias, tectonometamórficas e icnitas) y se asignan las icnitas reconocidas a los icnotipos correspondientes.

Palabras clave: Cretácico Inferior, Huellas de dinosaurio, Cuenca de Cameros, La Rioja.

The site of La Coronilla is shown with its own characters, like any other paleoicnological sites in La Rioja. The characteristics of the site and the tracks it contains are particular due to the processes it has undergone during its rock formation stages (sedimentary and tectonometamorphic) and recent weathering and erosion. The data it offers is conditioned by the aforementioned processes, which helps us to show that each site studied is different. Therefore, we must consider that not all the published sites are the perfect ichnotaxonomic expression of the tracks they contain. In this work, the structures visible in this site (sedimentary, tectonometamorphic and ichnological) are described and the recognized ichnites are assigned to the corresponding ichnotypes.

Keywords: Lower Cretaceous, Dinosaur footprints, Cameros Basin, La Rioja.

* Registrado el 27 de septiembre de 2021. Aprobado el 27 de abril de 2022.

¹ Universidad de La Rioja. Madre de Dios 51-53. 26006 Logroño. (La Rioja) felix.perez@unirioja.es

1. INTRODUCCIÓN

Recientemente, uno de los autores de este trabajo (MJOM) encontró un nuevo yacimiento en el paraje del “La Coronilla” (desde ahora CRN) en las proximidades de Enciso. El yacimiento está en un lugar lejano a cualquier paso de vehículos y es de acceso trabajoso. A la vez, la interpretación de su contenido es difícil por el estado de conservación de la superficie de estudio y de las icnitas que presenta. Las pisadas de dinosaurios afectan a varias superficies de estratificación, que posteriormente a su impresión, se modificaron debido a las etapas tectónicas y de metamorfismo que deforman la roca.

CRN se encuentra en una zona de fracturas, que lo afectan, y próximo a afloramientos en los que el metamorfismo de la región llega a condiciones de temperatura suficientes para que haya neoformación de minerales (cloritoide entre ellos) y filones pequeños con cuarzo idiomorfo. En estas condiciones la deformación de los estratos es más acentuada.

En CRN se presentan por lo tanto problemas de identificación de las huellas que dependen del análisis del tipo de pisadas y de las superficies de estratificación afectadas (o de determinación de la superficie de marcha) y de las estructuras o caracteres que conducen a la asignación a un icnotipo de cada una de las huellas.

Este yacimiento además no muestra rastrilladas claras con lo que también está limitada la investigación sobre ciertas pautas de comportamiento.

Uno de los problemas graves del estudio de las huellas es la tendencia a su clasificación según el dinosaurio autor de las pisadas o el icnopoyeta. Según tal tendencia, solo se puede hacer icnotaxonomía sobre estampas (*strict sense footprint*, Allen [1997] o *stamp* [Brown, 1999]). Las huellas de CRN no solo son la manifestación de un acto (Sarjeant, 1990) sino que también representan la manifestación de procesos geológicos que las modifican, como en el resto de los yacimientos. No es clasificar las huellas de un yacimiento bajo patrones icnotaxonomícos el objetivo de este estudio, sino analizar el contenido del yacimiento en sí mismo, o en nuestro caso, cuales son las características de este yacimiento, que por supuesto varían mucho respecto a otros estudiados. No todos son ideales para un fin determinado, pero sí pueden serlo para otros fines específicos o generales.

2. MATERIALES Y MÉTODO

La cartografía del yacimiento se hizo con el método tradicional de trazar un reticulado con tiza sobre la superficie de estudio (Requeta et al., 2006-7). Primero se limpió el yacimiento para eliminar los derrubios y las plantas, tras lo cual se pintó la malla cuadrada con una luz de 30 cm. Un grupo de líneas paralelas de la malla son horizontales y coinciden con la dirección del estrato; las líneas del otro grupo son perpendiculares a las anteriores. El total del yacimiento con la malla, se fotografió para su reproducción. Las fotogra-

fías se restituyeron con Adobe photoshop y después se representaron con AutoCAD, en un plano sobre el que se han hecho las medidas.

La nomenclatura de las icnitas tiene una parte alfabética (CRN o acrónimo del yacimiento) a la que sigue un número que sirve de identificación de la huella (p. ej.: CRN10). Las huellas impresas por el mismo dinosaurio que pertenecen a un par de huellas o a una rastrillada tienen el mismo número (CRN12 que identifica la rastrillada o el par) seguido por un punto y otro número que indica el orden de colocación según la marcha (CRN12.2 que identifica la huella segunda por su posición, en la secuencia de pasos). Los caracteres, su definición y su abreviatura (Tabla 1) son los empleados en los trabajos clásicos, recopilados en Haubold (1971), Leonardi (1987), Casanovas et al. (1989) y Pérez-Lorente (2001, 2015). Para el cálculo de la altura del acetábulo (h) se han empleado las fórmulas alométricas de Thulborn (1990) para terópodos, ornitópodos y dinosaurios bípedos sin identificar.

Para reproducir las huellas se dibuja su línea límite, que teóricamente es el límite de las estructuras directas de las pisadas (Gatesy, 2003), es decir la línea que recorre el límite del contacto de la piel y de las uñas con la superficie de marcha (Fornós et al., 2002). Esta línea es imposible o muy difícil de precisar en la mayor parte de las huellas (Figura 3). Nosotros cartografiamos tres aspectos diferentes de la superficie de estudio del yacimiento: las marcas de fracturas en las que se ve la rotura de los niveles, las marcas de laminitas o de deformaciones asociadas a las fracturas (no diferenciables) o a movimientos sinsedimentarios, y los huecos de las pisadas o de otro origen. Es necesario prescindir de las estructuras no debidas a las pisadas, lo cual en algún caso es complicado debido a la similitud entre las huellas (sobre todo las huellas deformadas y los calcos) y algunas estructuras inorgánicas. En teoría, se debería dibujar la línea límite de las huellas reales, es decir tienen de marcas de estructuras directas sobre la superficie de marcha. Dado que esto no sucede casi nunca, el estudio de las huellas ha de hacerse teniendo en cuenta las limitaciones impuestas por su carácter (estampas, huellas reales, calcos, subhuellas o sobrehuellas [ver Pérez-Lorente, 2015]) y por su estado de conservación (erosionadas o deformadas en cualquier momento, incluso durante su impresión). En La Coronilla, además de los huecos de las huellas, hay huecos con otro origen (Figura 3). Unos debidos a fragmentos de roca que faltan, desprendidos del estrato, y otros debidos a la deformación tectónica o sinsedimentaria.

Tabla 1. Datos morfométricos de las huellas y rastreadas dewl yacimiento CRN, y de sus relaciones más empleadas en los estudios icnológicos

huella	I	a	Ar	Lr	P	z	Ap	O	II^III^IV	h	z/h	v1	v2	(l-a)/a	Ar/a	z/l
CRN1	---	---														d
CRN2	---	---														d
CRN3	23?	27						19-58		117?				-0.13		o
CRN4	29	27								159				0.1		d
CRN5	28									154						d
CRN6	21	24								113				-0.1		d
CRN7	27	35								149				-0.2		d
CRN8	---	---														d
CRN9	30	23								145				0.3		o
CRN10	---	---														t
CRN11	---	---														t
CRN12.4	28	---			63					146						t
CRN12.3	27	25	6	28	64	127				149				0-1		d
CRN12.2	26	---	5	33	74	137	166			110						d
CRN12.1	27	---					162			149						d
CRN12 (media)	27	25	5	30	67	132	164			191	1.1	2.3	4.0	0.1	0.2	4.9

huella	I	a	Ar	Lr	P	z	Ap	O	II^III^IV	h	z/h	v1	v2	(I-a)/a	Ar/a	z/I
CRN13	---															r
CRN14	---															r
CRN15	---															r
CRN16	19									99						d
GRN17	22	26							II^IV=68	112				-0.15		o
CRN18	20	---								93						t
CRN19	31	---								159						t
CRN20	38	---								188						t
CRN21	20	21							II^IV=69	101				-0.05		d
GRN22	33	28								168				0.2		o
CRN23	---	---														d
CRN24	26	33							36.53	165				-0.2		o
CRN25	---	---														d
CRN26	28	---							12-52	154						d
CRN27	22	24								115				-0.1		d
GRN28	22	22							11-59	103				0		t
CRN29.1	29	30			61				7 ----	186				-0.03		o
CRN29.2		30							37-47							o

huella	I	a	Ar	Lr	P	z	Ap	O	II/III/IV	h	z/h	v1	v2	(I-a)/a	Ar/a	z/l
CRN30	19	26							2-29	99				-0.3		o
CRN31	26	30							3-48	128				-0.1		t
GRN32	21	19							---37	98				0.1		t
CRN33	40	43	/							225				-0.02		d
CRN34	---	23														d
CRN35	31	27							12-54	171				0.15		t
CRN36	27	19							10-42	142				0.4		t
GRN37	--															d
CRN38.1	28	22			43				17-37	146				0.3		t
CRN38.2	28	27	4	35	51	90	168	-22	19-16	146				0.04		t
CRN38.3	27	29							24-48	142				-0.07		t
CRN38 (media)	28	26	4	35	47	90	168		20-33	145	0.7	2.2	2.1	0.1	1.9	3.5
GRN39	26	30								165				-0.13		r
CRN40	27	26							18-36	149				0.04		d
CRN41	20	25							¿53?	101				-0.2		o
CRN42	27	27							9-51	142				0		t
CRN43																

Abreviaturas: I, longitud de la pisada; a, anchura de la pisada; Ar, amplitud de rastrillada; Lr, luz de rastrillada; P, paso; z, zancada; Ap, ángulo de paso; O, orientación; II/III/IV, ángulos interdigitales; h, altura del acetábulo; z/h, zancada relativa; v1/v2, velocidad (km/hora) según Alexander (1976)// Demathieu (1980); (I-a)/a, variación relativa de la longitud del pie; Ar/a, anchura relativa de rastrillada; z/l, relación de cursorialidad; t, huella terópoda; o, huella terópoda; d, huella de dudosa asignación

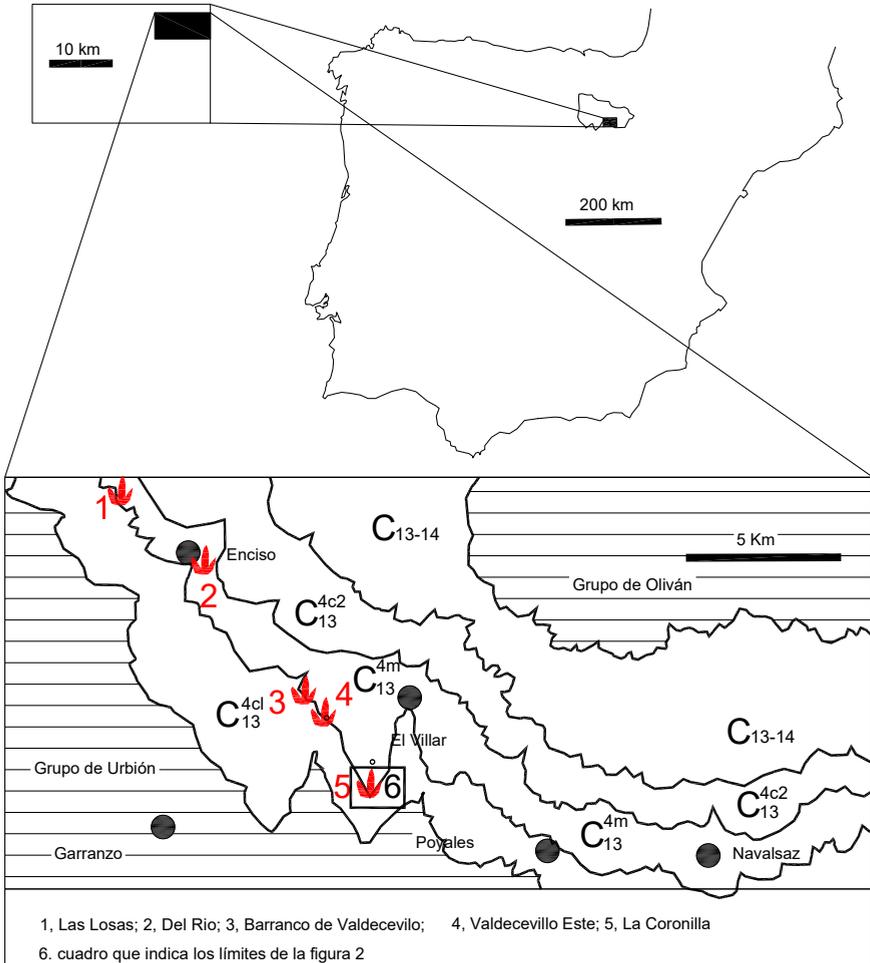


Figura 1. Localización geográfica y geológica sobre un esquema, arriba a la izquierda, del Mapa Geológico de España (Cámara y Durantez, 1979). Detalle de las unidades litostratigráficas del Grupo de Enciso. Localización de los yacimientos con la misma posición estratigráfica que CRN

3. LOCALIZACIÓN: GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

El yacimiento, de unos 30 m², está en ETRS89, UTM 30T 562234,4664240, al lado del camino de caballería antiguo entre El Villar y Garranzo. (Figuras 1 y 2). CRN está en una superficie de roca viva que se inclina hacia el Norte debido a su posición estructural en el flanco Sur del Sinclinal de Cameros. La dirección de la superficie es de N105E y su buzamiento de 15N.



Figura 2. Detalle de la localización de CRN con la toponimia de los alrededores del yacimiento



Figura 3. Aspecto de un sector de CRN. Huellas y otros huecos en la superficie de estudio. Reticulado del yacimiento 30x30 cm

En el entorno hay varios topónimos que se indican en la figura 2, pero según Emilio Martínez, pastor natural del El Villar, el nombre local del paraje es el de “La Coronilla”.

Para llegar al sitio hay que hacerlo andando, y se recomiendan dos itinerarios en los que hay que atravesar surcos y matorral duro:

- 1.- desde el Villar de Enciso siguiendo el antiguo camino que va a Garranto, actualmente abandonado e irreconocible en casi todo su trazado porque se ha destruido o por las plantas que han crecido en él
- 2.- desde el aparcamiento del yacimiento del Barranco de Valdecevillo por una pista para vehículos todo terreno, muy peligrosa para este tipo de vehículos, que tampoco lleva al mismo yacimiento. La pista parte de la base del montículo en donde está instalado el “tarbosaurio”, pero desde cualquier parte de la pista al CRN no merman las dificultades.

3.1. Posición estratigráfica y edad

Geológicamente está en el Grupo de Enciso (Tischer, 1966). En la cartografía (Figura 1) de la hoja MAGNA 280. Enciso (Camara y Durantez, 1981), el yacimiento está muy próximo al límite entre las unidades C_{13}^{4cl} y C_{13}^{4m} , situadas por debajo del conjunto principalmente carbonatado de la parte media del Grupo de Enciso, y sobre los depósitos silicásticos del Grupo de Urbión. Ambas unidades están compuestas por alternancias de areniscas, margas y calizas en la que la proporción de cada tipo de sedimento varía. Son más abundantes las calizas en el grupo C_{13}^{4m} .

La secuencia litoestratigráfica más baja que compone el Grupo de Enciso, entre la Escurquilla y Navalsaz se puede dividir en varios paquetes diferentes que se caracterizan por su composición litológica y por los fósiles que contienen, uno de los cuales se ha seguido en continuidad desde un punto al Este de Navalsaz, hasta cerca de Jalón de Cameros. Los paquetes litológicos diferentes - que vamos a agrupar en unidades - es sencilla y fácil de seguir, al menos entre los yacimientos de La Coronilla y de Las Losas (Romero Molina et al., 2003). Todos los yacimientos de los alrededores, excepto el de La Presa de Enciso (Melero et al. 2011) y La Coronilla (este trabajo) están referenciados en Pérez-Lorente (2003, 2015).

- La unidad inferior (U_1), siliciclástica que se coloca directamente encima de los sedimentos del Grupo de Urbión, en la que se encuentran los yacimientos de La Presa de Enciso (Melero et al., 2011), La Virgen del Campo y La Senoba (Casanovas et al., 1989). Contiene fósiles de bivalvos.
- La siguiente unidad (U_2) es margosa, mucho más blanda y erosionable y en ella se distinguen

a) directamente encima de U_1 hay una capa con gasterópodos, claramente visibles en afloramientos por encima de los yacimientos de la Virgen del Campo y de La Senoba. Lateralmente y en las proximidades de La

Escurquilla, esta capa es también visible con la particularidad de que en ella los gasterópodos se encuentran en posición de vida.

b) sobre la capa con gasterópodos hay un paquete muy blando, de lutitas con niveles carbonatados intercalados muy poco potentes, con ostrácodos. Este paquete blando aflora y ocupa los taludes que hay al Norte de la pista entre la Virgen del Campo y La Senoba, y al Norte del acceso asfaltado entre Enciso y La Escurquilla.

- La unidad siguiente (U_3), fundamentalmente siliciclástica, tiene al menos un nivel con raíces fósiles visibles en varios puntos (Barranco de Valdecevilla, en el interior del Barranco Perdido, en la cresta que va desde Enciso a Las Losas). En esta unidad está el yacimiento de La Coronilla. Uno de nosotros ha seguido lateralmente la posición del nivel (o de los niveles según Doublet [2004]) con raíces desde un punto a unos 500 metros al este de Navalsaz, hasta Jalón de Cameros, con lo que se convierte en un nivel guía que recorre el Sur del Grupo de Enciso en su afloramiento occidental de la Cuenca de Cameros. En ocasiones (proximidad de Las Losas) se han encontrado volcanes de lodo de uno o dos decímetros de altura en niveles de la unidad.
- La unidad siguiente (U_4) erosionable, está formada por lutitas con intercalaciones de niveles arenosos y carbonatados.
- Los yacimientos próximos al yacimiento de La Coronilla se ubican en las siguientes unidades:
 - en U_1 están los yacimientos de La Virgen del Campo y La Senoba (Casanovas et al., 1989).
 - en U_3 , los yacimientos de Las Losas (Romero-Molina et al., 2003b; Del Río (Branca et al., 1979 - que lo llamaron Lastras 4A), Barranco de Valdecevilla (Casanovas et al., 1989), Valdecevilla Este (Casanovas et al., 1998) y La Coronilla.

El resto de yacimientos conocidos, están en U_4 y niveles superiores, no indicados en este trabajo (Barranco Valdoño [Casanovas et al., 1998]; Corral de Valdefuentes [Casanovas et al., 1998]; Guilera [Casanovas y Santafé, 1974; Álvarez et al., 2013]; Icnitas 3 [Casanovas y Santafé, 1971; Branca et al., 1979; Casanovas et al., 1992], El Villar-Poyales [Branca et al., 1979], Navalsaz [Casanovas y Santafé, 1971; ;Casanovas et al., 1993]; La Cuesta de Andorra [Casanovas y Santafé, 1971]; Las Riscas [Pérez-Lorente, 2013]) y algunos no estudiados (por ejemplo, Peñas Amarillas). Según Pérez-Lorente (2015). la edad el yacimiento de La Coronilla deducida por su posición, es Barremiense.

4. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO

El Grupo de Enciso (Tischer, 1966) de la Cuenca de Cameros es una formación estratigráfica de espesor variable, en la que su afloramiento oc-

cidental se puede dividir en tres conjuntos: uno central que contiene capas resistentes de calizas, y dos (superior e inferior al central) en los que las capas siliciclásticas son las que más resisten a la erosión. Las rocas del Grupo sedimentaron en medios lacustres y fluviales y las huellas de dinosaurios se encuentran en todos los subambientes excepto en los lacustres cuya profundidad impedía que los dinosaurios dejaran sus huellas.

En el conjunto inferior, entre dos paquetes lacustres (U_2 y U_4) que dejan abundante material margoso hay una unidad siliciclástica (U_3) con un nivel continuo de raíces fósiles que se extiende desde las proximidades de Jalón de Cameros hasta un punto al Sur de Navalsaz. En U_3 hay superficies con huellas de dinosaurio, muchas de ellas no descritas; hay cortes de roca en los que se detectan secciones de pisadas, afloramientos tan pequeños que solo tienen una sola pisada o muros de estratos con uno o dos contramoldeos. Bajo U_3 se encuentra la unidad U_2 de lutitas y margas negras que dan color blanco por oxidación, con niveles muy poco potentes de caliza rica en ostrácodos.



Figura 4. Situación de CRN y fallas más notables del entorno dibujadas sobre una imagen de Google Earth.

CRN está situado en una zona de fallas y fracturas (Figuras 4, 5, 6) que lo afectan intensamente. Por otra parte, el lugar se encuentra dentro de la isograda del cloritoide (cf. figura 1.13 de Doublet, 2004) y en la vecindad de la formación de filoncitos de cuarzo idiomorfo singenéticos con el metamorfismo. La dirección de las fallas más aparentes (Figura 4) oscila entre N134E y N153E. Es posible que estén relacionadas con las que limitan la Sierra de Cameros con la Depresión del Ebro (Pérez-Lorente 1985; Caro et al. 1989; Ortega Lozano et al., 1984) Hay fracturas con esta dirección que tienen estrías horizontales y que separan bloques cabalgantes (Pérez-Lorente, 1987),

pero también las hay en glaciares y terrazas cuaternarias (Atarés et al., 1983). El otro sistema es de dirección N52-55E que podría estar relacionado con la fracturación de la Península Ibérica (Figura 7) que produce también la Falla de Plasencia y fallas paralelas (Pérez-Lorente, 1985). Además de las fallas citadas se distinguen también de otras direcciones, en principio no relacionables con ellas. No se puede precisar la edad de las fracturas porque es posible que sean relativamente antiguas pero reactivadas en varias ocasiones.



Figura 5. Ampliación de la imagen anterior. Detalle de las roturas de CRN y entorno aproximado de la parte cartografiada.



Figura 6. Escalones producidos por fallas rellenas de calcita en las proximidades (unos 200 metros hacia el Sur) de CRN.

4.1. Estructuras visibles en el yacimiento

Las estructuras reconocibles en la superficie de estudio de CRN las separaremos en dos grupos: estructuras sinsedimentarias o asociadas y estructuras tectónicas.

Entre las estructuras sin sedimentarias están:

- 1.- Estructura en capas de las rocas de CRN, Los contactos entre ellas se deducen por la textura y por la resistencia diferente a la erosión de las capas. En CRN se reconocen tres capas de rocas:
 - la inferior, lutítica, que se descama;
 - la intermedia, masiva que se fragmenta dando trozos angulosos, y
 - la superior también lutítica con propiedades similares a la primera.

La capa superior deja superficies muy lisas. Hay sectores en los que se distinguen perfectamente las capas inferior y media (Figura 8). Se conservan restos de la capa superior, al menos, en el interior de algunas huellas (Figura 9).

- 2.- Las grietas de desecación (Figuras 8 y 10) que se conservan parcialmente en el techo de la capa intermedia,
- 3.- Las estructuras de las icnitas como son los huecos de las huellas y las rebabas de extrusión de barro (Figura 11).

Entre las estructuras tectónicas están:

- 1.- Las de comportamiento frágil como son las fracturas que rompen el estrato en fragmentos. Esta deformación frágil debe ser la última de todas las que afectan a estas rocas (Figuras 5, 12A,B)
- 2.- Las de comportamiento dúctil correspondientes a los dos sistemas de lineaciones detectados (Figuras 13, 14). En general las lineaciones atraviesan las huellas sin deformarse, por lo que son un elemento superpuesto (Figura 15). En algún caso (Figura 16) se observa como las lineaciones rodean a las huellas a manera de un halo de presión, por lo que suponemos que el relleno (de material de la capa superior) se comportó como un elemento rígido respecto al material de la capa intermedia, Las lineaciones atraviesan al menos la capa inferior y la intermedia, por lo que es posible que se correspondan con intersecciones de superficies penetrativas paralelas de deformación, que además afectan también a las paredes de las huellas.
- 3.- No sabemos si algunas fracturas de escala mayor del yacimiento son singenéticas de las lineaciones o si el paralelismo que muestran en algún caso es simplemente una coincidencia aleatoria.

No dudamos que el estudio de estas estructuras tiene que mostrar si se trata de un fenómeno local o si es consecuencia de la evolución general de la Cuenca de Cameros.

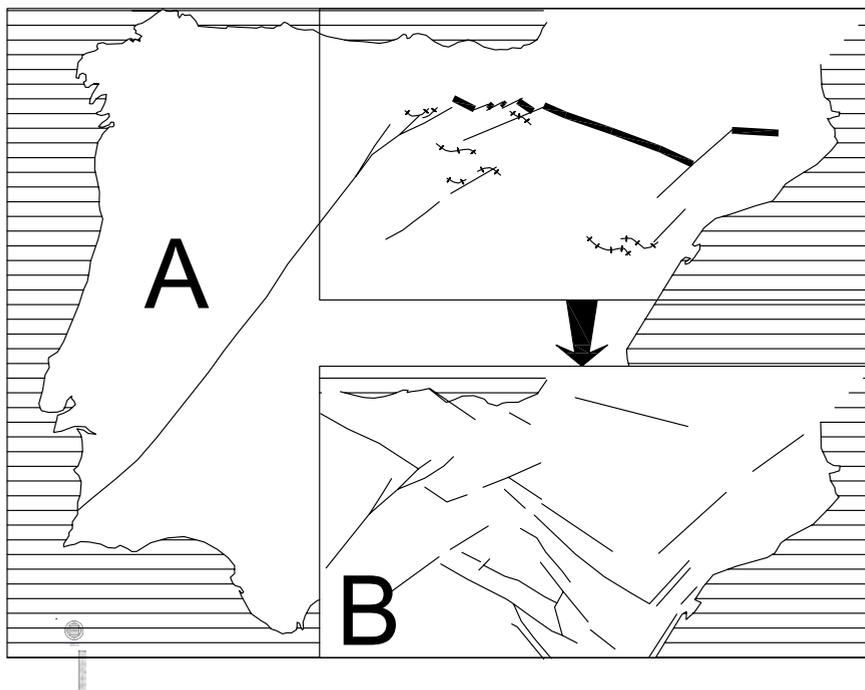


Figura 7. A. Algunas fallas relacionadas con la Falla de Plasencia en el sector NE de la Península Ibérica: detalle del frente de cabalgamiento de los Pirineos (línea gruesa) y pliegues deformados por este sistema de fallas. B, fallas recientes en el NE de la Península Ibérica (según Pérez-Lorente 1985).

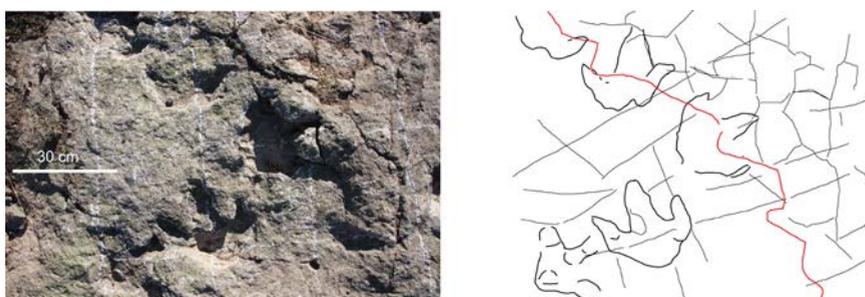


Figura 8. Capas inferior (izquierda y abajo) e intermedia (derecha y arriba) separadas por la línea roja. En la capa intermedia hay grietas de desecación de barro. Huellas 38.2 y 38.3 que se dirigen hacia la parte superior de la fotografía; CRN42 (arriba a la izquierda); CRN40 (a la derecha), CRN39 (izquierda abajo). Misma escala para toda la figura.

CRN es un yacimiento muy fragmentado, similar a los encontrados en el Grupo de Urbión (Pérez-Lorente 2002), Desde CRN hacia el Sur, las rocas

están más fragmentadas y ya no se encuentran superficies tan amplias como las encontradas en los afloramientos situados al Norte.

4.2. La evolución de las rocas de CRN

La secuencia de acontecimientos detectados tras la sedimentación de las rocas, parece que comienza con la inclinación de los estratos hacia el Norte al formarse el sinclinal (Figura 3) de la Cuenca de Cameros y con la deformación posterior producida por las fallas (Figuras 4, 5). Se observa la concordancia entre las fracturas deducidas en la fotografía de satélite y las obtenidas en el yacimiento. La correspondencia no se puede establecer entre todas las estructuras señaladas debido al resalte diferente que tienen en la imagen de satélite (colores diferentes según la humedad, sombras y desarrollo de las plantas) y al sistema de proyección diferente para la imagen de satélite y el dibujo.

Esta zona también se encuentra en la parte de metamorfismo con el mineral de temperatura más alta, cloritoide (Guiraud et al., 1985). Como confirmación a la zona metamórfica, se observan a simple vista, estructuras de deformación (Figura 16) y de neoformación de otros minerales (filoncitos con cristales de cuarzo) que cambian las propiedades de las rocas de forma que la resistencia a la meteorización y fragmentación varía y hace que los afloramientos estén más cuarteados. Es por lo tanto normal que el afloramiento de La Coronilla se encuentre muy descompuesto.

En el yacimiento se observan laminitas paralelas rectas y dobladas, que no dan pliegues cerrados sino estructuras similares a estratificaciones cruzadas de láminas curvas. Es posible que parte de estas estructuras tengan origen sedimentario, pero no como estratificaciones cruzadas, ya que se ven en la superficie de estudio que es casi coincidente con la superficie de estratificación. Por otra parte, hay al menos dos sistemas de lineaciones en muchos sectores del yacimiento que se cruzan. Estas lineaciones atraviesan las capas sedimentarias por lo que su origen en este caso no es sinsedimentario sino tectónico; en algún caso rodean el hueco de las huellas de la misma manera que los halos de presión de las rocas metamórficas. Las lineaciones, aunque son reales, no son patentes, y es necesario prestar atención especial en el yacimiento para distinguirlas.

Hay estructuras sedimentarias como grietas de desecación (figuras 8, 10, 14) que afectan a uno de los niveles. Estructuras sedimentarias son también los huecos producidos por las pisadas y las rebabas de extrusión de barro asociadas a algunas de ellas. No se distingue en algunas huellas si la estructura que las circunda es de una rebaba o de un halo de presión.

En el hueco de algunas pisadas cuya línea de contorno está en el nivel con grietas de desecación, quedan restos de sedimento erosionado del nivel superior. Interpretamos este resto como parte del relleno de lo que en principio es una subhuella. En las partes del yacimiento en el que la superficie de estudio es la del nivel inferior al de las grietas, también se distinguen los calcos de las huellas anteriores. La superficie de marcha estaba por en-

cima del techo del nivel superior mencionado antes, y como conclusión, es probable que la mayor parte de las huellas sean calcos, probablemente subhuellas en origen.

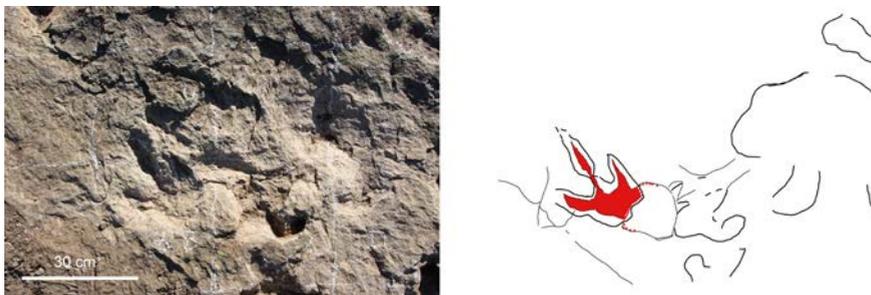


Figura 9. En rojo los restos de la capa superior en el hueco de la huella CRN36. Los restos de la capa superior continúan en la capa intermedia por detrás del talón de la pisada. En esta foto también se ven las huellas CRN34 y parcialmente, CRN32 y CRN33. Misma escala para toda la figura.

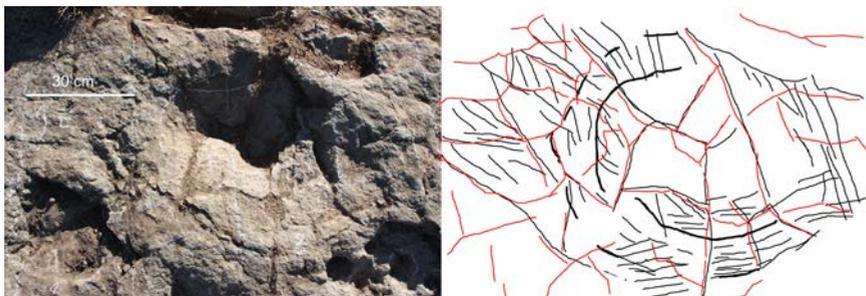


Figura 10. Grietas de desecación en el interior de un hueco que, pudiendo ser una huella, no hemos interpretado como pisada porque no tiene datos suficientes y porque no sigue ninguna secuencia de pisadas. Cuadros F9, G9 del retículo de base (figura 12) y alrededores. Misma escala para toda la figura.

5. ICNOLOGÍA

Hemos reconocido 48 huellas (Figuras 13, 17) de las que separamos dos rastrilladas (CRN12 y CRN38) con cuatro y tres pisadas, un par de huellas (CRN29), y 39 icnitas aisladas. Teniendo en cuenta los caracteres de huellas terópodos y huellas ornitópodos de Romero-Molina et al. (2003a) atribuimos a:

- huellas terópodos las que tienen reconocibles uno de los siguientes caracteres biomórficos: dedos con más de una almohadilla, terminación acuminada, dedos relativamente largos y separados

- huellas ornitópodas las que tienen dedos con una almohadilla, terminación redondeada, dedos relativamente cortos y generalmente adyacentes.
- De esta forma, y sabiendo que ninguna de las huellas es una estampa, sino que son calcos y subhuellas, clasificamos las huellas de este yacimiento de forma que:
 - son huellas terópodas las de número CRN9, CRN10, CRN 11, CRN12, CRN18, CRN19, CRN20, CRN28, CRN31, CRN32, CRN35, CRN36, CRN38 y CRN42
 - son huellas ornitópodas las de número CRN3, CRN8, CRN17, CRN22, CRN24, CRN29, CRN30, CRN41
 - son huellas tridáctilas no clasificables en los dos grupos anteriores las de número CRN1, CRN2, CRN4, CRN5, CRN6, CRN7, CRN16, CRN21, CRN23, CRN25, CRN26, CRN27, CRN33, CRN34, CRN37, CRN40.
 - huellas redondas en las que no se reconoce la marca de los dedos las de número CRN13, CRN14, CRN15, CRN39.



Figura 11. Rebaba de extrusión de barro alrededor de la huella CRN11.

La longitud de las huellas terópodas (Tabla 1) oscila entre 22 y 28 cm. Es posible que la huella CRN20 midiera del orden de unos 38 cm si estuviera completa. Eso las clasifica como huellas de pequeñas ($l < 25$ cm) a grandes ($l > 25$ cm) teniendo en cuenta las medidas propuestas por Thulborn (1990), sin llegar al tamaño de gigantes ($l > 50$ cm) de Marty et al. (2008). En general son huellas estrechas ($0 < [l-a]/a < 1$) y hay dos huellas anchas, pero

con valores muy próximos al límite entre huellas anchas y estrechas ($(l-a)/a = 0$). Los dedos tienen constricciones laterales propias de las almohadillas interdigitales y, o terminación acuminada; en general son dedos largos y separados. El talón no suele estar marcado, pero si lo está no es propio de una almohadilla muy ancha. Los ángulos interdigitales muestran que $II^{\wedge}III < III^{\wedge}IV$ excepto en la huella CRN38.1, pero con valores dispersos. Una de las rastrilladas es ancha (CRN38) y la otra estrecha (CRN12) pero no son datos significativos dado el número de pisadas de las rastrilladas. En función de la longitud de la huella se ha calculado la altura del acetábulo para estos dinosaurios que oscilaría entre 93 y 188 cm lo cual indica variedad del tamaño de los individuos. Para los dos dinosaurios en los que se ha podido medir la zancada, la relación de cursorialidad (z/l) es propia de dinosaurios con extremidades gruesas.

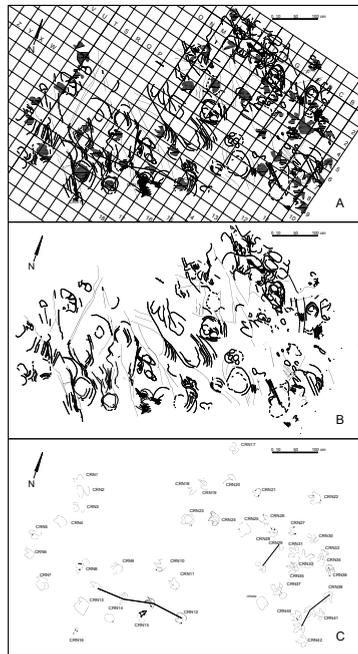


Figura 12. Cartografía del yacimiento. A, cartografía completa con la cuadrícula, huellas, huecos y estructuras de deformación, B, estructuras, incluidos los huecos no identificados con huellas; C, Siglado de las huellas.

La longitud de las huellas ornitópodas (Tabla 1) oscila entre 19 y 30 cm por lo que son huellas pequeñas y grandes según el límite de Thulborn (1990). La variación de la longitud del pie en función de la anchura ($(l-a)/a$) da valores negativos, es decir que son huellas anchas en las que la anchura de la pisada es mayor que la longitud. Los dedos marcan una sola almohadilla ancha y tienen terminación redondeada. La marca del talón es congruente con una almohadilla relativamente ancha. Los ángulos interdigitales también muestran la relación $II^{\wedge}III < III^{\wedge}IV$, también con valores dispersos.

La altura del acetábulo oscila entre 99 y 186 cm con lo cual la altura de los mayores es el doble de la de los icnopoyetas ornitópodos pequeños.

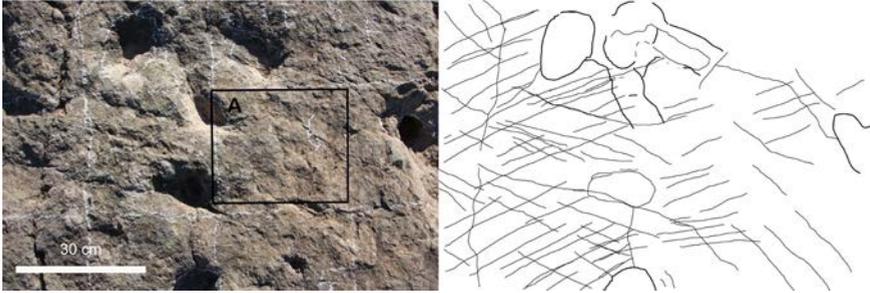


Figura 13. Dos sistemas de lineaciones visibles. Huella centro-arriba CRN37, a la derecha parte de la huella CRN29.2. Misma escala para toda la figura.



Figura 14. Detalle de la figura anterior en donde se ve que las lineaciones se superponen a las grietas de desecación.

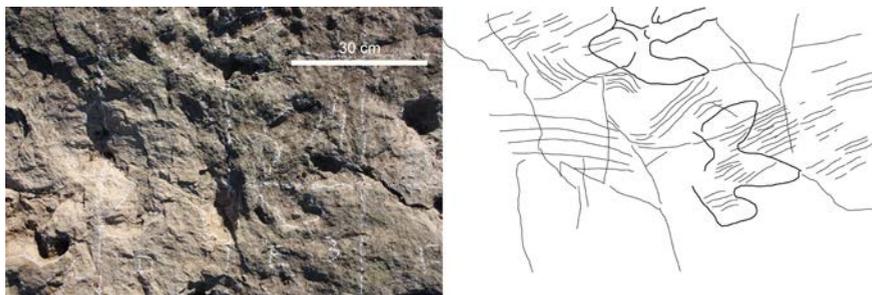


Figura 15. Lineaciones que atraviesan las huellas. Icnita CRN31 y encima parte de la huella CRN35. Misma escala para toda la figura.

Los dinosaurios no identificados tienen huellas irregulares e incompletas. Aunque las dimensiones y los cálculos que se pueden hacer con ellas están en la tabla, no podemos hacer ninguna apreciación sobre ellas por la inconsistencia de los datos.



Figura 16. Posibles balos de presión alrededor de las huellas CRN30 (izquierda) y CRN11 (derecha).

6. DISCUSIÓN

CRN es un yacimiento riojano que muestra la particularidad de contener al menos dos icnotipos y gran variación de tamaño de sus icnopoyetas, al contrario del resto de yacimientos pequeños riojanos. Lo normal, tanto en lo que se refiere a la talla de los individuos como a diversidad de icnotipos, en los yacimientos de La Rioja de esta extensión es que predomine solo un icnotipo generalmente de tamaño similar excepto en Soto I (Casanovas et al., 1999). Este hecho debe ser general porque en la literatura antigua, a partir de los datos de yacimientos pequeños, se suponía que los dinosaurios diferentes estaban separados unos de otros tanto en el espacio como en el tiempo. En un yacimiento pequeño, tanto el hábitat (profundidad del agua, comportamiento del barro, u otros) debe ser restringido, así como la cantidad y tipo de dinosaurios que lo atraviesan. En general, ya sea porque

- a) las condiciones del yacimiento sean especiales (por ejemplo, profundidad del agua) y por lo tanto selectivas respecto a los animales o
- b) por la tendencia al gregarismo de ciertos tipos de dinosaurio, en los yacimientos pequeños deben predominar un tipo de pisadas.

En CRN no hay dirección predominante de las pisadas, ni grupo predominante de dinosaurios que hagan pensar en comportamiento gregario o en lugar que favorezca no ya cierto sentido de marcha sino una dirección predominante.

Si el número de pisadas es representación del número de icnopoyetas, se cumple la regla general en la que el número de icnitas terópodos predominan sobre las ornitópodos

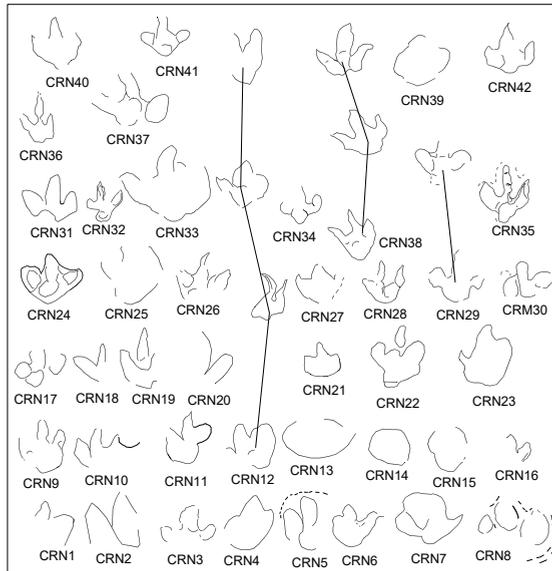


Figura 17. Dibujo de las huellas del yacimiento.

7. CONCLUSIONES

Describimos un yacimiento con huellas de dinosaurios del Grupo de Enciso, caracterizado por su contenido en huellas tridáctilas terópodos y ornitópodos, que no se había citado hasta este momento. Añadimos así datos para conocer la distribución con huellas en la Cuenca de Cameros, para estudios demográficos sobre los posibles icnopoyetas.

Cada yacimiento con huellas es diferente en cuanto a la calidad y perfección de la reproducción de los caracteres de los pies de los dinosaurios; en ese sentido, los problemas de cada yacimiento y los resultados que se alcanzan son muy variables sobre todo en función del contenido y del estado de conservación. Como cada yacimiento, CRN es particular y por lo tanto de interés especial por los resultados que se obtienen de su estudio.

Es posible correlacionar los yacimientos de la Cuenca de Cameros, ejemplarizada en este caso por su situación en la secuencia litoestratigráfica de la parte baja del Grupo de Enciso. La secuencia está basada en la cartografía detallada de las unidades litológicas que se han seguido lateralmente, junto con la posición en esas unidades de fósiles que las caracterizan.

Las huellas descritas en CRN no tienen por que implicar que se reconocen todas las huellas de los animales que han pasado por las superficies de marcha implicadas. Ciertas pueden haberse borrado y quizá otras se han despreciado debido a la incertidumbre de su identificación por la posibilidad de tratarse de pseudomorfos. Esto no implica menospreciar el interés de su estudio, porque son datos que se agregan al conocimiento de la Cuenca de Cameros, algunos difícilmente relacionables con la icnología de dinosaurios.

8. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Estudios Riojanos la publicación del descubrimiento y estudio de los yacimientos riojanos de huellas de dinosaurio en sus publicaciones Zubía, Zubía Monográfico y Ciencias de la Tierra por lo que supone la recepción de los trabajos y su difusión, gracias a lo cual son una referencia global consultada por especialistas y estudiosos de todo el mundo. También queremos agradecer a la Dirección de Cultura del Gobierno de La Rioja, la concesión de los permisos oportunos necesarios para la prospección y posterior estudio del yacimiento

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, J. R. L. (1997). Subfossil mammalian tracks (Flandrian) in the Severn Estuary, S. W. Britain: mechanics of formation, preservation and distribution. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 352, 481-518.
- Álvarez Bermejo, J.M., Argaíz Gil, O., Díaz-Martínez, I., Eguiluz García, I., Herreros Martínez, M., Lucas López, J., Martínez García, C., Martínez Pérez, J., Pérez Llanos, A., Pérez-Lorente, F. y Vega García, P. (2013). El yacimiento paleoicnológico de Guilera. Redescubrimiento, situación, definición y análisis de sus icnitas. *Zubia*, 31, 199-210
- Atarés, A., Ortega-Lozano, A. y Pérez-Lorente, F. (1983). Fallas cuaternarias en las proximidades de Alcanadre y en la Rioja Baja. *Cuadernos de investigación geográfica*, 9, 29-40.
- Branças, R., Blaschke, J. y Martínez, J. (1979). *Huellas de dinosaurios en Enciso*. Diputación de Logroño, 97 pp.
- Brown, T. (1999). *The science and art of tracking*. Berkley Books, Nueva York. 219, pp

- Camara, P. y Durantez, O. (1981). *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja nº 280. ENCISO*. Instituto Geológico y Minero de España., Hoja y memoria.
- Caro, S., Pérez-Gómez, A., Pérez-Lorente, F. y Mata, P. (1989). Contacto entre la Depresión del Ebro y la Cordillera Ibérica. Límite oriental de La Rioja (España). *Zubia*, 7, 75-97.
- Casanovas, M.L., Ezquerro, R., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J.V., (1992). Revisión del yacimiento "Icnitas 3" de huellas de dinosaurio (Enciso, La Rioja. España). *Zubia*, 10, 31-44.
- Casanovas, M.L., Ezquerro, R., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., Santafé, J.V., y Torcida, F. (1993). Icnitas de dinosaurios. Yacimientos de Navalsaz, Las Mortajeras, Peñaportillo, Malvacierro y la Era del Peladillo 2. (La Rioja. España). *Zubia monográfico*, 5, 9-133.
- Casanovas, M.L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J. V. (1989). Huellas de dinosaurios de La Rioja. Yacimientos de Valdecevillo, La Senoba y de La Virgen del Campo. *Ciencias de la Tierra*, 12, 1-190.
- Casanovas, M.L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F., Romero-Molina, M.M. y Santafé, J. (1999). Empreintes de dinosaures dans la Rioja. En *Dinosaurs in the Mediterranean*. Revue Editée par la Cité des Sciences á Tunis. *Almadar*. (11), 109-132
- Casanovas, M.L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J.V. (1998). Ocho nuevos yacimientos de huellas de dinosaurio. *Zubia*, 16, 117-152.
- Casanovas, M.L. y Santafé, J.V. (1971). Icnitas de reptiles mesozoicos en la provincia de Logroño. *Acta Geológica Hispanica*, 6, 139-142.
- Casanovas, M.L. y Santafé, J.V. (1974). Dos nuevos yacimientos de icnitas de reptiles mesozoicos en la región de Arnedo. *Acta Geológica Hispanica*, 9, 88-91.
- Doublet, S. (2004). *Contrôles tectonique et climatique de l'enregistrement stratigraphique das un bassin continental de rift: le bassin de Cameros*. These Université de Bourgne. 494 pp.
- Fornós, J.J., Bromley, R.G., Clemmensen, L.B. y Rodríguez-Pérez, A. (2002). Tracks and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (Artiodactyla, Caprinae) in Pleistocene aeolianites from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 180, 277-313
- Gatesy, S.M. (2003). Direct and indirect track features: what sediment did a dinosaur touch? *Ichnos*, 10, 91-98.
- Guiraud, M. y Séguret, M. (1985). A releasing solitary overstep model for the Late Jurassic-Early Cretaceous (Wealdien) Soria strike-slip basin (North of Spain). En Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation, Biddle, K.T., Christie-Blick, N. Eds. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*. 37, 159-175.

- Haubold, H. 1971. Ichnia amphibiorum et reptiliorum fossilium. En *Handbuch der Paläoberpetologie*. O. Kuhn, Ed., 18,18, 1-124.
- Leonardi, M.G. (1987). *Glossary and manual of tetrapod footprint palaeoichnology*. Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília: 129 p.
- Ortega-Lozano, A. y Pérez-Lorente, F. (1984). El Terciario en la depresión de Arnerdo. *Cuadernos de investigación geográfica*. 0, 99-113.
- Pérez-Lorente, F. (1985). La neotectónica en La Rioja. Algunos aspectos morfológicos. En Actas del I Coloquio de Geografía de La Rioja. *Ciencias de la Tierra*, 6, 9-23
- Pérez-Lorente, F. (1987). Escamas tectónicas alpinas en Lagunilla de Jubera (Cordillera Ibérica, La Rioja). *Mediterránea*, 6, 39-54.
- Pérez-Lorente, F. (2001). *Paleoicnología. Los dinosaurios y sus huellas en La Rioja*. Apuntes para los cursos y campos de trabajo de verano. Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja Ed. 227 p.
- Pérez-Lorente, F. (2002). La distribución de yacimientos y de tipos de huellas de dinosaurio en la cuenca de Cameros (La Rioja, Burgos, Soria. España). *Zubía monográfico*, 14, 191-210.
- Pérez-Lorente, F. (2013) Las huellas de dinosaurio más modernas de Enciso (La Rioja, España). Yacimiento de Las Riscas. *Zubia*. (31). 211-222
- Pérez-Lorente, F. (2015). *Dinosaur footprints and trackways of La Rioja*. Life of the past, J.O.Farlow ed. Indiana University Press.363 pp.
- Requeta, L.E., Hernández Medrano, N. y Pérez-Lorente, F. (2006-7). La Pellejera: Descripción y aportaciones. Heterocronía y variabilidad de un yacimiento con huellas de dinosaurio de La Rioja (España). *Zubía monográfico*, (18-19), 21-114.
- Romero-Molina, M.M., Pérez-Lorente, F. y Rivas, P., (2003a). Análisis de la parataxonomía utilizada con las huellas de dinosaurio. En *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. F. Pérez-Lorente coord. *Ciencias de la Tierra*. 26, 13-32.
- Romero-Molina, M.M., Sarjeant, W.A.S., Pérez-Lorente, F., López, A. y Requeta, E. (2003b). Orientation and characteristics of theropod trackways from the Las Losas Palaeoichnological site (La Rioja, Spain). *Ichnos*, 10, 241-254.
- Sarjeant, W.A.S. (1990). A name for the trace of an act: approaches to the nomenclature and classification of fossils vertebrate footprints. En *Dinosaur systematics: perspectives and approaches*. K. Carpenter y P.J. Currie eds. Cambridge Univ. Press. 299-308.
- Thulborn, A. (1990). *Dinosaur tracks*. Chapman and Hall, New York: 410 p.
- Tischer, G. (1966). Über die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der Östlichen Sierra de los Cameros im der nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Beihfte Geologisches Jahrbuch*, 44, 123-164.