

ZUBÍA

REVISTA DE CIENCIAS



32

ier

Instituto de Estudios Riejanos

ZUBÍA
REVISTA DE CIENCIAS.
Nº 32 (2014). Logroño (España).
P. 1-159, ISSN: 0213-4306

DIRECTORA

Purificación Ruiz Flaño

CONSEJO DE REDACCIÓN

Luis Español González

Rubén Esteban Pérez

Rafael Francia Verde

Juana Hernández Hernández

Luis Miguel Medrano Moreno

Patricia Pérez-Matute

Enrique Requeta Loza

Rafael Tomás Las Heras

CONSEJO CIENTÍFICO

José Antonio Arizaleta Urarte

(Instituto de Estudios Riojanos)

José Arnáez Vadillo

(Universidad de La Rioja)

Susana Caro Calatayud

(Instituto de Estudios Riojanos)

Eduardo Fernández Garbayo

(Universidad de La Rioja)

Rosario García Gómez

(Universidad de La Rioja)

José M^a García Ruiz

(Instituto Pirenaico de Ecología)

Javier Guallar Otazua

(Universidad de La Rioja)

Teodoro Lasanta Martínez

(Instituto Pirenaico de Ecología)

Joaquín Lasierra Cirujeda

(Hospital San Pedro, Logroño)

Luis Lopo Carramiñana

(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)

Fernando Martínez de Toda

(Universidad de La Rioja)

Alfredo Martínez Ramírez

(Centro de Investigación Biomédica de La Rioja -CIBIR-)

Juan Pablo Martínez Rica

(Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC)

José Luis Nieto Amado

(Universidad de Zaragoza)

José Luis Peña Monné

(Universidad de Zaragoza)

Félix Pérez-Lorente

(Universidad de La Rioja)

Diego Troya Corcuera

(Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia, Estados Unidos)

Eduardo Viladés Juan

(Hospital San Pedro, Logroño)

Carlos Zaldívar Ezquerro

(Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja)

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Instituto de Estudios Riojanos

C/ Portales, 2

26071 Logroño

publicaciones.ier@larioja.org

Suscripción anual España (1 número y monográfico): 15 €

Suscripción anual extranjero (1 número y monográfico): 20 €

Número suelto: 9 €

Número monográfico: 9 €

INSTITUTO DE ESTUDIOS RIOJANOS

ZUBÍA

REVISTA DE CIENCIAS

Núm. 32

ier

Gobierno de La Rioja
Instituto de Estudios Riojanos
LOGROÑO
2014

Zubía –N. 3 (1985)– . –Logroño : Instituto de Estudios Riojanos, 1985-v.; il.; 24 cm. Anual
D.L. Lo 56-1986
Es suplemento de esta publicación : Zubía. Monográfico, ISSN 0213-4306
Es continuación de : Berceo. Ciencias
ISSN 0213-4306 = Zubía
5/6

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse ni transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de los titulares del copyright.

- © Logroño 2014
Instituto de Estudios Riojanos
C/ Portales, 2
26001-Logroño, La Rioja (España)
- © Diseño de cubierta e interior: ICE Comunicación
- © Cubierta: Prado aprovechado por vacas y ladera cubierta de matorrales en Vadillos.
Foto: David Lasanta Santolaya.
Contracubierta: Ladera de campos abandonados y desbrozados de matorral en Jalón de Cameros. Foto: David Lasanta Santolaya.

Producción gráfica: kbcreativos.com

ISSN 0213-4306
Depósito Legal LO-56-1986

Impreso en España - Printed in Spain

ÍNDICE

RUBÉN ESTEBAN PÉREZ

Actuaciones para la eliminación del tapiz algal presente en los espeleotemas en la rehabilitación de las grutas visitables de La Paz y de La Viña en Ortigosa de Cameros – La Rioja

Removing the algal mats from the speleothems for the restoration of La Paz and La Viña touristic caves (Ortigosa de Cameros – La Rioja)..... 7-32

NIEVES HERNÁNDEZ-MEDRANO, CARLOS PASCUAL ARRIBAS, FÉLIX PÉREZ-LORENTE, RAÚL SESMA

Ichneutas terópodos, ornitópodos y de pterosaurio en la formación Aguilar del Río Alhama. Grupo de Oncala, cuenca de Cameros

Theropod, ornithopod and pterosaur ichnites from the Aguilar del Rio Alhama Formation. Oncala Group, Cameros Basin 33-71

YERAY MONASTERIO LEÓN, JUAN CARLOS VICENTE ARRANZ, ÓSCAR MORENO IRIONDO, RUTH ESCOBÉS JIMÉNEZ, BEATRIZ PARRA ARJONA, VLAD DINCĂ, ROGER VILA

Tres nuevas especies de mariposas diurnas (Lepidoptera, Papilionoidea) para la comunidad autónoma de La Rioja y confirmación de la presencia de *Heteropterus morpheus* (Hesperiidae)

Three new butterfly species (Lepidoptera, Papilionoidea) for La Rioja region (Northern Spain) and confirmation of the presence of Heteropterus morpheus (Hesperiidae) 73-84

CARMEN RODRÍGUEZ-DELGADO, LARA GARCÍA-ÁLVAREZ, PATRICIA PÉREZ-MATUTE

Adicción a las drogas: estado de la cuestión y papel de las enfermeras en nuestra comunidad

Drug addiction: state of art and the role of nurses in our community 85-102

RAFAEL FRANCIA VERDE

Detección del cambio climático en España. Una investigación con alumnos de bachillerato en La Rioja

The detection of climatic change in Spain. An investigation with secondary school students..... 103-132

TEODORO LASANTA, M^a PAZ ERREA ABAD, ESTELA NADAL-ROMERO

La estructura del paisaje del Valle del Leza (Sistema Ibérico) en función de la escala de análisis: una aproximación al papel que representa la extensión del territorio analizado

Landscape structure in the Leza Valley (Iberian System) according to scale analysis: an approach to study the role that represents the extension of the analysed landscape..... 133-153

ICNITAS TERÓPODAS, ORNITÓPODAS Y DE PTEROSAURIO EN LA FORMACIÓN AGUILAR DEL RÍO ALHAMA, GRUPO DE ONCALA, CUENCA DE CAMEROS*

NIEVES HERNÁNDEZ-MEDRANO^{1,2}

CARLOS PASCUAL ARRIBAS³

FÉLIX PÉREZ-LORENTE^{2,4}

RAÚL SESMA⁵

RESUMEN

Una de las unidades estratigráficas de la Cuenca de Cameros con menos yacimientos de icnitas de dinosaurio, es la Formación de Aguilar del Río Alhama, definida en esta localidad, de edad Berriasiense (Cretácico Inferior). Recientemente, en el límite entre Soria y La Rioja, uno de nosotros (R. S.) encontró dos yacimientos con huellas de dinosaurios. En la prospección de la zona por otro de los autores de este trabajo (C. P.) se hallaron otros dos, uno de ellos con icnitas de pterosaurios y otro con huellas ornitópodas. El trabajo ha constado de la representación gráfica a escala de todas las huellas detectadas y de su análisis icnítico, en primer lugar de cada una de las pisadas, después de sus rastrilladas y finalmente de su conjunto. Se han comparado con huellas similares, especialmente de la Cuenca de Cameros y se ha examinado la dirección de las rastrilladas y su posible relación con el entorno.

Palabras clave: *Icnitas, dinosaurios, pterosaurios, Formación Aguilar del Río Alhama, Cretácico Inferior, Berriasiense, La Rioja-Soria.*

“Aguilar del Río Alhama” Formation, defined in this location and Berriasian (Lower Cretaceous) age, is one of the stratigraphic units of the Cameros Basin, with less dinosaur footprints content. Recently, at the boundary bet-

* Recibido el día 17 de septiembre de 2014 . Aprobado el día 14 de noviembre de 2014.

1. Jorge Vigón, 37. 26003 Logroño. mnhernandez@terra.com

2. Instituto de Estudios Riojanos. Portales 2. 26001 Logroño

3. Real, 65. 42002 Soria. capascual-1@telefonica.net

4. Universidad de La Rioja. Edificio CT. c/ Madre de Dios, 51-53. E- 26006 Logroño. felix.perez@unirioja.es

5. Minas de Navajún. Calle Abajo s/n, 26533. La Rioja. raulsesmajimeno@hotmail.com

ween Soria and La Rioja, one of us (R.S.) found two ichnological sites with dinosaur tracks near Cigudosa town. In the survey of the area carried by another of the authors of this paper (C.P.) there were found two further ones. One of them containing footprints of pterosaurs. The work consist in a graphic representation is to scaled of all the detected footprints, ichnological analysis of individual prints, of each trackways and finally of the whole. They have also been compared with similar footprints, especially from Cameros Basin. The trackways directions and its possible relationship with the environment have been examined.

Key words: *Footprints, dinosaurs, pterosaurs, Aguilar del Rio Albama Formation, Lower Cretaceous, Berriasian, La Rioja-Soria*

1. INTRODUCCIÓN

Para los estudiosos de Paleoicnología de vertebrados es bien conocida la Cuenca de Cameros (Burgos, La Rioja, Soria; España), especialmente los grupos Oncala y Enciso, por su prolífico contenido en yacimientos de icnitas de dinosaurio y de otros tipos de vertebrados mesozoicos (Pérez-Lorente, 2002; Hernández-Medrano *et al.*, 2008).

Dentro del Grupo Oncala, la Aloformación Huérteles (Gómez-Fernández, 1992; Gómez-Fernández y Meléndez, 1994) es la que ha proporcionado, hasta el momento, la mayor parte de estos yacimientos (Hernández-Medrano *et al.*, 2008). Se conocen unos 200, aunque gran parte de ellos son muy pequeños y tienen pocas icnitas; sin embargo, poseen valor estadístico respecto a la distribución de huellas de reptiles mesozoicos. En esta Aloformación se distinguen dos zonas: la zona occidental, más extensa, fundamentalmente de composición siliclástica, que constituye lo que se llama Formación Huérteles (Guiraud y Seguret, 1985) y en la que se hallan la mayoría de los yacimientos; y la zona oriental en la que por cambio lateral de facies, los sedimentos son carbonático-evaporíticos y dan lugar a la Formación Aguilar del Río Alhama (Guiraud y Seguret, 1985; Quijada *et al.*, 2013). En ésta última sólo se conocen unos pocos yacimientos con huellas de dinosaurios localizados a lo largo del arroyo Miraflores (Pascual Arribas *et al.*, 2005), originalmente descritos como propios de la Aloformación Huérteles.

En la Fm. Valdeprado (parte superior del Grupo Oncala), que se dispone “onlap” sobre las dos formaciones anteriores, también son pocos los yacimientos icníticos conocidos. Esta formación, carbonática-evaporítica, sólo ha proporcionado huellas de pterosaurios en el yacimiento de La Cuesta (Hernández-Medrano *et al.*, 2008). El número de icnitas de vertebrados tan limitado en las dos formaciones carbonático-evaporíticas (Aguilar del Río Alhama-Valdeprado) no permite establecer relaciones paleoecológicas, ni por los icnofósiles que contienen (biológicas), ni por los ambientes sedimentarios existentes durante la formación de las icnitas (paleoambientales).

La localización y el estudio de nuevos yacimientos de huellas de vertebrados en la Formación Aguilar del Río Alhama es muy importante, para conocer adecuadamente la distribución de tipos de dinosaurio y otros reptiles, y la influencia que el ambiente existente durante su depósito ejerció sobre los animales que vivieron en la zona (SE de La Rioja y Soria).

En este estudio de nuevos yacimientos de huellas de dinosaurios y pterosaurios en las cercanías de la localidad de Cigudosa (Soria), dentro de la Formación Aguilar del Río Alhama (Quijada *et al.*, 2013) se aporta la cartografía detallada de los yacimientos, la descripción de los datos morfológicos y morfométricos de las icnitas y rastrilladas, y su análisis icnológico. Es el único punto con huellas de dinosaurios, que se puede emplear para cualquier tipo de estudio geológico o paleontológico relativo a la Formación Aguilar del Río Alhama en La Rioja, puesto que se encuentra en los límites de la misma.

La nomenclatura y las abreviaturas son las empleadas en casi todos los trabajos publicados en Zubía. En el texto se resaltan con negrita las abreviaturas utilizadas (Tabla 1).

2. MARCO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

Cigudosa es uno de los municipios de la provincia de Soria (España) limítrofes con la Comunidad de La Rioja. Se sitúa al NE de esta provincia, dentro de la Comarca del Moncayo. Se encuentra recorrido por las aguas del río Alhama, tributario del río Ebro, en cuyas orillas se asienta la localidad, sus coordenadas UTM son: zona 30; x = 578.246; y = 4.643.088; altitud media = 730 m.

Geológicamente (figura 1), se sitúa en la subcuenca oriental de la Cuenca de Cameros (Cordillera Ibérica, España), aflorando en su término las capas de la Fm. Aguilar del Río Alhama (Guiraud y Seguret 1985; Quijada *et al.*, 2013). Esta Formación constituye la parte oriental de la base del Grupo Oncala (Tischer, 1966), redefinido por Mas *et al.* (1993) y Gómez Fernández y Meléndez (1994). En las cercanías de la zona de estudio, en dicha Formación se han diferenciado dos intervalos de sedimentos (Quijada *et al.*, 2013):

- Intervalo A: es la parte inferior, constituida por calizas laminadas con yesos, que en muchos casos están reemplazados por calcita y cuarzo. Su contenido faunístico se reduce a ostrácodos, siendo testimonial la presencia de carófitas. Las capas de carbonatos laminares están interestratificadas con fangos arcillosos-evaporíticos, muchas veces con grietas de desecación (mudcraks) y brechas de carbonatos. Éstas se consideran el resultado de deformaciones tectónicas (Quijada *et al.*, 2012) (Figura 2).

En este intervalo de capas se encuentran los yacimientos de icnitas de dinosaurios de los alrededores de Cigudosa (Barranco del Cuenco, Arroyo Calderón, Camino de Castilruiz y Pinchano).

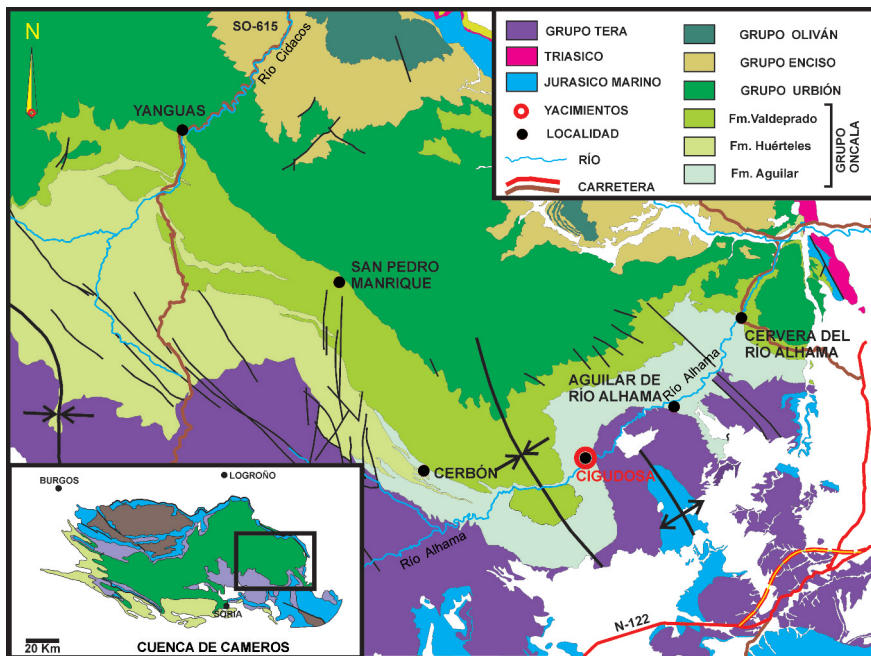


Figura 1. Situación geológica de los nuevos yacimientos con huellas de dinosaurio y pterosaurio en torno a la localidad de Cigudosa. El círculo rojo señala la zona alrededor de Cigudosa donde se encuentran los yacimientos de Barranco del Cuenco (BDC), Arroyo Calderón (CAL), Camino de Castiruz (CDC) y Pinchano (PIN).

- Intervalo B: tiene una composición similar a la del intervalo A, pero en él son más abundantes las brechas y, lateralmente, aparecen areniscas.

La Fm. Aguilar del Río Alhama hacia el oeste pasa lateralmente a la Fm. Huérteles. Para Salomón (1982) este paso se sitúa en las cercanías del Río Alhama, constituyéndose el mismo en frontera entre ambas formaciones -Salomon, llama Fm. Inestrillas a la actual Fm. Aguilar del Río Alhama-. Para Quijada *et al.* (2013) ese cambio se produce un poco más al oeste, en los alrededores de las localidades de Cerbón y Magaña (Soria). En la parte occidental de la Fm. Huérteles predominan los conglomerados y areniscas con estratificación cruzada (Gómez-Fernández, 1992; Meléndez y Gómez-Fernández., 2000), mientras en la parte oriental destacan los depósitos de limolitas, areniscas, cuerpos canalizados y algunas calizas (Gómez-Fernández, 1992; Gómez-Fernández y Meléndez, 1994), que se atribuyen a ambientes fluvio-deltaicos con influencia mareales (inter-supra mareales), atravesados por canales muy poco profundos (Quijada *et al.*, 2010, 2014).

Por encima de la Fm. Aguilar del Río Alhama y de la Fm. Huérteles se depositan las capas carbonático-evaporíticas de la Fm. Valdeprado (Guiraud y Seguret, 1985; Quijada *et al.*, 2013), constituidas por calizas laminadas menos

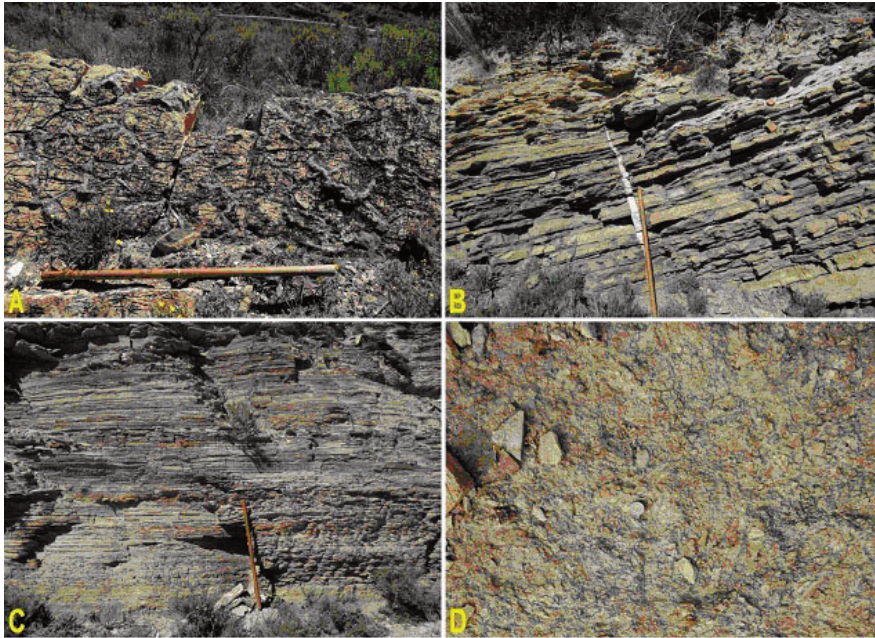


Figura 2. Estratigrafía de la Fm. Aguilar en los alrededores de Cigudosa. (A)- Calizas masivas con pseudomorfos de evaporitas. (B)- Alternancia de calizas mudstone y pseudomorfos de evaporitas reemplazados por calcita. (C)- Laminación flaser, ondulada y lenticular. (D)- Brechas de calizas.

yesíferas y sin apenas existencia de brechas calizas. Tischer (1966) englobó las actuales formaciones Valdeprado y Aguilar del Río Alhama en sus calizas de Cervera, debido a que en ellas predominan las capas carbonatadas, lo que las distinguen del resto de unidades sedimentarias del Grupo de Oncala.

En función de los restos de ostrácodos y carófitas encontrados en las formaciones del Grupo Oncala, así como por correlación estratigráfica, se considera que estas capas tienen edad Berriasiense (Martín-Closas y Alonso, 1998; Mas *et al.*, 2004; Schudack y Schudack, 2009; Clemente, 2010).

3. MÉTODO

En la descripción y estudio de las icnitas se han tenido en cuenta su forma y los parámetros que las caracterizan (ver tablas). Se han diferenciado por su tamaño en icnitas pequeñas (menores de 25 cm de longitud) e icnitas grandes (más de 25 cm de longitud) según Thulborn, 1990. No hemos tenido en cuenta la clasificación por tamaños de las huellas de Marty (2008) porque los intervalos propuestos no se acomodan bien a los tamaños de los morfotipos que se reconocen en los yacimientos del entorno de Cigudosa y porque la distinción entre huellas grandes y pequeñas (Thulborn, 1990) se utiliza en el cálculo de algunos parámetros morfométricos.

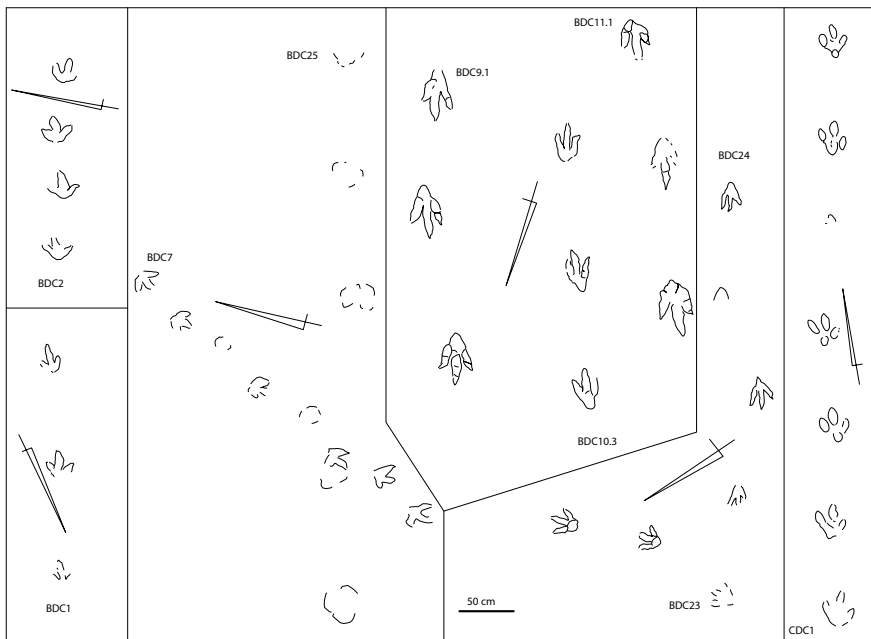


Figura 3. Rastilladas BDC1, BDC2, BDC7, BDC9, BDC10, BDC11, BDC23, BDC24 y BDC25 del Barranco del Cuenco y rastillada CDC1 del Camino de Castilruiz.

Al aplicar la relación z/l al estudio de las huellas de dinosaurios bípedos se ha tenido en cuenta que (Pérez-Lorente, 2001):

a) El valor máximo de z/l en las rastilladas ornitópodas es de 5,5; mientras en las terópodas es de 4,8.

b) Los valores de $z/l > 6$ se relacionan con dinosaurios de extremidades delgadas; entre 6 y 5,5 normales; entre 5,5 y 3,0 gruesas; y $< 3,0$, muy gruesas.

Al utilizar $(l-a/a)$ en el estudio de las huellas de pies de dinosaurios, se considera (Pérez-Lorente, 2001) que los mismos son muy anchos si esta relación alcanza valores $< -0,5$; anchos entre 0 y 0,5; estrechos entre 1 y 0; y muy estrecho > 1 .

Se ha calculado la velocidad (v_1, v_2) de los autores de las huellas siguiendo los métodos de Alexander (1976) y Demathieu (1986) respectivamente. Se considera que si $z/h < 2$ el animal se desplazaba andando; si alcanza valores entre 2 y 2,9 iba al trote; y si era superior a 2,9 corría (Thulborn, 1990).

En algunas rastilladas en las que se prolonga hacia atrás la marca del talón, hemos deducido que tal aumento se debe a que también está impreso parte del metatarso.

Para clasificar las huellas nos basamos en sus características morfológicas y morfométricas, siguiendo las descripciones de Thulborn (1990) y Romero Molina *et al.*, (2003). Ello implica, entre otras cosas, que al hablar

de huellas terópodos y ornitópodas no se indica que los autores fueran terópodos y ornitópodos respectivamente. Los autores consideran que tal distinción es imposible o muy difícil de establecer en algunos icnotipos.

En el análisis bivalente de las huellas realizado, siguiendo los métodos de Weems (1992) y Lockley (2009), “te” representa la proyección hacia delante del dedo III con respecto a los otros dos (II y IV). Con estos análisis se trata de relacionar las icnitas de Cigudosa con grupos de huellas conocidos, sirviendo de ayuda a su clasificación.

La abundancia y disparidad de nombres de icnitas terópodos y ornitópodas permite asociar muchas huellas a más de un icnogrupo (al menos icnogénérico). La cantidad de icnogéneros enmendados o corregidos es tan grande que nosotros utilizaremos únicamente los icnogéneros originales atendiendo a la descripción y diagnosis empleada por los autores que los definieron.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS HUELLAS

Las huellas están en cuatro yacimientos situados en los alrededores de Cigudosa (Soria): Barranco del Cuenco (BDC); Arroyo Calderón (CAL); Camino de Castilruiz (CDC); y Pinchano (PIN). Para la denominación se ha considerado el nombre del paraje en el que se ubican; las siglas combinan las iniciales del lugar.

En los tres yacimientos con huellas de dinosaurio de Cigudosa se han encontrado 131 pisadas cuyo tamaño varía entre 20 cm (BAC7.1) y 53 cm (BDC11.3, CAL1.8 y CAL1.9). Hay huellas mayores (BLC5.6 con 60 cm), pero no son estrictamente digitígradas porque también tienen impresa una parte del metatarso. El tamaño medio deducido en cada rastrillada, oscila entre 22 y 50 cm. No hay máximos entre ambos límites, es decir que no predomina un tamaño de dinosaurios sobre los demás.

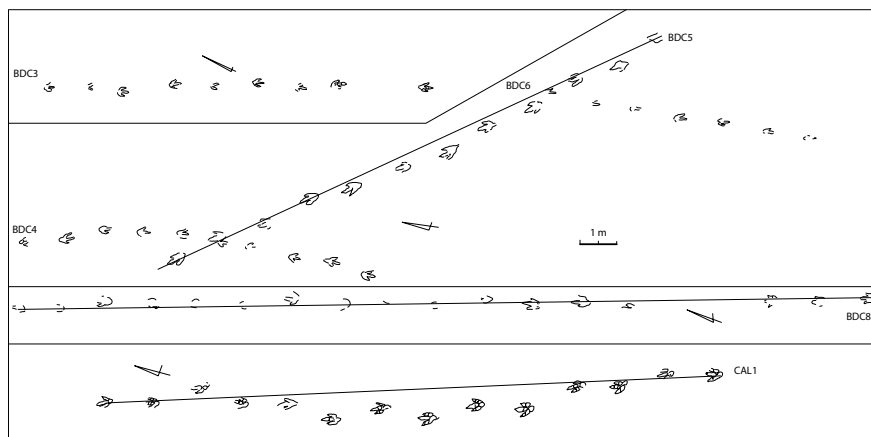


Figura 4. Rastrilladas BDC3, BDC4, BDC 5, BDC6 BDC8 del Barranco del Cuenco y CAL1 del Arroyo Calderón.

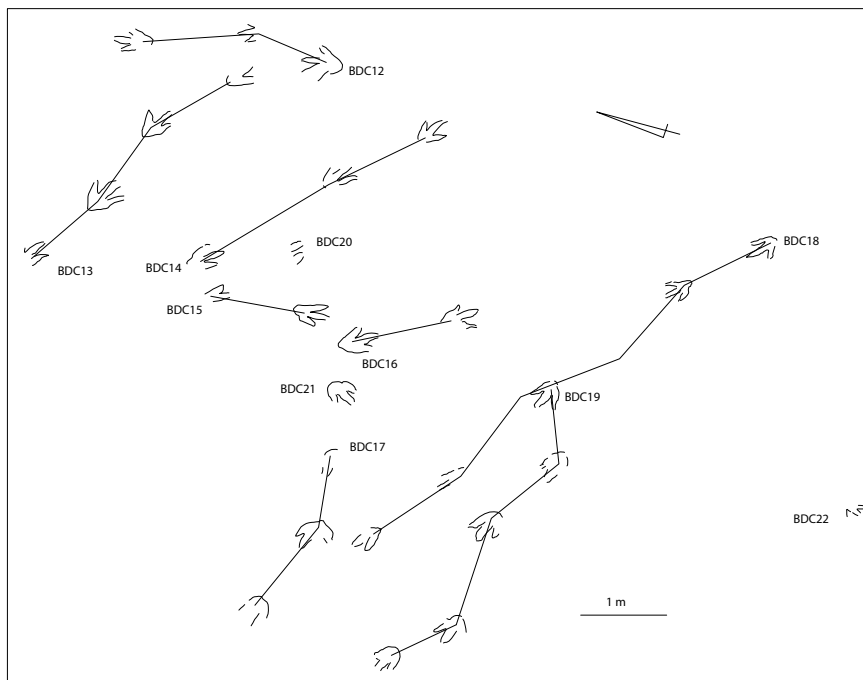


Figura 5. Rastrilladas BDC12 a BDC22 del Barranco del Cuenco (BDC).

4.1 Yacimiento del Barranco del Cuenco (BDC)

Este yacimiento se sitúa a unos 500 m, al NO del pueblo, junto a la margen izquierda del arroyo del mismo nombre. Consta de dos partes: una inferior, junto al arroyo, y otra superior a unos 250 m del primero. Esta última contiene la mayor parte de las huellas (120), distribuidas en 21 rastrilladas y 3 icnitas aisladas, que se disponen a lo largo de varios afloramientos, aparentemente en el techo de una sola capa. Los afloramientos tienen bien una rastrillada o bien grupos de ellas; en uno de ellos hay además tres icnitas aisladas.

Las rastrilladas aisladas son BDC1, BDC2, BDC3 y BDC8 (figuras 3, 4). Forman grupos de dos o tres rastrilladas BDC4-BDC5-B DC6, BDC7, BDC9-BDC10-BDC11, BDC23, BDC24 BDC25 (figuras 3, 4), Finalmente, hay varias rastrilladas e icnitas aisladas, en un afloramiento que incluye las que sus siglas van desde BDC12 hasta BDC22 (figura 5). No hay criterios para relacionar o agrupar las rastrilladas por su dirección o por los caracteres de sus huellas, ni las de icnogrupos diferentes, ni las del mismo icnogrupos. Ello no posibilita realizar inferencias etológicas, como la existencia o no de comportamiento gregario, por ejemplo.

El número de icnitas de las rastrilladas es diferente de unos a otros casos y depende solamente de que la dirección del rastro sea coincidente o no con

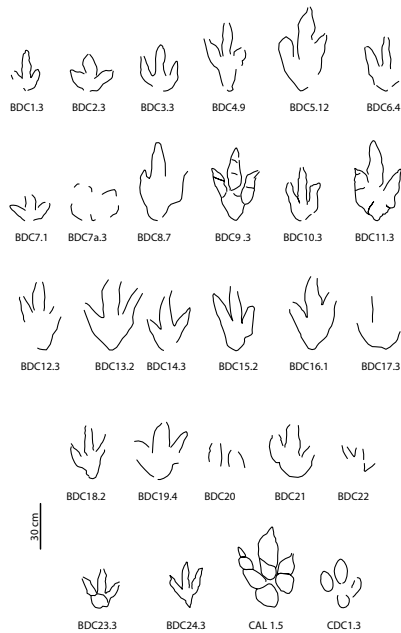


Figura 6. Icnitas de dinosaurio representativas de las rastrilladas y huellas aisladas de los yacimientos de Cigudosa

la dimensión mayor del afloramiento. Hay icnitas aisladas ((BDC20, BDC221, BDC22), pares de huellas (BDC15, BDC16), y rastrilladas que contienen de 3 a 17 icnitas (BDC8). Las rastrilladas mayores (que tienen más icnitas) son las que coinciden con la dimensión mayor de la superficie expuesta.

Muchas de las pisadas no tienen completa la línea de contorno, lo que ocasiona la falta algunos datos en casi todas las rastrilladas (ver Tablas). Tampoco se marcan igual las almohadillas dactilares, la del talón o las uñas. En algunas pisadas es imposible definir el tipo de icnita (BDC25), y en ocasiones los caracteres que las identifican se reconocen solo en alguna de las huellas de las rastrilladas (BDC8, BDC6, BDC17); en BDC3 no hay un patrón repetido (figura 6)

En varios casos, la marca del talón se prolonga posteriormente porque también se imprime parte del metatarso (BDC4, BDC5, BDC12, BDC14, BDC24). No son rastrilladas semiplantígradas porque el metatarso completo dejaría una señal más larga. Ninguna de las rastrilladas tiene todas las huellas con la marca del talón alargada posteriormente.

Según los criterios de clasificación empleados (Thulborn, 1990; Romero Molina *et al.*, 2003) distinguimos tres icnotipos de pisadas de dinosaurios: icnitas ornitópodas (BDC2, BDC7), icnitas no identificadas (BDC17, BDC25) o de atribución difícil (BDC19) y todas las demás, que serían icnitas terópodos. Todas las huellas con marcas de metatarso de este yacimiento son icnitas terópodos.

4.1.1. Huellas ornitópodas (figuras 3B, 3C)

Las características principales que definen las icnitas ornitópodas son el número de almohadillas de los dedos y la terminación de los mismos. Las icnitas ornitópodas (Tabla 1) de BDC son pequeñas (<25 cm de longitud [I]), anchas, con dedos gruesos y cortos, de divergencia **II^IV** grande. Probablemente estas icnitas tengan también el ángulo interdactilar **II^III** menor que el **III^IV**, pero en ellas es difícil definirlo. El ángulo **II^IV** es grande, en general mayor que para las icnitas terópodas, sobre todo en las rastrilladas BDC2 y BDC7. No se observa diferencia entre la parte posterior del dedo **II** y la del dedo **IV**. Los dos dedos se parecen tanto en la forma y en el tamaño, que no resulta fácil identificarlos. Las extremidades son muy gruesas ($z/I = 0,8-0,9$), el ángulo de paso relativamente pequeño (149-165) y la velocidad (**v**) muy baja (unos 2,5 km/h). El número de rastrilladas con icnitas ornitópodas es pequeño.

4.1.2. Huellas terópodas (figuras.3, 4, 5, 6)

Las icnitas terópodas de BDC son grandes (todas de más 25 cm de longitud [Tablas 1, 2]; la mayor de 50 cm –BDC11), excepto BDC23 (**I** = 24 cm). Los dedos suelen estar separados a lo largo de su recorrido y son claramente más largos que anchos. Es de notar que hay rastrilladas en las que la asimetría del pie es muy acentuada. En estos casos, el dedo **II** resulta no solo casi paralelo al **III**, sino que además contactan (BDC9, BDC10, BDC11). Las icnitas suelen tener el talón en la continuación del dedo **IV** (la almohadilla debe proteger la unión entre la primera falange del dedo **IV** y el metatarsiano correspondiente). El dedo **II** se sitúa en una posición más anterior de manera que, o bien hay una constricción en su parte proximal que la separa de la parte medial del pie, o bien el talón es bilobulado.

En los casos en los que se distinguen almohadillas –más de una por dedo– se ven impresas las estructuras de separación, bien en el fondo o bien en las paredes de los dedos (constricciones laterales de la línea de contorno de la huella).

La punta de los dedos (figura 6) es acuminada. A veces, y quizá por el comportamiento del barro o por la posición elevada de la uña, los ápices son redondeados.

Respecto a las rastrilladas, predominan las muy estrechas (Tablas 1, 2), con ángulo de orientación (**O**) menor de 4° y ángulo de paso (**Ap**) por encima de 160° (excepto BDC12, BDC23 y BDC24). La velocidad de estos dinosaurios oscila entre 4.5 y 6 Km/hora, guardando relación con la variación observada en otros dinosaurios de este tipo: en este caso, la máxima velocidad la adquieren cuando la longitud de la pisada se aproxima a 30 cm. Hay relación entre el tamaño del dinosaurio y la delgadez/grosor de sus extremidades (la relación z/I es de 4.9 a 5.1 si la pisada es próxima a 50 cm y superior a 6.5 si es menor de 35 cm).

4.2. Yacimiento del Arroyo Calderón (CAL)

Este yacimiento se sitúa en el borde del cauce del arroyo Calderón, a unos 2 Km. en dirección oeste del pueblo. Está formado por una sola rastrillada de 14 icnitas (figura 4) y unas pocas huellas aisladas de pterosaurios.

CAL.1. Es una rastrillada que contiene una secuencia continua de 14 huellas tridáctilas grandes. Las marcas de los pies son estrechas (Tablas 1, 2), más largas (50 cm) que anchas (34 cm). Los dedos son largos y fuertes, con almohadillas dactilares anchas, y terminación acuminada. La divergencia dactilar asimétrica ($\text{II}^{\wedge}\text{III}$ [9°] < $\text{III}^{\wedge}\text{IV}$ [31°]) es muy patente en casi todas las pisadas. El talón es la parte posterior de una almohadilla que está en prolongación con las del dedo **IV**. Es saliente y redondeado, aunque en algunas icnitas es bilobulado.

Aunque el ángulo de paso no es muy abierto ($\text{Ap} = 155^{\circ}$), la pista es muy estrecha (los pasos son cortos para el tamaño de pisada, $\text{P/I} = 2,6$). De acuerdo con lo anterior, la velocidad es baja (andar moderado). Es un dinosaurio que debería tener extremidades gruesas ($\text{z/I} = 5,1$), de 241 cm de longitud.

Se clasifican como icnitas terópodos.

Las icnitas de pterosaurios se encuentran en tres niveles diferentes. Sus características son similares, difiriendo, principalmente, en el tamaño. Las huellas de manos (6) son tridáctilas, de dedos desiguales ($\text{II} < \text{III} < \text{LIII}$) y ángulos interdigitales totales ligeramente superior e inferiores a 90°. Las huellas de pies (3) son triangulares, más largas que anchas ($\text{I/a} = 1,9$), con marcas de cuatro dedos terminados en agudas uñas. El talón, cuando se marca, es alargado y bastante estrecho (no se curva lateralmente). El ángulo de abertura de los pies es de unos 35°. Uno de los pies destaca por su tamaño y forma ($\text{I} = 14$ cm), muy semejantes a los de la icnoespecie *Pteraichnus palacieisaenzi* (Pascual Arribas y Sanz Pérez, 2000; Pascual Arribas *et al.*, 2014) (Figura 8).

4.3. Yacimiento del Camino de Castilruiz (CDC)

A 1,5 Km en dirección sur desde el pueblo de Cigudosa, en el fondo de un barranco, entre la carretera actual y el antiguo camino que conducía desde Castilruiz a esta localidad, se encuentra este yacimiento, formado también por una sola rastrillada. Se le ha dado la signatura CDC1 (figura 3). Como en el caso anterior, se han hallado, en otros niveles, huellas aisladas de pterosaurio (fig. 8) de características semejantes a las indicadas en el yacimiento de CAL.

La rastrillada está compuesta por 6 huellas completas y una que sólo muestra la parte anterior del dedo **III** y una parte de su talón. Las huellas (Tablas 1, 2) son algo más largas que anchas (I media = 30,3 cm; a media = 27,5 cm). De los tres dedos, el **III** es el que se destaca sobre los otros dos, tanto por su longitud como por su marca más ancha y profunda. Solo se observa una almohadilla por dedo. Los ángulos interdigitales son de tipo medio (divergencia total alrededor de 50°-60°). El talón es corto y muy redondeado

(casi circular en muchos casos), situado en la prolongación del dedo **III**, lo que unido a la disposición de los dedos **II** y **IV**, hace que las huellas sean bastante simétricas. Los valores de z/l (5,9) indican extremidades normales, en el límite con delgadas (ver apartado 3, Método; Pérez-Lorente, 2001).

Las pisadas se disponen en un rastro estrecho, con **Ar** (amplitud de rastrellada) baja y **Ap** elevado (unos 170°). Dado el valor de la zancada relativa ($z/h = 1,2$), su autor se desplazaba andando.

Se consideran icnitas ornitópodas.

4.4. Yacimiento de Pinchano (PIN)

Situado también a unos 2 Km al sur del pueblo, junto a la carretera local SO-P-1121, este yacimiento no contiene huellas de dinosaurios, pero expone numerosas marcas de pisadas de pterosaurios. Las huellas de este yacimiento (figuras 7, 8) están en calizas algo margosas, grises en corte fresco, y amarillas-ocres en superficie. La capa muestra numerosas grietas de desecación (mudcracks), algunas de las cuales afectan a las huellas; es decir, se ocasionaron después de formarse las icnitas. Por ahora, no se ha encontrado ninguna huella de dinosaurio en este nivel. Sólo se ha visto, junto a ellas, una pequeña señal de pisada que podría haber sido producida por un cocodrilo. En niveles carbonatados por encima y por debajo de éste, es posible ver huellas aisladas de pterosaurio de mayor tamaño.

Excepto tres posibles marcas de pies, el resto corresponden a impresiones de manos, sin formar rastros y en disposición caótica. Aunque su número alcanza casi el centenar, la mayoría están incompletas por diversos motivos (mala impresión, sobreimpresión, erosión...). Las icnitas de manos son de pequeño tamaño (entre 2 y 7 cm de longitud), predominando aquellas cuya longitud oscila entre 4 y 5 cm. Son más largas que anchas, con una relación l/a , variable, que oscila entre 1,5 y 3,2, aunque frecuentemente alcanza 2,5. Muestran las marcas de 3 dedos de tamaño muy desigual (**I<II<III**), terminados en uñas arqueadas. La del dedo **III** no suele diferenciarse debido a su presión perpendicular al suelo, siendo la del dedo **I** muy curvada. La proporción entre los dedos no es homogénea, observándose, al menos 2 tipos diferentes de huellas (ver tabla 3). Los ángulos interdigitales varían apreciablemente, aunque el ángulo total **I^III** suele adquirir valores casi siempre superiores a 90°.

Se ha encontrado una huella de pie bastante bien formada y, posiblemente, otras dos que a causa de lo mal marcadas que están no permite asegurarlo con certidumbre. La icnita (figura 8) tiene forma triangular, con marcas de 4 dedos terminados en uñas cortas, ligeramente anchas y de terminación acuminada. El talón es alargado y redondeado. La relación l_p/a_p se estima en 1,49 y la abertura del pie es de unos 35°.

Dada la forma de las huellas de manos y pies, las mismas se asocian a pterosaurios.

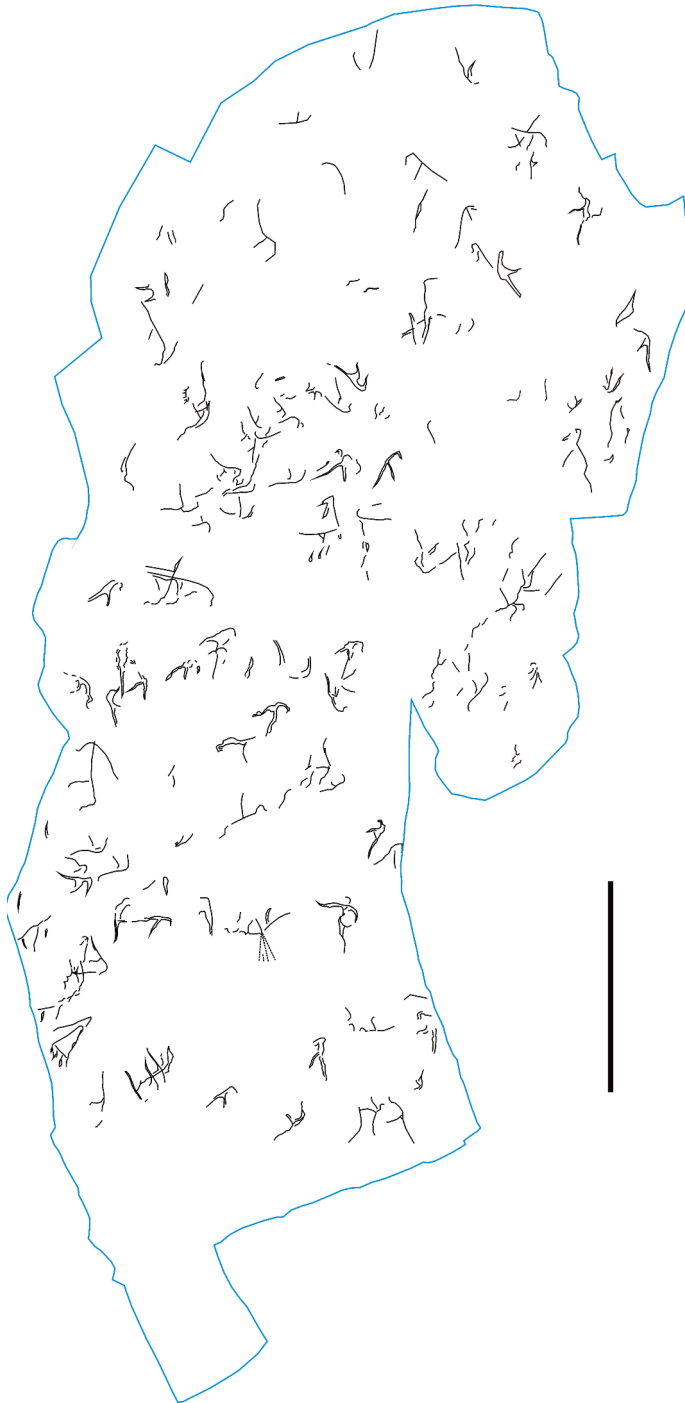


Figura 7. Plano del yacimiento de Pinchano (PIN) con huellas de pterosaurio no agrupadas en rastros. Escala 25 cm.

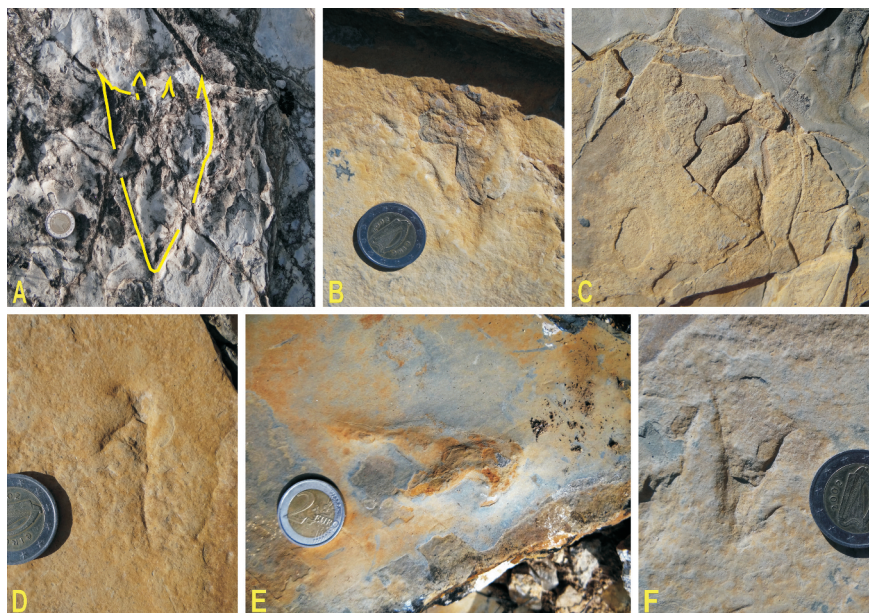


Figura 8. Huella de pterosaurio en los yacimientos de Cigudosa (Soria). (A) Icnita grande de pie, Arroyo Calderón; (B) Huellas de pie, en Pinchano; (C) Huella de mano en Camino de Castilruiz; (D, E, F) Huellas de mano, en Pinchano. Escala: diámetro de la moneda = 2,57 cm.

5. DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO

Aunque hay 3 yacimientos y 4 niveles con huellas de dinosaurios, la trayectoria en que se desplazaban indica que la mayoría de ellos lo hacían en dirección NNW-SSE (figura 9-1; Tabla 4). Este patrón general (aproximadamente la dirección del sinclinal de Valdeprado) es el que adoptan la mayoría de las rastrilladas de huellas terópodos, mientras en el caso de las ornitópodos, la dispersión es mayor. No sabemos si esta diferencia es o no significativa, pues el número de rastrilladas ornitópodos es muy pequeño. Entre las huellas terópodos más grandes predomina el sentido NNW a NW, mientras entre las algo menores, es el contrario, SSE a SE (Tabla 4).

Si observamos las direcciones de desplazamiento de dinosaurios en toda la Cuenca de Cameros (Martín Escorza, 2001), comprobamos que en Cigudosa no muestran el mismo patrón ni las rastrilladas terópodos ni las ornitópodos.

Sin embargo, si se analizan los resultados en los Grupos Oncala y Enciso, por separado (Moratalla y Hernán, 2010), el patrón de las rastrilladas terópodos encontrado en Cigudosa se asemeja bastante más con el del Grupo Oncala al que pertenece y prácticamente nada con el del Grupo Enciso. Estos resultados parecen indicar que las condiciones paleogeográfi-

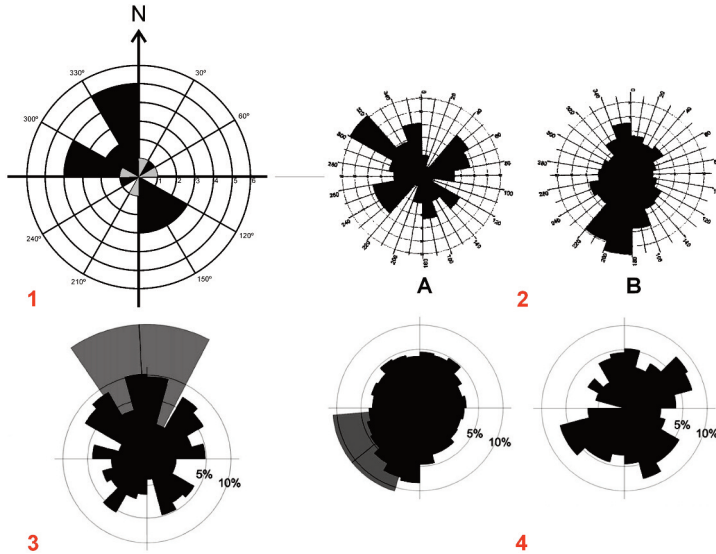


Figura 9. (1) Dirección de rastrilladas en los yacimientos de Cigudosa; (2) Dirección de las rastrilladas terópodos (A) y ornitópodos (B) en la Cuenca de Cameros (Martín Escorza, 2001); (3) Dirección de las rastrilladas terópodos en el Grupo Oncala (Moratalla y Hernán, 2010); (4) Dirección de las rastrilladas terópodos y ornitópodos en el Grupo Enciso (Moratalla y Hernán, 2010).

cas durante el depósito de los Grupos Oncala y Enciso fueron suficientemente diferentes como para variar las direcciones predominantes de desplazamiento de los dinosaurios.

Una de las características de las rastrilladas largas es su trazado sinusoidal. Este hecho, que se reconoce muy bien en BDC5, BDC8 y CAL1, se sugiere también en algunas más cortas como BDC3 y BDC4 y aparentemente es un carácter reconocido en cualquier rastrillada larga de dinosaurios bípedos (Leonardi, 1984; Pérez-Lorente, 2003).

6. ASIGNACIÓN DE LAS ICNITAS DE DINOSAURIOS A ICNOGÉNEROS DESCRITOS

La asignación de icnitas a icnogéneros e icnoespecies descritos es complicada por su nivel de incertidumbre. Por una parte, nosotros consideramos que el nivel de inseguridad o de incertidumbre deducible de las icnitas tiene que considerarse restrictivo para la asignación de las huellas a cualquier icnogrupo. La incertidumbre depende de la dificultad en establecer la línea de contorno, la marca o no de almohadillas dactilares, la forma de la marca de las uñas y la forma del talón como caracteres importantes. Hay que tener en cuenta que muy pocas huellas de dinosaurios estudiadas son estampas. Muchas de las huellas existentes están erosionadas y también hay muchos calcos y subhuellas. Incluso entre las huellas reales o verdaderas

(en las que las paredes y fondo de las pisadas son las superficies que han estado en contacto con el pie) la deformación debida al movimiento del pie o la debida al comportamiento del barro, hacen que las icnitas no sean la representación fiel de la forma del pie.

6.1. Icnitas ornitópodas (figura 6, Tabla 1)

Hay dos rastrilladas con icnitas ornitópodas pequeñas (BDC2 y BDC7; ésta última con huellas de sólo 22 cm de longitud; ver Método) y dos con icnitas grandes (CDC1 y BDC19; esta última, dudosa, con huellas de 39 cm de longitud). Las rastrilladas de huellas pequeñas tienen las pisadas más anchas que largas, y las de huellas grandes están muy próximas al límite de separación entre anchas y estrechas.

El ángulo interdigital $\text{II}^{\wedge}\text{IV}$ es grande, en general, mayor que para las icnitas terópodos, sobre todo en las rastrilladas BDC2 y BDC7. No se observa diferencia entre la parte posterior del dedo **II** y la del dedo **IV**.

No hay ni constricciones en la línea de contorno en los dedos, ni estructuras transversales en el fondo de las huellas que indiquen que los dedos tienen más de una almohadilla. La punta de los dedos en general es redondeada. No se ha podido determinar si las escasas terminaciones acuminadas se deben a la marca de las uñas, a erosión o a deformaciones del barro.

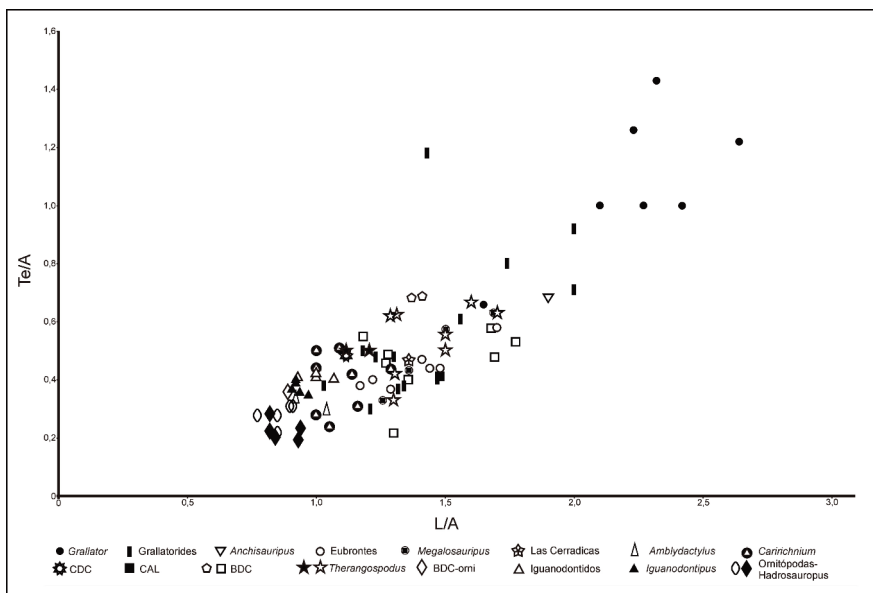


Figura 10. Diagrama bivariente te/a frente a l/a de los icnogéneros de huellas terópodos y ornitópodas importantes (datos de Lockley [2009] y nuestros).

Las rastrilladas son muy estrechas (excepto en BDC19, en la que las huellas están muy separadas de la línea media). El ángulo de paso, sin embargo, no es abierto, excepto para CDC1, que es de 171°. La marcha para CDC1 es de andar moderado (4.3 km/hora; pero cerca del límite con andar lento, 4 km/hora; ver Método).

Cabe la posibilidad de que las icnitas del yacimiento BDC sean calcos o estén erosionadas. Son particulares si se tienen en cuenta los caracteres de los dedos - relativamente anchos y cortos - y la unión, sin separación clara, de las almohadillas proximales. También se considera un carácter discriminante la longitud relativa de los dedos y el ángulo interdigital **II/IV**. No se ven señales de deslizamiento ni se destacan rebabas en una u otra parte del contorno de la huella, lo que implicaría que no ha habido movimiento lateral del pie y que la longitud de la pisada es también un dato relativamente seguro. Los caracteres que se conservan en estas icnitas de dedos anchos y cortos, con ángulo interdactilar grande, son propios de huellas ornitópodas y no de terópodas, incluso aunque fueran huellas algo erosionadas o calcos.

Huellas con estas características se conocen en algunos icnogéneros. *Therangospodus* y *Dineichnus*, por ejemplo, tienen dedos relativamente gruesos y con separación clara de la parte proximal de las almohadillas dactilares. De las dos icnoespecies de *Therangospodus* (Lockley *et al.*, 1998b), *T. oncalensis* es la más parecida a las huellas ornitópodas grandes de los yacimientos de Cigudosa, tanto por la forma como por características morfométricas. Esta icnoespecie fue originalmente descrita por Moratalla (1993) en el desarrollo de su tesis doctoral, con huellas del yacimiento de Fuentesalvo (Soria). Aguirrezabala y Viera, (1980, 1983) atribuyeron este tipo de huellas, indistintamente, en algunos yacimientos, a *Iguanodon* y *Megalosaurus*. Posteriormente fue enmendada por Lockley *et al.*, (1998b), quienes definieron formalmente este icnogénero, no publicado hasta entonces. Últimamente, las huellas de esta icnoespecie han sido clasificadas como *Iguanodontipus? oncalensis*, en función de los datos morfométricos y a su parecido con ciertas icnoespecies de *Iguanodontipus* de Europa (Castanera *et al.*, 2013). Hasta que no haya estudios más concluyentes que permitan asignar esas huellas a un icnogénero e icnoespecie adecuado, seguiremos utilizando la asignación a *T. oncalensis*. Como ya hemos mencionado, en este trabajo hemos utilizado los icnogéneros descritos originalmente por los autores que los definieron.

Aunque las huellas de Fuentesalvo pueden ser calcos, como las de CDC o las de BDC, la existencia de una huella en este yacimiento que posee el relleno de las capas superiores, con un espesor mínimo (unos mm), hace pensar que la mayor parte de los caracteres que se pueden observar en ellas apenas difieran de los de las huellas verdaderas.

El análisis bivalente de **l/a** frente a **te/a** (figura 10; datos de Lockley, 2009 y propios; ver Método) muestra que las huellas del yacimiento Camino de Castilruiz se relacionan bastante bien con las de la icnoespecie *T. oncalensis* (valores de **l/a** y **te/a** parecidos). Por ello, teniendo en cuenta su forma semejante

(huellas casi tan anchas como largas, con dedos cortos y gruesos, cuatro almohadillas aisladas, de las cuales la del talón es circular y las dactilares son bastante más largas que anchas) y caracteres morfométricos (Tabla 5) las clasificamos como pertenecientes a esta icnoespecie. Sin embargo, este mismo análisis (figura 10), nos vuelve a mostrar la poca afinidad de las huellas del yacimiento del Barranco del Cuenco con las del Camino de Castilruiz y por el contrario, una mayor semejanza con las de *Iguanodontipus* y con las ornitópodas de gran tamaño. Dado que su forma es diferente de las de esos icnogéneros (talón amplio y redondeado, ...), y el estado de conservación de las de BDC no es bueno, las consideramos simplemente ornitópodas, sin incluirlas en un icnogénero determinado.

6.2. Icnitas terópodos

Todas las icnitas terópodos de Cigudosa son icnitas terópodos grandes, es decir son huellas con más de 25 cm de longitud (Thulborn, 1990). Esta separación es aleatoria como cualquier límite que se busca entre icnogéneros e icnoespecies afines. No empleamos el término de icnitas terópodos de tamaño medio porque es una complicación añadida para separar las huellas en las que el valor de l oscila entre 26 y 34 cm (tamaños medio y grande de Marty, 2008; ver Método).

A la hora de analizar las huellas terópodos de los yacimientos de los alrededores de Cigudosa, hemos tenido en cuenta en primer lugar la forma de las pisadas, y a continuación los valores morfométricos que nos han proporcionado.

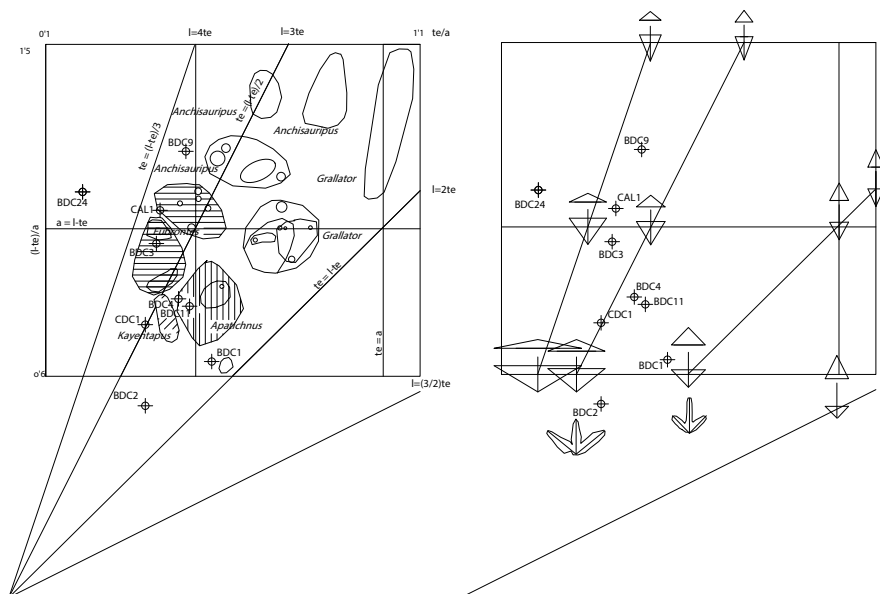


Figura 11. Proyección en un diagrama de Weems (1992) de las rastrilladas de dinosaurio de Cigudosa.

En este caso, hemos utilizado los métodos de Weems (1992; análisis **te/a** frente a **[I-te]/a**, figura 11) y de Lockley (2009; relaciones **I/a** y **te/a**, figura 10) para intentar diferenciar grupos de huellas. El método de Weems se diseñó con huellas del tránsito Triásico-Jurásico, pero es aplicable a las de cualquier edad. Los resultados obtenidos no los empleamos para la asignación a un icnogénero determinado, sino para diferenciar tipos de huellas de aspecto semejante, pero con datos morfométricos diferentes. Lo importante es que sirven para mostrar las diferencias cuantitativas particulares (en este caso concreto, la forma de los triángulos anteriores y posteriores de las huellas, y la relación **I/a** de las mismas). Las gráficas obtenidas (figuras 10, 11), la forma de las icnitas y su disposición en los rastros nos permiten agruparlas en 3 morfotipos:

*6.2.1. Morfotipo I: Huellas grandes y estrechas (**I/a** > 1,4) con el dedo **III** bastante proyectado hacia delante (**te/a** > 0,4). Rastrilladas BDC5, BDC8, BDC9, BDC10, BDC13, BDC15, BDC16, BDC18 y CAL1*

En este grupo encontramos dos tipos de huellas, cuya diferencia sólo se encuentra en que tengan o no la marca distal del metatarso.

Las rastrilladas BDC5, BDC8 y BDC9 tienen la relación **I/a** muy elevada (entre 1,68-1,77) que las diferencian del resto de huellas del morfotipo I. Ello es consecuencia del apoyo parcial del metatarso sobre el suelo.

Semejante a las anteriores, por su forma, las huellas de CAL1 y de algunos yacimientos de BDC (BDC10, BDC12, BDC13, BDC14, BDC15, BDC16, BDC18) se caracterizan por ser también grandes, de relación **I/a** en torno a 1,45 y **te/a** ligeramente inferior (0,41) a las anteriores (0,45).

En este morfotipo, sólo las icnitas de las rastrilladas, BDC10, BDC11 y CAL1 tienen línea de contorno completa y marca de las almohadillas dactilares, de las uñas y del talón sin prolongaciones traseras debidas a marcas de metatarso. Las señales de los dedos son independientes, largas y fuertes y con clara diferencia de apertura de los ángulos interdigitales **II^III<III^IV**. La asimetría debida a la divergencia dactilar está especialmente marcada. Los ejes de los dedos **II** y **III** son subparalelos y a veces entre ellos no hay o casi no hay espacio intermedio. El valor de la divergencia **II^IV** es menor que en el resto de icnitas de Cigudosa. Las rastrilladas son estrechas y la velocidad no es grande excepto en BDC14 que es una rastrillada con tres huellas y anómala (la diferencia de longitud de sus dos pasos es anormal). La relación **z/I** oscila entre 4.3 y 6.6 lo cual es un valor normal dentro de los dinosaurios terópodos (extremidades gruesas a normales, cf. Pérez-Lorente, 2001). Las icnitas de los pares BDC15 y BDC 16 son las que menos datos proporcionan. Se han citado icnitas terópodos muy grandes en otros afloramientos del Grupo de Oncala, algunas de las cuales se han adjetivado como terópodos gigantes (Barco *et al.*, 2005; Casanovas *et al.*, 1995). Las icnitas de la rastrillada BDC11 se clasificarían en este morfotipo por su forma, pero, por sus caracteres morfométricos (**I/a** = 1,28) se adecuan más al morfotipo 2.

Por la forma y tamaño, hay icnitas terópodas similares desde el Triásico Superior al Cretácico (*Bueckeburgichnus maximus* Lockley 2000; *Eubrontes giganteus* Hitchcock 1855; *Eubrontes platypus* Lull 1904; *Iberosauripus grandis* Cobos, *et al.*, 2014; *Kayentapus* Welles 1971; *Megalosauripus* Lockley, *et al.*, 1998a; *Megalosauropus* Colbert y Merriles, 1967; *Tyrannosauripus* Lockley y Hunt, 1994).

Se eliminan por la edad *Eubrontes* y *Kayentapus* (Triásico Superior-Jurásico Inferior) y *Tyrannosauripus* (Cretácico Superior). *Bueckeburgichnus* es un icnogénero en el que hay cierta controversia icnotaxonómica (Lockley, 2000; Thulborn, 2001). Según la tendencia actual, habría que considerar los icnogéneros *Megalosauropus*, *Megalosauripus* e *Iberosauripus* como posibles patrones para las icnitas terópodas mayores de estos yacimientos ($l > 38$ cm) por el tamaño, la forma de las almohadillas y la edad.

La estrechez de los dedos y de las almohadillas de *Megalosauropus*, aunque también es icnogénero propio del Cretácico Inferior, son caracteres que lo diferencian de nuestras huellas, las cuales guardan fuertes relaciones con *Megalosauripus* e *Iberosauripus*. El último icnogénero posee dedos muy gruesos para el tamaño de los mismos (como ocurre también en la huella de Villaseca Somera; Barco *et al.*, 2005) y el triángulo anterior (Lockley, 2009) proporciona valores de te/a en torno a 0,30 (lo mismo que en la huella de Villaseca Somera; Barco *et al.*, 2005), mientras que en *Megalosauripus* el grosor relativo de los dedos es semejante al de las huellas de Cigu-dosa y el triángulo anterior ofrece valores de $te/a > 0,40$.

La proyección de estas rastri-lladas en el diagrama de Weems (figura 11) no se concentra en un sector sino que, mantiene aproximadamente el mismo valor para la relación te/a y muy distinto para $(l - te)/a$. Esto quiere decir que $l - te$ (o longitud del triángulo proximal) es la variable mayor entre ellas. La diferencia del triángulo distal (AT) entre las icnitas grandes (BDC9, CAL1 y BDC11) no se opone a la asignación al mismo icnogénero, pues en *Megalosauripus* una de sus características es esa gran variabilidad (figura 12, datos de *Megalosauripus* cf. Lockley *et al.*, 1998a).

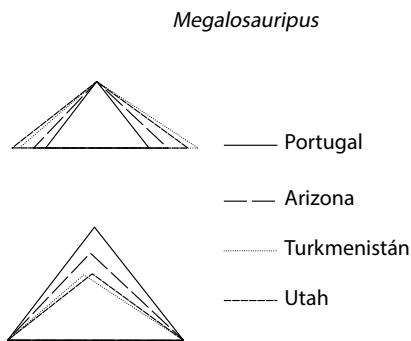


Figura 12. Variación del triángulo distal para varios ejemplos de *Megalosauripus* según Lockley *et al.* (1998a). En las imágenes de arriba se han dibujado todos los triángulos con la misma altura; en las de abajo, con la misma base.

6.2.2. Morfotipo 2: Huellas con $I/a < 1,4$

En este morfotipo (BDC3, BDC4, BDC6, BDC24) hay también diferencias notables entre las huellas. Las icnitas de la rastrillada BDC6 no tienen completa la línea de contorno y se consideran terópodos no determinadas. La longitud de las pisadas varía entre 26 y 34 cm, por lo que también son terópodos grandes según Thulborn (1990). A pesar de los caracteres coincidentes entre las rastrilladas anteriores, se distinguen en ellas dos variedades. Las icnitas de las rastrilladas BDC3, BDC4 y BDC24 tienen dedos separados de terminación acuminada. Los dedos son relativamente largos, delgados y separados. Su posición es asimétrica, como lo muestra la divergencia de los dedos ($II \wedge III < III \wedge IV$), pero no está tan marcada como en las icnitas terópodos mayores. La divergencia entre los dedos laterales ($II \wedge IV$) es mayor que en las icnitas terópodos mayores (mayor de 49°), pero menor que en las ornitópodos. El dedo **II** está totalmente separado del dedo **III** en todas las huellas. No se aprecian marcas de almohadillas dactilares, excepto en algunas icnitas que en la marca de los dedos tienen constricciones laterales o incluso (BDC3.6, BDC3.8, BDC3.10) líneas de separación de almohadillas en la base. La forma del talón es variable incluso entre las icnitas de las mismas rastrilladas. En las rastrilladas BDC3 y BDC4, algunas huellas tienen el talón alargado debido a que se imprime también una parte del metatarso. Suponemos que la variación en la forma del talón, y posiblemente también que no se impriman las marcas de almohadillas dactilares, se debe a las propiedades físicas del suelo. No sabemos si los pies de todos los dinosaurios que dejaron estas huellas tenían varias almohadillas dactilares por dedo o si alguno de ellos solo tenía una. Las rastrilladas son muy estrechas (excepto en BDC24) y la velocidad no es grande (excepto en BDC6 cuya línea media es la más rectilínea de todas). El diagrama de Weems muestra que en BDC3, BDC4 y BDC24 la anchura de la pisada es más del doble de la proyección del dedo **III** ($a > 2te$).

En el diagrama de Weems (1992), las huellas caen en los campos de *Apatichnus-Eubrontes* por lo que se pueden incluir en el icnogénero *Megalosauripus*, muy relacionado con *Eubrontes* por su tamaño, forma y edad. En el diagrama de Lockley (2009), las huellas tienen una relación I/a similar a algunas del icnogénero *Megalosauripus*, pero menores que otras muchas de este icnogénero, por lo que no hay una correspondencia clara. Similares valores tienen otros muchos icnogéneros de huellas terópodos (*Eubrontes*, de afinidad coelurosauriana, "grallatorides"...). Estos datos y la mala conservación de las huellas nos hacen pensar que no hay criterios suficientes para asignarlas a ningún grupo taxonómico más concreto que no sea el de icnitas terópodos de Thulborn (1990) y Romero Molina *et al.* (2003). La indeterminación de las marcas de las almohadillas y la variación de la forma del talón incluso dentro de las mismas rastrilladas no permiten hacer mayores precisiones. No sabemos tampoco si la superficie de estudio es la superficie de marcha para todas las icnitas, o si la erosión o los caracteres físicos del suelo son los factores que condicionan en cada caso particular el aspecto de las pisadas.

6.2.3. Morfotipo 3: Huellas relacionadas con los icnogéneros *Apatichnus* y *Anchisauripus*?

La rastrillada BDC1 se caracteriza porque los dos dedos laterales son mucho menores que el central y forman un ángulo abierto ($\text{II}^{\wedge}\text{IV} = 72^{\circ}$). Esto conlleva que la proyección del dedo **III** (12 cm) sea mayor que en las demás icnitas terópodos del morfotipo 2. Se incluye en un icnotipo diferente al del resto de huellas de los yacimientos de Cigudosa.

En el diagrama de Weems (figura 11) se destaca la posición de BDC1, al lado del campo de *Anchisauripus* en el que la anchura de la pisada es menor que el doble de la proyección del dedo III ($a < 2te$).

6.2.4. Otras

Tanto BDC23 como BDC24 son huellas con características especiales. En el primer caso, su relación $\mathbf{I/a}$ es pequeña, pudiéndose confundir con las huellas ornitópodas, aunque la existencia de más de una almohadilla por dedo, no las hacen compatibles con ese grupo. BDC24 tiene huellas con una $\mathbf{te/a}$ muy baja, algo que también podría relacionarlas, como en el caso anterior con huellas ornitópodas. Su falta de relación con otras huellas en los diagramas de Weems (1992) o de Lockley (2009) hace pensar que su mal estado puede ser la causa de esta anomalía.

Consideramos, por lo tanto, que en estos yacimientos se distinguen tres icnotipos terópodos: *Megalosauripus isp.* en el que se agrupan las icnitas terópodos mayores de 38 cm; y dos icnotipos Theropoda indet. menores que los anteriores y que se distinguen entre ellos por la divergencia de los dedos laterales (**II-III**) y por la proyección del dedo **III**.

6.3. Icnitas no identificadas

Se consideran así aquellas que no tienen caracteres que permitan asignarlas a ningún icnogrupo. En estos yacimientos no se han podido caracterizar las tres huellas aisladas (BDC20, BDC21, BDC22) y dos de las rastrilladas (BDC17, BDC 25).

7. HUELLAS DE PTEROSAURIOS

El yacimiento de Pinchano solo proporciona huellas casi exclusivamente de manos. La forma de las huellas de las manos con longitudes muy desiguales de los dedos ($\mathbf{I_1} < \mathbf{I_{II}} < \mathbf{I_{III}}$), junto a la presencia de unas pocas de pies tetradáctilos, con forma triangular, y talón estrecho y alargado, hacen que se puedan asociar a pterosaurios.

La falta de rastros y la disposición desordenada de las huellas de manos es bastante frecuente en los yacimientos del Grupo Oncala. Este hecho

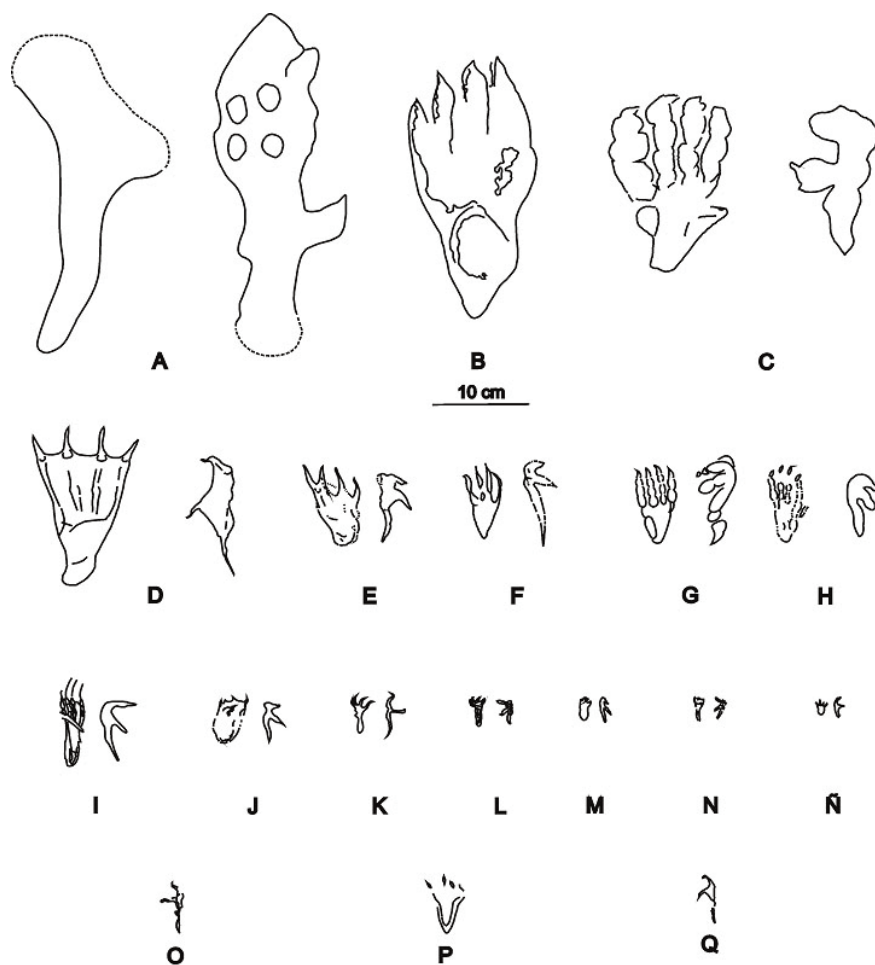


Figura 13. Principales icnoespecies de huellas de pterosaurios conocidas. (A) *Haenamichnus ubangriensis*; (B) *Haenamichnus gaensis*; (C) *Purbeckopus pentadactylus*; (D) *Pteraichnus palacieisaenzi*; (E) "*Pteraichnus vetustior*"; (F) *Pteraichnus saltwasbensis*; (G) *Pteraichnus stokesi*, según Bennet (2007); (H) *Pteraichnus stokesi*; (I) *Pteraichnus dongyangensis*; (J) "*Pteraichnus cidaco*"; (K) *Pteraichnus nipponensis*; (L) *Pteraichnus longispodus*; (M) *Pteraichnus manueli*; (N) *Pteraichnus koreanensis*; (Ñ) *Pteraichnus parvus*; (O, P y Q) Huellas de *Pteraichnus* *isp* del yacimiento de Pinchano. Los dibujos de (A) a (Ñ) han sido redibujados de las publicaciones originales en las que se definieron las icnoespecies (Hwang *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2012; Wright *et al.*, 1997; Pascual-Arribas *et al.*, 2014; Fuentes Vidarte *et al.*, 2004b; Stokes, 1957; Bennet, 1997; 31 Lockley *et al.*, 1995; Chen *et al.*, 2013; Fuentes Vidarte, 2001; Lee *et al.*, 2008, 2010; Fuentes Vidarte *et al.*, 2004a).

puede explicarse si asumimos que los pterosaurios realizaban un actividad caótica, tal como, por ejemplo, el desplazarse buscando comida y alimentándose (Unwin, 1997). Sin embargo, sería de esperar que el desorden afectara también a las huellas de pies; pero no es posible comprobarlo por la falta de huellas de este tipo. Para explicar esta anomalía, hay que tener en cuenta la anatomía de estos reptiles, provistos de gran cabeza, extremidades anteriores muy largas y posteriores muy cortas. Dado que estos animales eran cuadrúpedos, con desigual distribución de su peso, las manos presionarían mucho más que los pies, por lo que las huellas de las manos son más profundas que las de los pies (se ha comprobado en todos los casos de huellas de estos reptiles). En este estado de circunstancias, las de los pies serían más fáciles de erosionar que las de las manos. En nuestro caso, los pterosaurios debían desplazarse por masas de agua muy someras, sobre un fondo con sedimento no consolidado. La elevada presión de las manos ocasionaría que éstas penetraran más profundamente en el sedimento alcanzando una capa más dura en la que se imprimirían las huellas (Lockley *et al.*, 1995). Sin embargo, las de los pies, no lo lograrían por lo que con facilidad desaparecerían a causa del movimiento del agua. También es posible que se alimentaran flotando sobre el agua. En este caso, las manos las utilizarían para moverse, mientras los pies flotarían. En cualquiera de los dos casos, la formación y conservación de las huellas de las manos se vería favorecida.

Dado el tamaño de las huellas y la morfología de los pocos pies existentes (triangulares, tetradáctilos...) podemos incluirlas en el icnogénero *Pteraichnus*. Éste es uno de los pocos icnogéneros definidos con estas huellas (*Pteraichnus*, *Purbeckopus*, *Haenamichnus*) (Figura 13), sin embargo, contiene a la mayoría de las icnoespecies existentes (Lockley *et al.*, 2008). De ese gran número de icnoespecies algunas se han descrito con huellas encontradas en el Grupo Oncala de la Cuenca de Cameros. Es de esperar que haya bastantes probabilidades de que sus características morfológicas y morfométricas se parezcan a las que poseen alguna de estas icnoespecies. En la tabla 5 se resumen las principales características de las icnoespecies de *Pteraichnus*.

Las huellas del yacimiento de Camino de Castilruiz se diferencian de las enormes icnitas del icnogénero *Haenamichnus*, además de por su tamaño mucho menor, por la forma de sus pies y manos y por tener una huellas de pies una relación l/a muy inferior. También son diferentes de las del icnogénero *Purbeckopus*, que, además de su mayor tamaño, las de los pies poseen dedos muy gruesos y posible marca del dedo **V**.

La forma triangular de las improntas de los pies, con marcas de dedos de longitud muy similares y terminados en agudas uñas, las incluyen en el icnogénero *Pteraichnus*. Son muchas las icnoespecies que contiene este icnogénero. El tamaño y la proporción l_p/a_p diferencian las huellas de Pinchano de las icnoespecies americanas (*P. saltwashensis* y *P. stokesi*). La forma subrectangular y en forma de Y de las huellas de los pies en algunas icnoespecies las diferencian, fácilmente (*P. nipponensis*, *P. koreanensis*, "*P.*

manueli"; *P. longispodus*, "*P. cidacoi*"...). Por la forma de los pies y manos, las huellas de Pinchano poseen cierto parecido con algunas de las de las ya conocidas en el Grupo Oncala: *P. palacieisaenzi*, o "*P. vetustior*". Aunque las huellas de *P. palacieisaenzi* son mucho más grandes, poseen huellas de pies y manos de forma semejante, con relaciones **l/a** cercanas y proporción de los dedos de la mano equivalente. Lo mismo sucede en el caso de *P. vetustior*, aunque en esta ocasión las huellas son más parecidas por su tamaño. La carencia de buenas huellas de pies en las huellas de Cigudosa, así como la falta de una relación inequívoca entre pie y manos no permite una comparación adecuada. Por ello, las consideramos como *Pteraichnus* *isp.*, con afinidad con *P. palacieisaenzi* (eso supondría considerar a las huellas de Pinchano producidas por pterosaurios juveniles). Dada la diversidad de valores de las longitudes relativas de los dedos de las manos y de los ángulos interdigitales, no se descarta la existencia de más de un tipo de huellas en este yacimiento. Como se ha dicho, la falta de más huellas de pies no permite comprobar esta posibilidad.

8. CONCLUSIONES

En este trabajo se aportan cuatro nuevos yacimientos al registro icnítico, encontrados en torno a la localidad de Cigudosa (Soria) sobre materiales del Grupo Oncala de la Cuenca de Cameros. Se trata de los primeros yacimientos de huellas de dinosaurio y pterosaurios situados en la Formación Aguilar del Río Alhama, de edad Berriasiense, en capas depositadas en ambientes sedimentarios característicos de esta formación. Hasta ahora sólo se conocían unos pocos yacimientos (en el Arroyo Miraflores) en la zona de transición entre las formaciones Huérteles y Aguilar del Río Alhama.

Las icnitas de Cigudosa tienen la particularidad de estar lo suficientemente bien conservadas como para distinguir tres morfotipos de icnitas terópodos, un morfotipo de ornitópodos, así como icnitas de pterosaurios. De la misma manera se constata la particularidad de la fuerte asimetría de ciertas icnitas terópodos y se recalca este carácter por su probable importancia en la distinción de icnogrupos terópodos.

Uno de los morfotipos de terópodos pueden asimilarse a *Megalosauripus*, tanto por las dimensiones de las icnitas, almohadillas de los dedos, y ángulos interdigitales, como en las relaciones **l/a** y **te/a**. Los otros dos morfotipos se asignan como terópodos indeterminadas, dada la ausencia de criterios para asignarlas.

Las huellas ornitópodos se han relacionado con el icnogénero *Therangospodus*, en espera que una mejor distinción entre este icnogénero y el de *Iguanodontipus*.

Las icnitas de pterosaurios, en su mayoría de manos y que no aparecen agrupadas en rastros, las clasificamos como propias del icnogénero *Pteraichnus*. De las icnoespecies posibles, a pesar de su semejanza de tamaño

con "*P. cidacoi*", no se identifican plenamente con ninguna, a causa de la falta de huellas de pies bien conservadas.

Las direcciones de desplazamiento en las huellas terópodos son bastante parecidas a las que se observan en el resto del Grupo Oncala, mientras las ornitópodos no muestran una dirección predominante. Un hecho significativo es también el del trazado sinusoide de las rastrilladas largas. El trazado sinusoide que no se suele destacar en otras publicaciones debido a la escasa longitud de las pistas, se ha atribuido a caminantes de andar moderado a lento (4 a 6 Km/hora) que van enderezando el rumbo.

AGRADECIMIENTOS

Queremos mostrar nuestro reconocimiento a Elena Heras por su disposición a favor de la investigación y la protección del patrimonio paleontológico de Soria. De la misma manera mostramos nuestro agradecimiento a Arturo Fernández y Carlos Pereda por su ayuda en el trabajo de campo; así como los comentarios aportados por los correctores.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirrezabala, L. M. y Viera, L. I. (1980): Icnitas de Bretún (Soria). *Munibe*, 32, 257-279.
- Aguirrezabala, L. M. y Viera, L. I. (1983): Icnitas de dinosaurios en Santa Cruz de Yanguas (Soria). *Munibe*, 35, 1-13.
- Alexander, R. McN. (1976): Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, 261, 129-130.
- Barco, J. L., Canudo, J. I., Ruiz-Omeñaca, J. I. y Rubio, J. L. (2005): Evidencia icnológica de un dinosaurio terópodo gigante en el Berriasiense (Cretácico Inferior) de Laurasia (Las Villasecas, Soria, España). *Revista Española de Paleontología*, 10, 59-71.
- Bennett, S.C. 1997: Terrestrial locomotion of pterosaurs: A reconstruction based on Pteraichnus tracks. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 17:104–113.
- Casanovas, M. L., Fernández, A., Pérez-Lorente, F. y Santafé, J. V. (1995): Un terópodo carnosauro en el camino a Treguajantes (La Rioja, España). En: *Huellas fósiles de dinosaurios de La Rioja. Nuevos yacimientos*. (Pérez-Lorente, F. Coord.). Ciencias Tierra, 18, 13-14.
- Castanera, D., Pascual Arribas, C., Razzolini, N. L., Vila, B., Barco, J. L. y Canudo, J. I. (2013): Discriminating between medium-sized tridactyl trackmakers: tracking ornithopod tracks in the base of the Cretaceous (Berriasian, Spain). *PLoS ONE*, 8(11):e81830. doi:10.1371/journal.pone.0081830.

- Chen, R.J., Lu, J.C., Zhu, Y.X, Azuma, Y., Zheng, W.J., Jin, X.S., Noda, Y. y Shibata, M. (2013): Pterosaur tracks from the early Late Cretaceous of Dongyang City, Zhejiang Province, China. *Geological Bulletin of China*, 32, 693-698
- Clemente, P. (2010): Review of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Stratigraphy in Western Cameros Basin, Northern Spain. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 23, 101-143.
- Cobos, A., Lockley, M. G., Gascó, F., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. (2014): Megatheropods as apex predators in the typically Jurassic ecosystems of the Villar del Arzobispo Formation (Iberian Range, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 399, 31-41.
- Colbert, E. H. y Merriam, D. (1967): Cretaceous dinosaur footprints from western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 50, 21-25.
- Demathieu, G. (1986): Nouvelles recherches sur la vitesse des vertébrés, auteurs de traces fossiles. *Geobios*, 19, 327-333.
- Fuentes Vidarte, C. (2001): A new species of Pteraichnus for the Spanish Lower Cretaceous: *Pteraichnus cidacoi*. 200 years of pterosaurs. *Strata*, 11, 44-46.
- Fuentes Vidarte, C., Meijide Calvo, M., Meijide Fuentes, F. and Meijide Fuentes, M. (2004a): *Pteraichnus longipodus* nov. ichnosp. en la Sierra de Oncala (Soria, España). *Studia Geologica Salmanticensis*, 40, 103-114.
- Fuentes Vidarte, C., Meijide Calvo, M., Meijide Fuentes, F. and Meijide Fuentes, M. (2004b): Huellas de Pterosaurios en la Sierra de Oncala (Soria, España), Nuevas ichnospecies. *Pteraichnus vetustior*, *Pteraichnus parvus*, *Pteraichnus manueli*. *Celtiberia*, 98, 471-490.
- Gómez-Fernández, J. C. (1992). *Análisis de la Cuenca sedimentaria de los Cameros durante sus etapas iniciales de relleno en relación con su evolución paleogeográfica*. Tesis doctoral, Univ. Complutense, Madrid, 343 p.
- Gómez Fernández, J. C. y Meléndez, N. (1994): Estratigrafía de "La Cuenca de los Cameros" (Cordillera Ibérica Noroccidental, N de España) durante el tránsito Jurásico-Cretácico. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 7, 121-139.
- Guiraud, M. y Seguret, M. (1985): A releasing solitary overstep model for the Late Jurassic-Early Cretaceous (Wealdian) Soria strike-slip basin (Northern Spain). En: *Strike-Slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation* (Christie-Blick, N. y Biddle, K. T. eds.). *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*. 37: 159-175.
- Hernández-Medrano, N.; Pascual Arribas, C., Latorre-Macarrón, P. y Sanz-Pérez, E. (2008): Contribución de los yacimientos de icnitas sorianos al registro general de Cameros. *Zubía*, 23-24, 79-120.
- Hitchcock, C. H. (1855): Impressions (chiefly tracks) on alluvial clay, in Hadley, Mass. *American Journal of Science*, 19, 391-396.

- Hwang, K., Huh, M., Lockley, M.G., Unwin, D.M. and Wright, J.L. (2002): New pterosaur tracks (Pteraichnidae) from the Late Cretaceous Uhangri Formation, southwestern Korea. *Geological Magazine*, 139, 421-435.
- Kim, J.Y., Lockley, M.G., Kim, K.S., Seo, S.J. y Lim, J.D. (2012): Enigmatic giant pterosaur tracks and associated Ichnofauna from the Cretaceous of Korea: implication for the bipedal locomotion of pterosaurs. *Ichnos*, 19, 50-65.
- Lee, Y.-N., Lee, H.J., Lu, J. y Kobayashi, Y. (2008): New pterosaur tracks from the Hasandong Formation (Lower Cretaceous) of Hadong County, South Korea. *Cretaceous Research*, 29, 345-353.
- Lee, Y.-N., Azuma, A., Lee, H.J., Shibata, M. y Lu, J. (2010): The first pterosaur trackways from Japan. *Cretaceous Research*, 31, 263-273.
- Leonardi, G. (1984): Le impronte fossili di dinosauri. En: *Sulle ormi dei dinosauri*. (Bonaparte, J. F., Colbert, E. H., Currie, P. J., Ricqlès, A. de, Kielan-Jaworowska, Z., Leonardi, G., Morello, N. y Taquet, P. eds.). Venezia. Erizzo, 165-168
- Lockley, M. G. (2000): An amended description of the theropod footprint *Bueckeburgichnus maximus* KUHN 1985, and its bearing on the Megalosaur tracks debate. *Ichnos*, 7, 169-181.
- Lockley, M. G. (2009): New perspectives on morphological variation in trydactyl footprints: clues to widespread convergence in developmental dynamics. *Geological Quarterly*, 53, 415-432.
- Lockley, M. G. y Hunt, A. P. (1994): A track of the gigant theropod dinosaur *Tyrannosaurus* from close to the Cretaceous/ Tertiary boundary, northern New Mexico. *Ichnos*, 3, 213-218.
- Lockley, M. G., Logue, T. J., Moratalla, J. J., Hunt, A. P., Schultz, R. J. y Robinson, J. W. (1995): The fossil trackway *Pteraichnus* is pterosaurian, not crocodylian: implications for the global distribution of pterosaur tracks. *Ichnos*, 4, 7-20.
- Lockley, M. G., Meyer, C. A. y Santos, V. F. dos (1998a): *Megalosauripus* and the problematic concept of Megalosaur footprints. *Gaia*, 15, 313-337.
- Lockley, M. G., Meyer, C. A. and Moratalla, J. (1998b): *Therangospodus*: trackway evidence for the widespread distribution of a late Jurassic Theropod with well-padded feet. Ed. B. P. Pérez Moreno, T. Holtz, Jr., J.L. Sanz & J. Moratalla. *Gaia*. Aspects of Theropod Paleobiology, 15: 339 - 353.
- Lockley, M.G., Harris, D.J. and Mitchell, L. (2008): A global overview of pterosaur ichnology: tracksite distribution in space and time. *Zitteliana*, B 28, 185-198.
- Lull, R.S. (1904): Fossil footprints of the Jura-Trias of North America. *Memoirs of the Boston Society of Natural History*, 5, 461-557

- Martín-Closas, C. y Alonso Millán, A. (1998): Estratigrafía y bioestratigrafía (Charophyta) del Cretácico Inferior en el sector occidental de la Cuenca de Cameros (Cordillera Ibérica). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 11, 253-269.
- Martín Escorza, C. (2001): Orientación de las huellas de dinosaurios en la Sierra de Cameros. *Zubía*, 19, 139-163.
- Marty, D. (2008): Sedimentology, taphonomy, and ichnology of Late Jurassic dinosaur tracks from the Jura carbonate platform (ChevenezdCombe Ronde tracksite, NW Switzerland): insights into the tidal-flat palaeoenvironment and dinosaur diversity, locomotion, and palaeoecology. In: *GeoFocus*, 21. University of Fribourg, Fribourg, 278 p. PhD Thesis
- Mas, R., García, A., Salas, R., Meléndez, A., Alonso, A., Aurell, M., Bádenas, B., Benito, M.I., Carenas, B., García-Hidalgo, J.F., Gil, J. y Segura, M. (2004): Segunda fase de rifting: Jurásico Superior-Cretácico Inferior. En: *Geología de España* (Vera, J. A. ed.). SGE-IGME, Madrid, pp. 503-510.
- Meléndez, N. y Gómez-Fernández, J. C. (2000): Continental deposits of the eastern Cameros Basin (northern Spain) during Tithonian-Berriasian time. En: *Lake basins through space and time*. (Gierlowski-Kordesch, E. H. y Kelts, K. R. eds.) *American Association of Petroleum Geologists. Studies in Geology*, 46, 263-278.
- Moratalla, J.J. (1993): *Restos indirectos de dinosaurios del registro español: Paleoicnología de la Cuenca de Cameros (Jurásico superior-Cretácico inferior) y Paleoología del Cretácico superior*. Tesis. Universidad Autónoma de Madrid, 727 pp.
- Moratalla, J. J. y Hernán, J. (2010): Probable palaeogeographic influences of the Lower Cretaceous Iberian rifting phase in the Eastern Cameros Basin (Spain) on dinosaur trackway orientations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 295, 116-130.
- Pascual Arribas, C., Canudo, J.I., Sanz Pérez, E., Hernández-Medrano, N., Castanera, D. y Barco, J.L. (2014): On the validity of the *Pteraichnus palaciei-saenzi*, Pascual Arribas and Sanz Pérez 2000: new data from the Huérteles formation. *Paläont. Z.*, DOI10.1007/s12542-014-0229-1.
- Pascual Arribas, C., y Sanz Pérez, E. (2000): Huellas de pterosaurios en el grupo Oncala (Soria, España). *Pteraichnus palaciei-saenzi*, nov. icnosp. *Estudios Geológicos*, 56, 73-100.
- Pascual Arribas, C., Latorre Macarrón, P., Hernández Medrano, N. y Sanz Pérez, E. (2005). Las huellas de dinosaurios de los yacimientos del arroyo Miraflores (Fuentes de Magaña-Cerbón-Magaña, Soria). *Celtiberia*, 98. 413-442.
- Pérez-Lorente, F. (2001): *Paleoicnología. Los dinosaurios y sus huellas en La Rioja*. Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja. 227 pp.
- 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. (2003): Aportaciones de los yacimientos de La Barguilla, Santisol y Santa Juliana (Hornillos de Cameros, La Rioja, España). En: *Dinosaurios y otros reptiles mesozóicos en España*. (Pérez-Lorente, F. coord.). *Ciencias de la Tierra*, 26, 161-194
- Quijada, I. E., Suarez-Gonzalez, P., Benito, M.I., Mas, R. y Alonso, A. (2010): Un ejemplo de llanura fluvio deltaica influenciada por las mareas: el yacimiento de icnitas de Serrantes (Grupo Oncala, Berriasiense, Cuenca de Cameros, N. de España). *Geogaceta*, 49, 15-18.
- Quijada, I. E., Suarez-Gonzalez, P., Benito, M. I. y Mas, R. (2012): An atypical mechanism of carbonate brecciation caused by tectonism in carbonate-sulfate deposits: evidence from the Oncala Gr (Berriasian, N Spain). *Abstracts 29th IAS Meeting of Sedimentology 2012*, Schladming, p. 317.
- Quijada, I. E., Suarez-Gonzalez, P., Benito, M. I. y Mas, R. (2013): New insights on stratigraphy and sedimentology of the Oncala Group (eastern Cameros Basin): implications for the paleogeographic reconstruction of NE Iberia at Berriasian times. *Journal of Iberian Geology*, 39, 313-334.
- Quijada, I. E., Suarez-Gonzalez, P., Benito, M. I. y Mas, R. (2014): Tidal versus continental sandy-muddy flat deposits: evidence from the Oncala Group (Early Cretaceous, N Spain). En: *International Association of Sedimentologists* (Tessier, B. y Reynaud, J. Y. eds.). *Special Publication*, 48, en prensa.
- Romero Molina, M. M., Pérez-Lorente, F. y Rivas, P. (2003): Análisis de la parataxonomía utilizada con las huellas de dinosaurio. En: *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. (Pérez-Lorente, F. coord.). *Ciencias de la Tierra*, 26, 13-32.
- Salomon, J. (1982): El Cretácico inferior de Cameros-Castilla. In: *El Cretácico de España* (García, A. ed.), Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 345-387.
- Schudack, U. y Schudack, M. (2009): Ostracod biostratigraphy in the Lower Cretaceous of the Iberian Chain (eastern Spain). *Journal of Iberian Geology*, 35, 141-168.
- Stokes, W.L. (1957): Pterodactyl tracks from the Morrison formation. *Journal of Paleontology*, 31, 952-954.
- Thulborn, R. A. (1990): *Dinosaur Tracks*, Chapman and Hall. 1-410.
- Thulborn, T. (2001): History and nomenclature of the theropod dinosaur tracks *Bueckeburgichnus* and *Megalosauripus*. *Ichnos*, 8, 207-222.
- Tischer, G. (1966): Über die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der östlichen Sierra de los Cameros in den nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Geologisches Jahrbuch*, 44, 123-164.
- Unwin, D. M. (1997): Pterosaur tracks and the terrestrial ability of pterosaurs. *Lethaia*, 29, 373-386.

- Weems, R. E. (1992): A re-evaluation of the taxonomy of extensive of Newark supergroup saurischian dinosaur tracks using extensive statistical data from a recently exposed tracksite near Culpeper, Virginia. En: *Proceedings 26th forum on the geology of industrial minerals*. (Sweet, P. C. ed.). *Virginia Division of Mineral Resources Publications*. 119, 113-127.
- Welles, S.P. (1971): Dinosaur footprints from the Kayenta Formation of northern Arizona. *Plateau*, 44, 27-38.
- Wright, J.L., Unwin, D.M., Lockley, M.G. y Rainforth, E.C. (1997): Pterosaur tracks from the Purbeck Limestone Formation of Dorset, England. *Proceeding of the Geologists' Association*, 108, 39-48.

Tabla 1. Medidas de las tenidas de dinosaurio de Cigudosa

Pie	l	l _i	a	Ar	Lr	P	z	Ap	O	II-III-IV	II ⁺ III ⁺ IV	h	z/h	v ₁	v ₂	(l-a)/a	Ar/a	z/l	lc	
BDC1.3	26		19	0		96	202	180		19	7	62	125	1.6	7	5	0.18	0	7.8	13
BDC1.2			25			105				17		81								10
BDC1.1																				
media	26		22	0		100	292	180		18	7	72	125	1.6	7	5	0.18	0	7.8	12
BDC2.4	24		24							10	15	12	123				0		4.4	
BDC3.3	25		28	4	33	54	105	163	9	14	53	46	128	0.8	2.3	2.6	-0.1	0.1	4.3	10
BDC2.2			28	3	35	53	109	167	-8		48	48		0.8	2.5	2.7		0.1		
BDC2.1			28			57					68	28								
media	24		27	3	34	55	107	165	0.0	10	14	44	125	0.8	2.4	2.7	-0.0	0.1	4.3	10
BDC3.10	40		25							15	23	17	24	1.4	6.2	5.0	0.6		6.9	11
BDC3.8	42		24	4			235													
BDC3.7										25	6	17	206				0.75	0.18		
BDC3.6	32		22	6	33	101	217	170	7		35	38		1.3	5.5	4.6		6.4		
BDC3.5										15	20	23	15	1.64	1.4	6.2	0.45	9.27	6.9	8.6
BDC3.4	33		25	5	36	118	117	173		11	25			1.3	5.9	4.8		6.7		
BDC3.3	30		27	8		142	252	170	4		21	14	23	1.68	1.5	7.0	0.32	0.20	7.4	
BDC3.2											17	17	155	1.4	5.9	4.9	0.11	0.30	6.7	
BDC3.1	27					88	202	168	7					1.2	4.8	4.3		5.9		
media	34		25	5	33	113	226	167	2	13	22	15	21	1.3	5.9	4.9	0.45	0.21	6.7	10
BDC4.10																				
BDC4.9		39	27								18	31								13
BDC4.8	33	48	26	8	41	102	205	165	-2			28		1.2	5.1	4.4	0.3			
BDC4.7			25	3	34	105	228	173	-7		34	32	168	1.3	6.1	4.9	0.32	0.12	6.3	
BDC4.6														1.2	5.4	4.3				
BDC4.5												46		1.1	4.4	4.0				
BDC4.4		32?		6	35	111	219	168	-1					1.3	5.7	4.7				
BDC4.3		36?		1	24	108	212	177	3			43		1.3	5.4	4.6				
BDC4.2				9	38	104	208	161	-1			17		1.2	5.2	4.5				
BDC4.1		43	26	5	32	107	221	169	-6	18	22	11	41	1.3	5.8	4.8	0.19			11
media	33	43	26	5	32	106	209	171	-3	18	22	11	23	1.2	5.4	4.6	0.32	0.20	6.3	12
BDC5.12																				
BDC5.11		55	31							10	31	18	18							17
BDC5.10			34	9	48	140	276	164	4			31						0.26		
BDC5.9		54	30	9	48	139	253	163	-7	15	26	15	6					0.3		
BDC5.8		59	30	3	42	118	267	173	11	7	30	17	16					0.1		15
BDC5.7	46			1	37	150	286	182	8	19	30	19								18

ICNITAS TERÓPODAS, ORNITÓPODAS Y DE PTEROSAURIO EN LA FORMACIÓN
AGUILAR DEL RIO ALHAMA. GRUPO DE ONCALA, CUENCA DE CAMEROS

BDC5.6		60	34	4	49	136	255	170	-1	9	25	18	9	43							0.12			14
BDC5.5		52	29	5	46	120	258	170	8				17	20							0.17			17
BDC5.4		53	31	8	43	139	272	167					21	13							0.16			18
BDC5.3		29	10	47	135	256	161														0.34			
BDC5.2		54	27	12	125	247	158				27										0.44			
BDC5.1						127																		
media		54	30	7	46	131	262	168	4	10	28	19	16	27							0.26			16
BDC6.7	34																							
BDC6.6	31			2	115	237	176	0						172									7.0	
BDC6.5	31	20	4	BDC6.5	122	242	172	9	0					26	159	1.4	6.7	5.2					7.7	
BDC6.4			5	BDC6.4	121	243	170	-8	-8					20	159	1.5	7.0	5.3	0.55	0.2			7.7	
BDC6.3			3	BDC6.3	123	240	174																	
BDC6.2			3	BDC6.2	118	239	178																	
BDC6.1				BDC6.1	122																			
media		32	20	3	120	240	174	0	0					22	163	1.5	6.9	5.3	0.55	0.2			7.5	
BDC7.8														34										
BDC7.7	21	24	5	BDC7.7	36	48	93	153	20					59	131	0.9	2.3	2.5	-0.12	0.2			4.2	
BDC7.6	27		8	BDC7.6	37	47	86	143	-9					24		0.9	2.1	2.3					3.9	
BDC7.5			6	BDC7.5	32	43	94	147	-9							0.9	2.4	2.6					4.3	
BDC7.4			6	BDC7.4			55	105	153							1	2.9	2.9					4.8	
BDC7.3			6	BDC7.3	51	51	95	152															4.3	
BDC7.2	21		6	BDC7.2	46	46	95	152						27	49	0.9	2.4	2.6					4.3	
BDC7.1	20	26		BDC7.1	52	52								38	60	0.9	2.4	2.6	-0.23				4.3	
media		22	25	6	35	50	94	149	1					36	54	105	0.9	2.4	-0.17	0.2			4.3	
BDC7a.5	36																							
BDC7a.4			6	BDC7a.4	116	116	286	169															7.7	
BDC7a.3		33	8	BDC7a.3	157	272	168															0.24	7.5	
BDC7a.2			3	BDC7a.2	112	225	173															6.2		
BDC7a.1				BDC7a.1	114	114																		
media		36	33	6	125	259	170															0.24	7.1	
BDC8.19																								
BDC8.18			4	BDC8.18	103	103	231	173																
BDC8.17			6	BDC8.17	128	261	170																	
BDC8.16			1	BDC8.16	134	246	180																	
BDC8.15			0	BDC8.15	118	245	180																	
BDC8.14			3	BDC8.14	133	270	174																	
BDC8.13			6	BDC8.13	137	273	169		11					15										
BDC8.12			5	BDC8.12	137	251	180																	
BDC8.11			5	BDC8.11	114	247	171																	

Tabla 2. Datos medios de las icnitas (rastrilladas) de dinosaurio de Cigütuosa

rastrillada	l	lt	a	Ar	Lr	P	z	Ap	O	II-III-IV	II ⁺ III ⁺ V	h	z/h	v ₁	v ₂	(l-a)/a	Ar/a	z/l	te		
BDC1	26		22	0		100	292	180		18	7	72	125	1.6	7	5	0.18	0	7.8	12	
BDC2	24		27	3	34	55	107	165	0.0	10	14	44	125	0.8	2.4	2.7	-0.0	0.1	4.3	10	
BDC3	34		25	5	33	113	226	167	2	13	22	15	21	28	172	1.3	5.9	4.9	0.45	10	
BDC4	33	43	26	5	32	106	209	171	-3	18	22	11	23	37	168	1.2	5.4	4.6	0.32	12	
BDC5		53	30	7	46	131	262	168	4	10	28	19	16	27			0.26			16	
BDC6	32		20	3		120	240	174	0			22	163	1.5	6.9	5.3	0.55	0.2	7.5		
BDC7	22		25	6	35	50	94	149	1			36	54	105	0.9	2.4	-0.17	0.2	4.3		
BDC7a	36		33	6		125	259	170									0.24	0.24	7.1		
BDC8		52	31	4		129	258	174	0	25	15	20					0.16			18	
BDC9	49		29	10	48	123	242	161	-3	19	26	19	14	27	235	1.0	4.5	4.4	0.45	14	
BDC10	38		23	0	24	113	227	180	3	14	21	17	0	24	189	1.2	5.2	4.6	0.65	0	
BDC11	50		39	5		122	249	170	-5	30	22	11	28	240	1.0	4.6	4.5	0.06	0.1	19	
BDC12						108	214	153													
BDC13						104	206	161	2			16	38								
BDC14	45		26	3		149	298	175	7			13	9	218	1.4	7.0			0.73	6.6	
BDC15			27			110															
BDC16						117															
BDC17	40		42	12		100	150						198	0.75	2.4	3.0	-0.04	0.28	3.75		
BDC18	41		26			117						20	40	202					0.51		
BDC19	39		33	20		100	194	141	-2			25	39	195	1.0	3.9	4.1	0.2	0.53	4.9	
BDC20																					
BDC21																					
BDC22																					
BDC23	26		25	10	45	82	160	152	-12	11	15	11	17	40	114	1.4	5.3	4.2	-0.03	0.4	6.6
BDC24	26		20	13		95	181	149	0	13	16	11	18	37	148	1.2	4.8	4.1	0.32	0.64	6.3
CALI	50		34	13	61	132	258	155	-9	25	31	27	9	31	241	1.1	4.8	4.6	0.58	0.45	5.1
CDC1	30		27	3	33	86	176	171	-6	11	15	13	21	34	148	1.2	4.6	4.1	0.09	0.09	5.9

Tabla 3. Principales medidas efectuadas en las huellas de manos de pterosaurio mejor conservadas del yacimiento de Pinchano (Cigudosa, Soria).

Huellas	l	a	l/a	I	II	III	I:II:III	I°II	II°III	I°III
PIN-1 (m)	7,0	2,4	2,9	1,7	2,9	4,3	1:1,7:2,5	72	95	170
PIN-2 (m)	3,7	1,4	2,64	0,9	(0,9)	2,2	1:1,7:2,4	90	115	175
PIN-3 (m)	3,7	1,7	2,17	1,3	2,9	4,4	1:2,2:2,4	110	45	155
PIN-4 (m)	4,2	1,8	2,33	1,5	2,5	3,1	1:1,7:2,1	35	90	125
PIN-5 (m)	3,3	1,4	2,36	0,9	1,7	2,5	1:1,9:2,8	110	57	165
PIN-6 (p)		6,1	4,1	1,49					35	
PIN-7 (m)	4,1	1,5	2,73	1,2	2,0	3,6	1:1,5:3	90	40	130
PIN-8 (m)	4,5	1,8	2,50	1,6	3,2	4,5	1:2:2,8	60	50	110
PIN-9 (m)	3,8	1,8	2,11	1,7	2,6	3,8	1:1,5:2,3	35	40	75
PIN-10 (m)	4,2	1,6	2,62	1,4	2,1	3,3	1:1,5:2,4	-	-	110
PIN-11 (m)	4,3	1,9	2,26	1,6	2,4	3,9	1:1,5:2,4	65	60	125
PIN-12 (m)	3,7	1,4	2,64	1,4	2,2	3,3	1:1,6:2,4	40	70	110
PIN-13 (m)	4,3	1,7	2,53	1,4	2,4	3,8	1:1,7:2,7	55	65	120
PIN-14 (m)	4,8	1,5	3,20	1,3	1,7	3,4	1:1,3:2,6	90	50	140
PIN-15 (m)	4,3	1,4	3,07					25	60	95
PIN-16 (m)	4,8	1,6	3,0					100	45	152
PIN-17 (m)	>3,5	2,1						0	50	52
PIN-18 (m)	4,5	1,5	3	1,3	2,0	3,8	1:1,5:2,9	110	30	140
PIN-19 (m)	6,4	2,0	3,2	1,5	2,7	5,2	1:1,8:3,5	68	60	128
PIN-20 (m)	>3,6	2,2						65	80	128

Tabla 4. Longitud y orientación de la línea media de las rastrilladas

	rastrillada	orientación	longitud	morfotipo
1-90°	CDC1	N10E	554	ornitópada
	BDC23	N60E	186	no identificada
	BDC2	N80E	186	ornitópada
91-180°	BDC13	N125E	345	morfotipo 1
	BDC14	N135E	345	morfotipo 1
	BDC3	N150E	1060	morfotipo 2
	BDC10	N160E	263	morfotipo 1
	BDC4	N180E (giro)	974	morfotipo 2
	BDC6	N180E	749	morfotipo 2
181-270°	BDC7	N210E	353	ornitópada
	BDC25	N260E	542	no identificada
271-360°	BDC17	N280E	228	¿terópoda?
	BDC19	N285E	393	¿ornitópada?
	BDC24	N300E	297	terópoda
	BDC1	N300E	217	morfotipo 3
	BDC18	N310E	607	morfotipo 1
	BDC5	N327E	1481	morfotipo 1
	BDC11	N335E	293	morfotipo 1
	BDC8	N340E	2347	morfotipo 1
	BDC9	N340E	290	morfotipo 1
	CAL1	N340E	1709	morfotipo 1
	BDC12	N350E	261	morfotipo 1

Tabla 5. Principales parámetros de las huellas ornitópodas de los yacimientos de BDC, CDC y de Fuentesalvo (Soria).

Yacimiento	l	a	l/a	II°III	III°IV	II°IV	P	z	z/l P/l	Ap	v(km/h)
BDC2	24	27	<u>0,89</u>	44	41	<u>85</u>	55	107	<u>4,46</u> <u>2,29</u>	165	<u>2,4</u>
BDC7	22	25	<u>0,88</u>	36	54	<u>90</u>	50	94	<u>4,27</u> <u>2,27</u>	149	<u>2,4</u>
FTS	18-30	18-24	1,16	24	30-40	55-70	60	112,4	5,17 2,58	169	3,3-3,9*
CDC1	30	27	1,10	21	34	55	86	176	5,80 2,85	171	4,6
BDC19	39	33	1,18	25	39	64	100	194	4,97 2,56	141	4,0

Abreviaturas: FTS – Fuentesalvo; BDC – Barranco del Cuenco; CDC – Camino de Castilruiz. (*) Valor calculado considerando h = 4l. Los datos en negrita muestran la semejanza en algunos parámetros entre las huellas ornitópodas CDC1 y BDC19 con las de *Therapsodus oncalensis* de Fuentesalvo; los subrayados, propios de los rastros BDC2 y BDC7 difieren claramente de los de los rastros de Fuentesalvo. Medidas en cm y en grados sexagesimales

ICNITAS TERÓPODAS, ORNITÓPODAS Y DE PTEROSAURIO EN LA FORMACIÓN
AGUILAR DEL RIO ALHAMA. GRUPO DE ONCALA, CUENCA DE CAMEROS

Tabla 6 Principales características de los icnogéneros de huellas de pterosaurios										
Icnoespecies	Edad	$L_p \times a_p$	$L_m \times a_m$	L_p/a_p	L_m/a_m	L_p/L_m	I:II:III	I:II:III _m		
<i>Pteraiichnus stokesi</i>	Fm. Sundance Jur-Med Sp	90x(41)	70x(34)	2,2	2-2,3	1,39	1:1,2-1,5:2	30	30	60
<i>Pteraiichnus salwashensis</i>	Fm. Morrison Jur-Sup	70x(33-34)	90x(36)	2-2,1	2,6	0,78	1:2:3-4	48	42	90
<i>Purbeckopus pentadactylus</i>	Fm. Purbeck Berriasiense	187x98 225x123	140x(85)	1,9	(1,75)	1,34?	- : - : -			
<i>Pteraiichnus palacietsaenzi</i>	Fm. Huérteles Berriasiense	153.4x119	130.2x48.5	1,29	2,68	1,18	1:2:4??	>90	35 60	a
<i>Pteraiichnus parvus</i>	Fm. Huérteles Berriasiense	15x9	23x9	1,6	2,55	0,65	1-1-1,7	85	60	145
<i>Pteraiichnus longipodus</i>	Fm. Huérteles Berriasiense	36.6x18,5	30x15.7	1,98	1,8	1.22	1-1-1,7	57	40	101
" <i>Pteraiichnus vetustior</i> "	Fm. Huérteles Berriasiense	115x90	70x32	1,3	2,2	1,64	1:1,6:2,6	53,5	36	88
" <i>Pteraiichnus mamueli</i> "	Fm. Huérteles Berriasiense	21x9	25.3x8.3	2,3	3,7	0,83	1:2,5:3,5	35	19	54
" <i>Pteraiichnus cidacoï</i> "	Fm. Huérteles Berriasiense	50x30 (30-60x)	46x23	1,67	2,0	1,09	1:1,3:2	57	48	105
<i>Pteraiichnus nipponensis</i>	Fm. Kitadani Barremiense	19.4x10.5	20.1x8.8	1,98- 2,03	2,5	0,97	1:1,04:1,6	80,9	71,9	152,5
<i>Pteraiichnus koreanensis</i>	Fm. Hasandong Haut-Alb.	25.7x12.8	25.6x12.3	2,01	2,08	1,00	1:1,2:1,73	68,5	47,6	116,2
<i>Pteraiichnus yanguoxiaensis</i>	Fm. Hekou Cret. Inf	130-140x30	(120x48)	4,3-4,7	2,5	(1,19)	- : - : -			
<i>Pteraiichnus dongyangensis</i>	Fm. Jinhua Cret-Sup	90x15	65x40	6,0	1,44	1,38	1:1,09:1,56	52	29	
<i>Purbeckopus pentadactylus</i>	Fm. Purbeck Lime- stone; Berriasiense	187x98 225x123	140x?	1,9	2?	1,34?	- : - : -			
<i>Haenamichnus uhangriensis</i>	Fm. Uhangri Sant-Camp	350x105	330x110	3,3	3	1,06	- : - : -			
<i>Haenamichnus gainensis</i>	Fm. Haman Apt-Alb	275-350x 142-160	-	1,9-2,5	-	-	- : - : -			
PIN	Fm. Aguilar R.A. Berriasiense	61x41	38x70 14-22	1,49	2,17- 3,2	-	1:1,3:2,6 1:2,2:2,4	35-90-125 110-57-165		

Las comillas indican icnoespecies no aceptadas por diversos motivos. PIN – Yacimiento de Pinchano (Soria). Medidas en milímetros y grados sexagesimales.



ZUBÍA

32

Gobierno de La Rioja
www.larioja.org



**Instituto
de Estudios
Riojanos**