Zubía 40 101-118 Logroño 2022

LOS HUNDIDOS Y BARRANCO DE LA NAVA 2. DOS NUEVOS YACIMIENTOS CON HUELLAS DE DINOSAURIO EN EL TÉRMINO DE NAVAJÚN (LA RIOJA, ESPAÑA)*

BEGOÑA CISNEROS GALLART, ARTURO COLINA AGUIRRE, ARTURO FERNÁNDEZ ORTEGA, JESÚS HERRERO GASCÓN, JUAN CARLOS PEREDA OLASOLO, FÉLIX PÉREZ-LORENTE[1], JOSÉ LUIS SAINZ RUIZ DE ZUAZO, RAÚL SESMA JIMENO

RESUMEN

Se situan dos nuevos yacimientos riojanos y se describe su contenido en huellas de dinosaurios. Se determina el morfotipo terópodo de las huellas a partir del análisis de sus caracteres biomórficos y morfométricos. Posteriormente se estudia la única rastrillada completa y se comprueba que: i) hay varios morfotipos en la misma rastrillada y; ii) que su trayectoria no es recta sino sinusoidal. Estos dos resultados son peculiaridades presentes en muchas rastrilladas largas de huellas terópodas de dinosaurios bípedos. El estudio icnológico se ha hecho con el mismo procedimiento que en los yacimientos vecinos de la misma unidad estratigráfica (Formación de Inestrillas) con la intención de roporcionar datos complementarios con ellos. Se concluye que son huellas terópodas grandes impresas por dinosaurios bípedos grandes y se hacen cálculos sobre la longitud posible de los icnopoyetas.

Palabras clave: icnitas terópodas, rastrilladas sinusoidales, Berriasiense, Cuenca de Cameros.

Two new dinosaur footprint sites are located in La Rioja and their ichnological content is described. The theropod track morphotype s is determined from the analysis of their biomorphic and morphometric characters. Subsequently, the only complete trackway is studied and it is concluded that: i) there are several morphotypes in the same trackway and; ii) the trackway trajectory is not straight but sinusoidal. These two results are fetures present in many long bipedal trackways of theropod footprints. The ichnological study has been carried out with the same procedure as in the neighboring outcrops of the same stratigraphic unit (Inestrillas Formation) with the intention of providing the same type of complementary data. It is concluded that they are large theropod ichnites printed by large biped dinosaurs and calculations are made on the possible length of the trackmakers.

Keywords: *theropod ichnites, sinusoidal trackways, Berriasian, Cameros Basin.*

---

* Registrado el 6 de mayo de 2022. Aprobado el 15 de septiembre de 2022.

[1] Profesor Honorífico U. de la Rioja. Edificio CT, c/Madre de Dios, 51-53. 26006, Logroño (España). felix.perez@unirioja.es

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los autores de este trabajo (R.S.) nos comunicó el descubrimiento, en los alrededores de Aguilar del Rio Alhama, de dos yacimientos con huellas de dinosaurio. Hicimos una visita de prospección para examinar su contenido y situación en el terreno. Los nuevos lugares están en rocas del Grupo de Oncala calizo en el Sureste de La Rioja, con lo cual el interés inicial del hallazgo era doble porque en este grupo y en esta zona hay muy pocos yacimientos de icnitas de dinosaurio. Uno de los yacimientos está entre el matorral que actualmente puebla las laderas y las antiguas terrazas que se emplearon para cultivo; el otro es simplemente un afloramiento que contiene dos huellas y que está en la misma orilla del Barranco de La Nava. Este segundo yacimiento lo hemos incluido en el del Barranco de la Nava (Ansorena et al., 2017) debido a su proximidad,

La asociación de amigos del museo de Enciso (AME) tiene como uno de sus objetivos la descripción y estudio de los yacimientos con huellas de dinosaurio no trabajados de La Rioja. Por tal razón, se procedió a la limpieza y toma de datos de los yacimientos. En este estudio se deja constancia de la ubicación de los yacimientos, la cantidad de huellas fósiles que contienen y las conclusiones derivadas de su estudio.

En el estudio se han seguido los esquemas de trabajo habituales, y las pautas marcadas en los yacimientos más próximos de las rocas del mismo grupo estratigráfico (Grupo de Oncala): el Barranco de la Nava (Ansorena et al., 2017) y los afloramientos de los alrededores de Cigudosa (Hernández Medrano et al., 2014)

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

Las huellas encontradas están en dos yacimientos situados a unos 5 km (medidos en línea recta sobre Google Earth) al Oeste de Aguilar del Rio Alhama y a 3.8 km al Este de Navajún (Figuras 1, 2). El terreno pertenece al término de Navajún en la comunidad autónoma de La Rioja. Ambos yacimientos están separados por 500 m de monte y matorral denso:

- Un yacimiento está colocado en el mismo borde del cauce del Barranco de la Nava, en la desemboocadura del afluente en el que está BLN. Al nuevo yacimiento lo vamos a llamar 2BLN por que está separado de BLN, por una decena de metros y ambos en la misma ladera del mismo afluente.. Sus coordenadas UTM, 578530E/4645750N. La superficie de estudio es el techo de niveles calizos (calizas en lajas) con abundantes fragmentos procedentes de su erosión. La dirección de la capa y de la superficie de estudio es N65E y su buzamiento de 32N, medidos en grados sexagesimales. El acceso a 2BLN es relativamente fácil con un vehículo todo terreno, ascendiendo por el barranco de La Nava desde la carretera de Aguilar del Rio Alhama a Cigudosa

- El otro yacimiento, que está al Sur de BLN en el afluente al Barranco de la Nava, aledaño al anterior, lo llamamos Los Hundidos (por el nombre del paraje en el que se sitúa) (Figura 1). Consta de dos partes alargadas (Oeste y Este) separadas por unos tres metros con vegetación y roca descompuesta (Figura 3). La parte del oeste, que contiene 16 huellas, mide unos 18 metros de largo, mientras qua la del este, que solo contiene 3 huellas, mide unos 3 metros de largo. Las coordenadas UTM del afloramiento obtenidas de Google Earth son 578290E/4645350N. La descripción de los estratos y niveles es igual que para el caso anterior, y como en ella se desprenden fragmentos de la misma roca. La dirección de la capa y de la superficie de estudio es N40E y su buzamiento 28N (grados sexagesimales). El acceso a LHN es penoso ya que no hay caminos ni veredas que penetren en el monte en el que se encuentra. El monte y las estrehas parcelas que se cultivaron en tiempos, están colonizados con mororral denso y su pendiente es fuerte y con suelo muy fragmentado

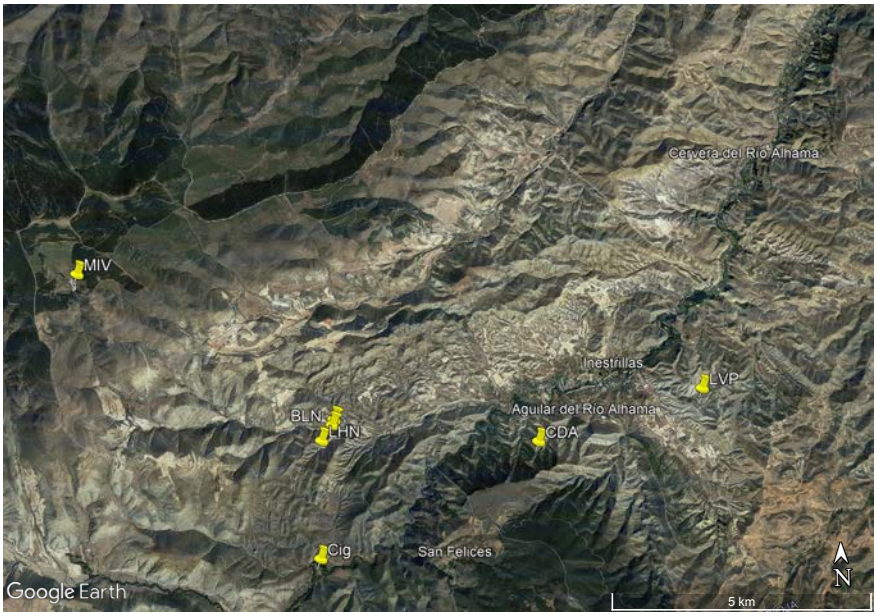

Figura 1. Situación en una imagen de Google Earth de los yacimientos de la región: LVP, La Virgen del Prado; MIV, Mina Victoria; Cig, Cigudosa; BLN, Barranco de la Nava y Barranco de la Nava 2; CDA, camino de Aguilar; LHN Los Hundidos.

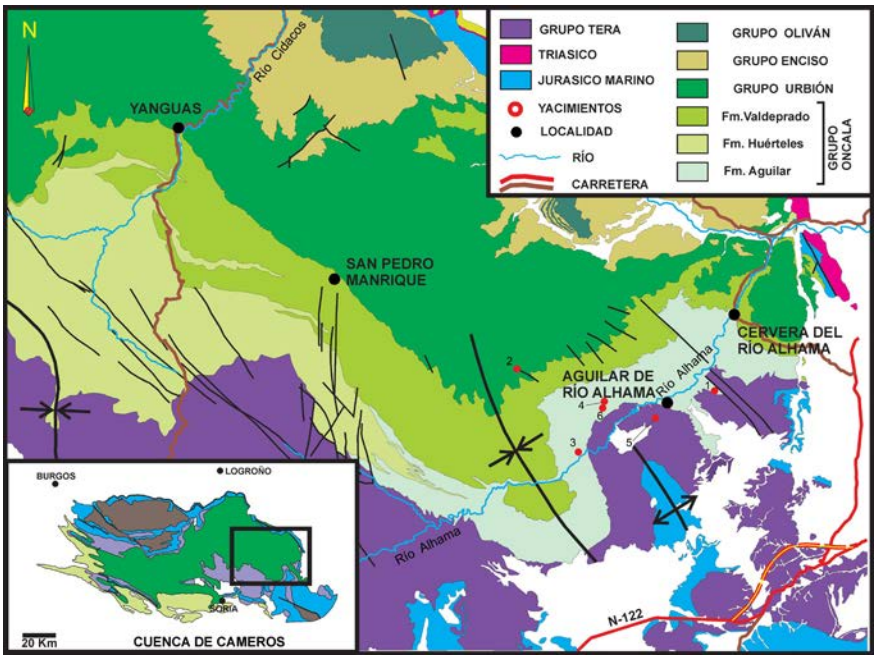

Figura 2. Situación en un plano geológico de los yacimientos de la región: 1, La Virgen del Prado; 2, Mina Victoria; 3, Cigudosa; 4, Barranco de la Nava y Barranco de la Nava 2; 5, Camino de Aguilar; 6 Los Hundidos (modificado de Hernández et al., 2014).

Los yacimientos más próximos ya conocidos, así como sus coordenadas, el grupo al que pertenecen y el año y autores que publicaron datos sobre ellos están en la tabla 1; la situación de los mismos la presentamos sobre una imagen de Google Earth (Figura 1) y sobre un mapa geológico (Figura 2).

Geológicamente, Los Hundidos (LHN) y Barranco de la Nava 2 (2BLN) - así como el yacimiento del Barranco de la Nava (BLN) están incluidos en el Grupo de Oncala. Según Doublet (2004) en la Formación de Inestrillas la cual, sería parte inferior de la Formación de Aguilar del rio Alhama de Guiraud y Seguret (1985) y Quijada et al. (2013). La Formación de Inestrillas, según Doublet (2004), empieza con niveles de argilitas con yeso laminado, pasando a calizas dolomíticas laminadas (calizas en lajas) con yeso y argilitas verdes y margas con niveles de yeso. En las calizas en lajas hay grietas de desecación y, en algunas, estructuras brechoides interestratificadas, en general poco desarrolladas (Doublet, 2004). Esta Formación se corresponde con la unidad c de la Aloformación de Huérteles definida por Gómez-Fernández y Melendez (1994).

Los yacimientos Barranco de la Nava (Ansorena et al, 2017) , los de Cigudosa (Hernández Medrano et al., 2014) y los citados en este trabajo

estarían (Quijada et al., 2013) en el intervalo inferior (Intervalo A) de Formación de Aguilar del Rio Alhama

Según Guiraud y Seguret (1985) la Formación de Aguilar estaría datada (Berriasiense) por carofitas (Brenner, 1976) y (Berriasiense inferior) por ostrácodos (Salomon1982). Quijada et al. (2016) dan también esa edad basándose en las dataciones con ostrácodos y carofitas de Salomon (1982) y Scgudack y Schudack (2009), pero especifican que el Intervalo A contiene ostrácodos y carofitas testimoniales. Según Hernández Medrano et al. (2014, p.37) "En función de los restos de ostrácodos y carófitas encontrados en lasformaciones del Grupo Oncala, así como por correlación estratigráfica, seconsidera que estas capas tienen edad Berriasiense (Martín-Closas y Alonso,1998; Mas *et al.*, 2004; Schudack y Schudack, 2009; Clemente, 2010)".

Los autores consultados están de acuerdo en considerar que las condiciones sedimentarias de la Formación Inestrillas, son lacustres en clima muy árido, en el que las condiciones debidas a la evaporación fuerte eran las que originaban este tipo de sedimentos de calizas laminadas con grietas de desecación, yeso y brechificaciones de algunos niveles calizos (Ansorena et al., 2017).

Figura 3. Fotografia del yacimiento después de la intervención.

3. MATERIAL Y MÉTODO

El afloramiento LHN estaba cubierto en parte por matorral y por derrubios que hubo que eliminar para tomar los datos pertinentes (Figura 3). El nivel con huellas sigue hacia el Sur, pero el recubrimiento supera el metro de espesor y la cantidad de material a remover convierte el trabajo en una excavación. Para la limpieza se empleó el utillaje habitual, un pico, paletas, cepillos y azadillas.

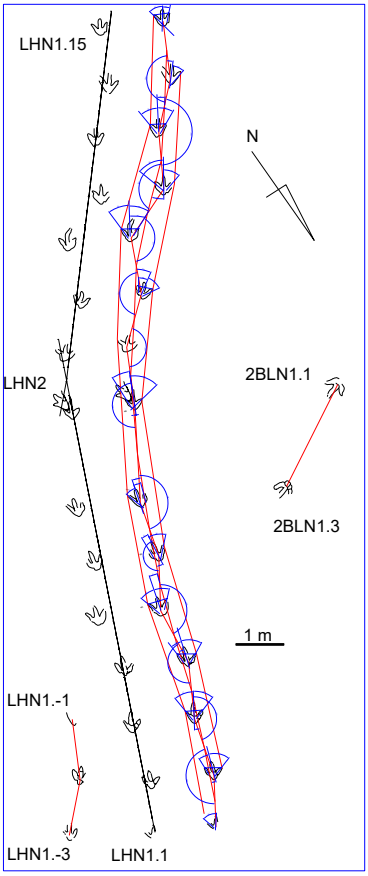

Figura 4. Representación de las huellas d LHN y 2BLN. Se han dibujado también las líneas auxiliares utilizadas en el análisis de la rastrillada LHN. La posición del Norte y la escala es la misma para todas las huellas.

Dada la forma alineada en la que están colocadas las huellas, para hacer su cartografía se trazó con tiza una línea quebrada compuesta por dos lineas rectas, que corren paralelas a la trayectoria de la rastrillada. Es posible que si se excavara en el lugar, se encontraran más icnitas, aunque no se puede prever el resultado. También se dibujó con tiza la línea límite de las pisadas, para fotografiarlas. Las fotografías, en formato digital, se rectificaron con Adobe Photoshop, y a partir del dibujo rectificado de la línea límite de las huellas y de la línea quebrada se han reproducido a escala y en su posición original mediante AutoCAD (Figura 4). Parte de los datos numéricos y de orientación se toman en el campo y otra parte sobre las reproducciones en AutoCAD.

Las siglas con las que se identifican los yacimientos, LHN y 2BLN, acrónimos de Los Hundidos y del Barranco de la Nava 2, se ajustan al sistema de nomenclatura de nuestro equipo.

El estudio de las huellas comienza con el análisis de sus datos biomórficos y morfométricos según las recomendaciones y método recopilados en los trabajos de Haubold (1971), Leonardi (1984), Demathieu (1986), Casanovas et al. (1989), Thulborn (1990) y Romero Molina et al (2003). Para las relaciones entre los datos obtenidos se emplean las utilizadas en los trabajos anteriores, a las que se suman las de Alexander (1976) y Weems (1992), La nomenclatura de espacios y estructuras es la recopilada en trabajos de Lockey, 1987), Allen (1997) y Gatesy (2003) Requeta et al. (2006-2007) y Pérez-Lorente (2015). Las abreviaturas y símbolos de los caracteres morfométricos y sus relaciones están indicadas en la tabla 1.

Tabla 1. Yacimientos del SE de La Rioja.

Yacimiento	Signatura	Grupo	Coordenadas	Primera publicación	
La Virgen del Prado	LVP	Oncala	585610//4646280	Mortalla (1993)	t, ni
Mina Victoria	MIV	Urbión	573623//4648580	Ansorena et al. (2007-2008)	t, o
Cigudosa	CIG	Oncala	578246//4643088	Hernández Medrano et al. (2014)	t, o
Camino de Aguilar	CDA	Tera	582458//4645294	Ansorena et al. (2017)	ni
Barranco de la Nava	BLN	Oncala	578500//4645650	Ansorena et al. (2017)	t
Barranco de la Nava 2	2BLN	Oncala	578530//4645752	este trabajo	t
Los Hundidos	LHN	Oncala	587289//4645350	este trabajo	t
En la casilla de Cigudosa se incluyen varios yacimientos signados: BDC, CAL, CDC. Las coordenadas de esta tabla son las de la localización del pueblo. El Camino de Aguilar es un yacimiento largo que se exyiende entre las coordenadas 583035//4645764 y 582458//4645294 t, icnitas terópodas; o, icnitas ornitópodas; ni, huellas no identificadas					

4. ESTUDIO PALEONTOLÓGICO DE LOS YACIMIENTOS DE ICNITAS

El yacimiento LHN (Los Hundidos) consta de una rastrillada con 18 huellas separadas en dos partes (la mayor desde LHN1.1 a LHN1.15 y la menor desde LHN1.-1 a LHN1.-3), y una huella aislada (LHN2) que se su-

perpone a LHN1.8. LNH1 consta actualmente de 18 huellas separadas por un tramo destruido. Es posible que el yacimiento llegara a tener unas 25 huellas si no faltase el tramo intermedio entre LHN1.-1 y LHN1.1.

El yacimiento 2BLN contiene dos huellas, posíblemente del mismo pie ¿izquierdo? de una rastrillada a la que le faltaría la huella intermedia (¿derecha?).

El hueco de las huellas de LHN y 2BLN es poco profundo. En algunas se aprecia que hay laminitas de algas adaptadas a las formas de las pisadas. En general la línea límite tiene formas redondeadas y, en ocasiones, es tan difusa que desaparece a la vista y no permite cerrar el dibujo de algunas huellas.

Dado el paralelismo de las laminitas de algas, no podemos interpretar si la adaptación de las laminitas es porque en origen eran planas y las deformaron los pies del dinosaurio cuando pisó o si son crecimientos algales paralelos a las formas de la pisada cuando ya estaba impresa. Por esa razón, a partir de los datos de observación, tampoco podemos saber si la superficie de estudio es la superficie de marcha (huellas reales) o si está por debajo (calcos) o por encima (si son sobrehuellas).

Otras característica comunes a todas las pisadas son: que no van acompañadas por rebabas de extrusión de barro y; que todas están sobre calizas en lajas.

Las huellas de LHN y 2BLN son similares a las icnitas terópodas de los yacimientos BLN y de los de Cigudosa (Hernández Medrano et al., 2014) en sus caracteres biomórficos, y también son iguales las características litológicas de los yacimientos.

4.1. Los Hundidos (LHN)

A pesar de que las huellas son someras, se distingue muy bien que son tridáctilas con dedos relativamente largos, fuertes y bien separados. Son huellas grandes (Tabla 2) cuya longitud máxima es de 44 cm, la mínima de 32 cm y la media de 40 cm. La anchura oscila entre 33 y 45 cm siendo la media de 36 cm. Son por lo tanto huellas estrechas ([l-a]/a = 0.08).,

Algunas muestran marcas de almohadillas dactilares y en raras ocasiones los dedos tienen terminación acuminada. El valor medio de los ángulos interdigitales II^III^IV es de26º y 45º que corresponden a los valores extremos entre 9º y 50º para el ángulo II^III, y entre 32º y 55º para el ángulo III^IV. Esto indica la disimetría angular carácterística de huellas terópodas, que queda patente con la posición separada y casi paralela de la marca del dedo II con la marca del dedo III

El talón en muchas icnitas es saliente y redondeado (Figuras 4, 5), pero en otras está formado por dos entrantes correspondientes a la almohadilla metatarso-falangiana del dedo IV y a la primera del dedo II. Este entrante es muy patente en la parte proximal del dedo II, hata tal punto que a veces a forma del talón de la huella es bilobulada (LHN1.10, LHN1.13). Tanto la proyección trasera como la anchura del talón son variables. La tendencia de

Tabla 2. Medidas y relaciones de los parámetros morfométricos de huellas y rastrilladas de los yacimientosLHN y 2BLN.

	l	a	Ar	Lr	P	z	te	II^III^IV	O	Ap	h	z/h	z/l	v1	v2	Ar/a	(l-a)/a
LHN1.15	34	33			122		9	9---47			172						0.03
LHN1.14			10	68	114	252		-----33	5	160		1.2	5.8	5.2	4.6	0.3	
LHN1.13		35	9	58	120	230		33--37	6	163		1.2	5.7	5.1	4.6	0.2	
LHN1.12	42		20		124	229		50--41	-15	142	2044	1.2	5.7	5.1	4.6	0.6	
LHN1.11		35	23	89	119	223		34--34	14	136		1.1	5.5	4.9	4.4	0.6	
LHN1.10	32	35	13	71	116	229	10	23--41	20	154	163	1.2	5.7	5.1	4.6	0.4	-0.03
LHN1.9			12		122	233		--------	----	157		1.2	5.8	5.2	4.6	0.3	
LHN1.8	42	33	3	43	205	326		24--55	-4	175	204	1.6	8.1	9.1	6.5	0.3	0.27
LHN1.7	40		11	59	115	316		3---33	9	164	198	1.6	7.9	8.7	6.3	0.3	
LHN1.6	43		9	55	116	228		4---39	-17	163	210	1.2	5.7	5.0	4.5	0.2	
LHN1.5	43	42	°4	69	122	232		32--32	3	154	210	1.2	5.8	5.2	4.6	0.4	0.02
LHN1.4	42	39	11	61	119	237	14	20--46	0	158	204	1.2	5.9	5.4	4.7	0.3	0.08
LHN1.3	44	36	7	49	125	244	18	39--37	-11	167	214	1.2	6.1	5.6	4.9	0.2	0.22
LHN1.2	38	36	8	54	106	230	13	17--52	-3	163	187	1.2	7.5	5.1	4.6	0.2	0.05
LHN1.1								-----53									
LHN1	40	36	11	61	124	245	11	26--45	6	160	197	1.3	6.2	5,7/5.2	4.9/4.6	0.3	0.08
LHN1.-1					128												
LHN1.-2		39	9		117	242		28-----	4	162						0.2	
LHN1.-3								28---									
2BLN1.3																	
						224						1.0	4.9	4.2	4.2		
2BLN1.1	46	45									219						

las huellas es que se forme el talón en la prolongación proximal del dedo IV, lo que quizá indique esta almohadilla proteje a la unión entre la primera falange del dedo IV y el metatarsal IV.

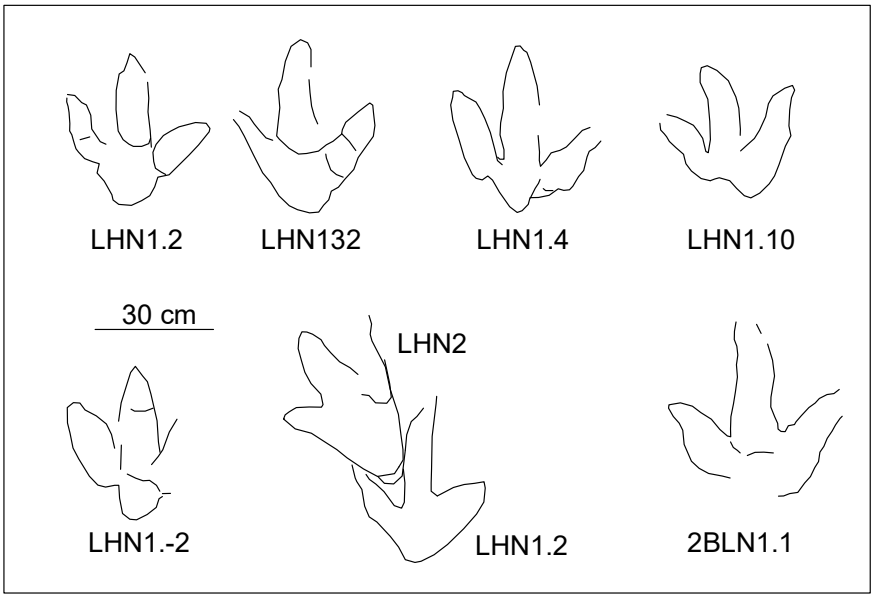

Figura 5. Huellas representativas de los yacimientos LHN y 2BLN. Nótese la variación de caracteres identificativos de las icnitas.

La rastrillada, o secuencia de pisadas dejadas por un vertebrado (Gámez y Liñán, 1996), varía (Figura 4) desde muy estrecha en LHN1.8 (Ar/a = 0.08) hasta ancha en LHN1.11 y LHN1.12 (Ar/a = 0.6); el valor medio es el de una rastrillada muy estrecha (Ar/a = 0.3). La misma variación se encuentra en el ángulo de paso cuyo valor medio es de 160º pero que oscila entre 175º donde la rastrillada es más estrecha (LHN1.8) a 136º y 142º donde es más ancha (LHN1.11; LHN1.12). La orientación de las pisadas varia desde -17º (la punta del pie apunta hacia la línea media) hasta 20º (la punta del pie apunta hacia el exterior de la rastrillada) ; el valor medio es de 6º. Se aprecia como en muchas rastrilladas de dinosaurios bípedos que la trayectoria (línea media) era sinusoide.

La altura del acetábulo (h) es de197 cm y la relación de Sternberg (z/l) de 6.2 es congruente con extremidades delgadas; esta relación, como la zancada relativa (z/h) hay que considerarlas con precaución debido a la anomalía de longitudes de pasos y zancadas entre las huellas LHN1.6 y LHN1.9 que se desvían y alteran los valores medios. Hay trabajos que calculan la longitud de los dinosaurios terópodos(L): según Weems (2006), para aquellos cuya l > 35 cm L = 2h (en metros) + 3.5; Boutakiout et al. (2009) calculan que la longitud de los terópodos gigantes varía entre 3 y 4.5 veces el valor de h; finalmente, Xing et al. (2009) proponen la fórmula L =2.63 h.

Si aplicamos los cálculos a LHN1 para encontrar el tamaño del icnopoyeta (o autor de las pisadas, cf. Boutakiout et al., 2009), nos encontramos con los valores de 7. 44 m (Weems, 2006), 7. 38 m (Boutakiout et al., 2009) y 5.11 m (Xing et al., 2009). La coincidencia entre las dos primeras medidas da mayor probabilidad a 7.4 m de longitud; si calculamos la media, la longitud del cuerpo del icnopoyeta sería de 6.6 m aproximadamente.

Como en las variaciones de los parámetros la velocidad oscila entre 4.9 y 8.1 Km/h según la fórmula de Alexander (1976) y entre 4.4 y 5.6 Km/h según la fórmula de Demathieu (1986), el resultado es que los dinosaurios alternaron al caminar la marcha moderada y marcha rápida (Pérez-Lorente, 2001). Esta variación de la velocidad es función en este caso de la variación del valor de la zancada puesto que consideramos la altura media (invariable) del acetábulo en estos cálculos. La variación de la longitud de la zancada puede estar relacionada con causas que no podemos analizar (lateralidad, cojera, cambios de dirección o velocidad, cambio de propiedades del sustrato y otras [Pérez-Lorente, 2015]) porque no disponemos de datos suficientes: no hay criterio por lo tanto, para suponer que el dinosaurio cambiaba de velocidad en esta rastrillada. No podemos dejar de citar la similitud no resuelta de tres pisadas a la izquierda y tres a la derecha ya planteada por Leonardi (1979) en una rastrillada ornitópoda. Triadas {LHN1.2-LHN1.3-LHN1.4} {LHN1.5-LHN1.6-LHN1.7} {LHN1.8-LHN1.9-LHN1.10} LHN1.11 (anomalía) {LHN1.12-LHN1.13-LHN1.14}.

Asignamos las pisadas al icnogrupo de huellas terópodas (Romero Molina et al., 2003) por la asociación de caracteres siguientes: dedos largos con almohadillas, de terminación acuminada, talón saliente o bilobulado, talón asociada a la almohadilla proximal del dedo IV (metatarso-falangiana) y rastrillada estrecha. Hay que tener en consideración a la hora de clasificar las icnitas, que en LHN se distinguen:

- un morfotipo, por la forma del talón saliente y en la prolongación del dedo III (LHN1.4, LHN1.6)
- un morfotipo, por la parte más saliente del talón en la prolongación del dedo IV, y bilobulado (LHN1.2, LHN1.10, LHN1.13, LHN1.15)
- un morfotipo, que tiene almohadillas dactilares anchas (LHN1-2, LHN1.2).

Lallensak et al., (2016) en un estudio sobre tres rastrilladas (dos terópodas y una ornitópoda) en el que consideran fundamental la identificación de los icnopoyetas, afirman que las medidas tradicionales no son válidas para distinguir entre huellas terópodas y ornitópodas. Si tenemos en cuenta que es frecuente que en una misma rastrillada haya varias icnotipos diferentes (Masrour et al., 2017), atribuibles a icnoespedies también diferentes, esto plantea una imposibilidad, basada en:

- cada icnotipo representa a un dinosaurio,

- cada rastrillada la ha hecho un solo dinosaurio por lo que: cada dinosaurio puede imprimir varios icnotipos (en función del estado del barro, de su comportamiento o de otros); o las huellas de una rastrillada son de más de un dinosaurio. Este hecho previene contra las asignación icnotaxonómica de estas huellas debido a la incompatibilidad entre varios icnopoyetas en la misma rastrillada.

4.2. Barranco de la Nava 2 (2BLN)

Está formado por dos huellas de un conjunto al que le debe faltar una huella intermedia. Esta suposición se basa (Figura 4) en la separación de las pisadas (¿z? =224 cm y en la orientación hacia el mismo lado del eje de las mismas. Si la orientación es negativa, como es normal en las rastrilladas terópodas, se trataría de dos pisadas izquierdas, lo cual también coincidiría (Tabla 2) con su disimetría angular (se supone que II^III < III^IV). No hay datos para hacer mayores precisiones sobre estas huellas, que también clasificamos como terópodas grandes.

5. DISCUSIÓN

Los caracteres biomórficos de las huellas de LHN y 2BLN son los típicos de huellas terópodas (Thulborn, 1990, Romero Molina et al. 2003). Según muchos autores (cf. Romero Molina et al., 2003) los caracteres biomórficos son los caracteres válidos para la clasificación de los icnotaxones dinosaurios.

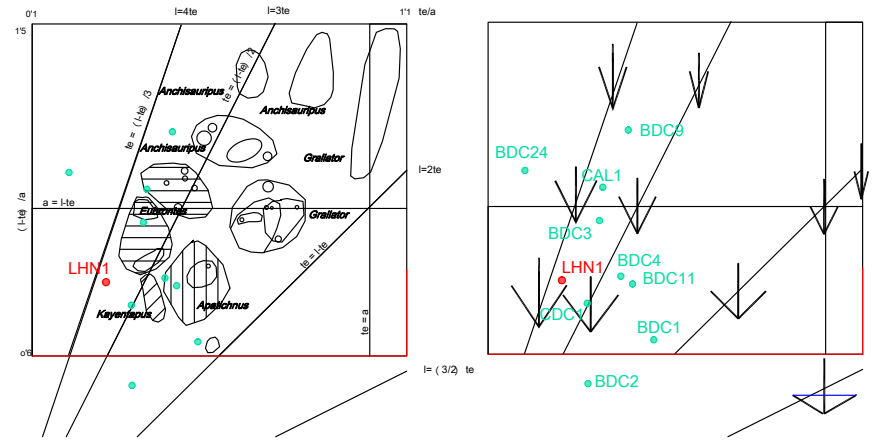

Figura 6. Diagrama de Weems de distribución de huellas terópodas. En rojo la proyección de LHN1; en verde la proyección de las huellas encontradas en otros yacimientos de la misma Formación sedimentaria (yacimientos de Cigudosa y BLN).

Los autores que trabajaron en Cigudosa (entre ellos dos de los autores de este artículo), optaron por sugerir que las huellas terópodas mayores de 38 cm de longitud de esa localidad, podrían asignarse al icnogénero

Megalosauripus Lockley, Meyer y Santos 1998. Pero, también especificaron que *Megalosauripus* es de edad Jurásico Medio-Superior. Al ser Berriasiense (Cretácico Inferior) la edad de los yacimientos que estamos considerando, no pueden incluirse en ese icnogénero.Según estos autores. *Megalosauripus* Lockley et al. (1998) se definió como: una huella tridáctila de tamaño medio a grande, alargada con almohadillas dactilares (2, 3, 4 , que corresponden a los dedos II, III y IV), y talón alargado en continuacioón con el dedo III.

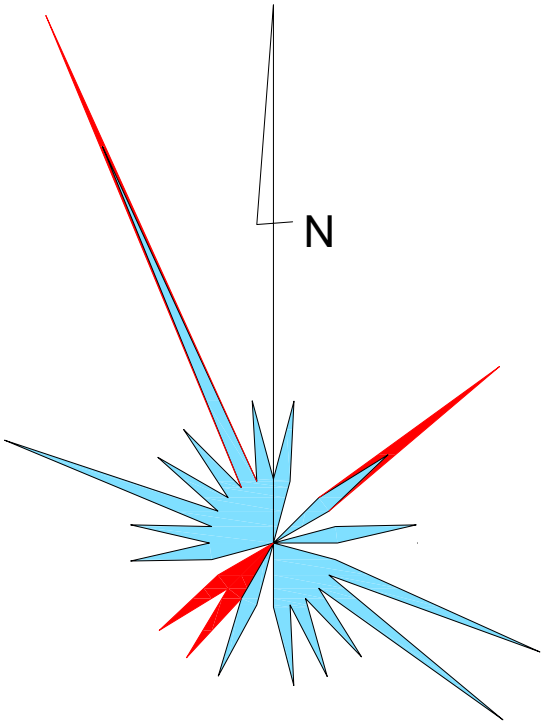

Figura 7. Rosa de los vientos hecha con el sentido de marcha de las rastrilladas de los yacimientos anteriores. En rojo (superpuestos o no) los de LHN1 y 2BN; en azul los de los yacimientos restantes (Cigudosa).

Fundamentalmente los caracteres morfométricos discriminatorios que se emplean en la identificación y asignación de las huellas son: la longitud (l) y anchra (a) de las pisadas, los ángulos interdigitales (II^III^IV), la longitud relativa de los dedos (longitud de un dedo en relación a los demás, longitud/anchura de cada dedo), longitud de la proyección del dedo III (t_e). Otros autores han empleado además relaciones más complejas entre los parámetros anteriores. De todos ellos consideraremos sólamente a Weems (1992) porque empleó las relaciones entre tres medidas lineales de la huella (l, a y t_e) que teóricamente son las menos variables. Independientemente de la influencia de la subjetividad de los investigadores (que dan medidas distintas incluso sobre las mismas huellas) los caracteres morfométricos en las huellas de un icnopoyeta en la misma rastrillada también varían. Está

comprobado que dependen de un número de variables no determinadas entre las que se encuentra el comportamiento del barro y el del dinosaurio.

En el área de Cigudosa (Hernández Medrano et al., 2014), próxima a LHN y 2BLN, se emplearon dos de estas relaciones para identificar las icnitas: una la variación del triángulo distal de Lockley et al., (1998) que depende de de t_e y del ángulo II^IV y otra el diagrama de Weems (1992) en el que la variación de los ángulos interdigitales prácticamente no tiene influencia. En el diagrama de Weems, (1992) el punto en donde se proyecta LHN1 queda fuera de los grupos distinguidos en su diagrama original. La proyección de los puntos que representan a las huellas de los yacimientos de Cigudosa y del Barranco de la Nava, se distribuyen en una nube muy amplia, con muchos de ellos también fuera de los grupos diferenciados en el diagrama original de Weems (Figura 6). No se pueden asignar el conjunto de huellas de esta zona (Cigudosa-Los Hundidos-Barranco de la Nava) a ninguno de los grups determinados por Weems.

Se ha representado sobre una ros de los vientos (Figura 7) el sentido de marcha de los yacimientos LHN, BLN y 2BLN junto con los datos de Cigudosa (Hernandez Medrano et al., 2014) para ver si hay coincidencia clara de los datos. No se observa tal superposición excepto en dos direcciones N340E y N60-65E. La rosa indica que los icnopoyetas iban en todas direcciones A pesar de que el diagrama se ha hecho con muy pocos datos y, en general, los diagramas con pocos datos son los que visualizan mejor los máximos), no hay una dirección o sentido de marcha mayoritaria entre las rastrilladas estudiadas por lo que no tenemos por ahora ninguna conclusión sobre este aspecto.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo es una nueva aportación al conocimiento icnítico de la Cuenca de Cameros, tan escasa en datos dentro de los terrenos de esta unidad sedimentaria en La Rioja. La dirección de las capas y su buzamiento, paralelo a la dirección de los barrancos en LHN, 2BLN y BLN, hace que las superficies de estratificación muestren el techo con mayor extensión que en otras condiciones. Eso conduce a considerar más probable que la densidad de yacimientos con huellas de dinosaurio en esta formación sedimentaria aumente con la prospección en los lugares de esta zona en los que la dirección de los barrancos y la de la estratificación coincida.

Estos descubrimientos modifican los cálculos estadísticos que se elaboran sobre la relación entre el contenido icnítico de las unidades estratigráficas de la Cuenca de Cameros ya que dicha relación depende del número de yacimientos conocidos que hay en ellas; Los cálculos estadísticos en La Rioja, sobre la relación entre la cantidad de dinosaurios y los medios sedimentarios poco profundos han de examinarse con precaución. Actualmente la representatividad cambia de unas a otras unidades sedimentarias y puede estar relacionada tanto con sus ambientes de depósito fueran muy diferentes

(fluviales, litorales, sebka u otros), con sus características litológicas y con su posición estructural.

Hasta ahora las huellas encontradas en este yacimiento y en el entorno (yacimientos de Cigudosa y del Barranco de la Nava) son de dinosaurios bípedos, mayormente terópodas. No se han encontrado huellas de saurópodas y tampoco, por ahora, se detecta que haya un icnotipo terópodo predominante.

7. AGRADECIMIENTOS

A las instituciones y asociaciones que amparan nuestro trabajo como: Museo de Enciso, Guias de Galve y Universidad de La Rioja y a la Dirección General de Educación y Cultura del Gobierno de La Rioja por darnos el permiso para trabajar sobre estos bienes patrimoniales (expediente 00860-2022/050165).. Agradecemos a los revisores anónimos sus indicaciones que nos han servido para mejorar el trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, R. McN. (1976). Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, 261, 129-130.

Allen, J. R. L. 1997. Subfossil mammalian tracks (Flandrian) in the Severn Estuary, S. W. Britain: mechanics of formation, preservation and distribu tion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (B, 352), 481-518.

Ansorena, P., Díaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F. (2007-2008). Mina Victoria (Navajún) y Valdeperillo (Cornago) Nuevos yacimientos de icnitas de dinosaurio en el grupo de Urbión (Cuenca de Cameros. La Rioja. España). *Zubía*, 25-26, 75-96.

Ansorena, P., Sesma, R., Torices, A., Requeta, E., Pereda, J.C., Fernández Ortega, A., y Pérez-Lorente, F. (2017). Dos nuevos yacimientos con huellas de dinosaurio en la transición Jurásico-Cretácico entre los grupos de Tera y Oncala. Cuenca de Cameros Oriental, La Rioja. España. *Zubía*, 35, 13-26.

Boutakiout, M., Hadri, H., Nouri, J., Diaz-Martínez, I. y Pérez-Lorente, F. (2009). Rastrilladas de icnitas terópodas gigantes del Jurásico Superior (Sinclinal de Iouaridène, Marruecos). *Revista española de paleontología*, 24, 31-46.

Brenner, P. (1976). Ostracoden und Charophyten des spanischen Wealden (Systematik, Ökologie, Stratigraphie, Paläogeographie. *Palaeontographica* Abteilung A 152 4-6.

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. I.E.R. *Ciencias de la Tierra*, 12, 190 p.

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.

Demathieu, G. (1986). Nouvelles recherches sur la vitesse des vertébrés, auteurs de traces fossiles. *Geobios*, 19, 327-333.

Doublet, S. (2004). *Contôles tectonique et climatique de l'enregistrement stratigraphique dans un bassin continental de rift: le bassin de Cameros* Tesis doctoral Universidad de Bourgogne. Mem. inéd. 497 p.

Gámez, J.A., Liñán, E. (1996). Revisión de la terminología icnológica en español. *Revista española de paleontología*, (11), 155-176.

Gatesy, S.M. (2003). Direct and indirect track features: what sediment did a dinosaur touch? *Ichnos*. (10), 91-98.

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*. (Christe-Blick,N., y Biddle, K.T. eds). *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*. 37, 158-175.

Haubold, H. (1971). *Ichnia amphibiorum et reptiliorum fossilium*. En *Handbuch der Paläoherpetologie*. Ed. O. Kuhn, 18, 124 p.

Hernández Medrano, N., Pascual Arribas, C., Pérez-Lorente, F. y Sesma, R. (2014). Icnitas terópodas, ornitópodas y de pterosaurio en la formación Aguilar del Río Alhama. Grupo de Oncala, cuenca de Cameros. *Zubia*, 32, 33-71.

Lallensak, J.N., Van Heteren, A.H. y Wings, O. (2016). Geometric morphometric analysis of intratrackway variability. A case study on theropod and ornithopod dinosaur trackways from Münchehagen (Lower Cretaceous. Germany). *PeerJ4:c2059; DOI 10.7717/peerj.2059.*

Leonardi, G. (1979). Nota preliminar sobre seis pistas de dinosauros Ornithischia da Bacia do Peixe en Sousa, Paraiba, Brasil. *Anais Academia Brasileira das Ciencias*, 51. 501-516.

Leonardi, G. (1984). *Glosary and Manual of Tetrapod Footprint Palaeoichnology*. Departamento Nacional de Produçao Mineral. Brasilia, 75 pp.

Lockely,M.G. 1987.- Dinosaur trackways. "Dinosaurs past and present". J. Czerkas y E.C. Olson (eds) 1, 80-95.

Lockley, M. G., Meyer, C. A. y Santos, V. F. dos (1998a): *Megalosauripus* and the problematic concept of Megalosaur footprints. *Gaia*, 15, 313-337.

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.

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.

Masrour, M., Lkebir, N., Pérez-Lorente,F. (2017). Anza paleaoichnological site. Late Cretaceous. Morocco. Part II. Problems of large dinosaur trackways and the first African *Macropodosaurus* trackway. *Journal of African Eartd Sciences*. http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.04.019

Moratalla, 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 Univ. Autónoma. Madrid. Mem. inéd. 724 p.

Pérez-Lorente, F. (2001). *Paleoicnología. Los dinosaurios y sus huellas en La Rioja*. Cultural joven - Gobierno de La Rioja y Fundación Cajarioja. 227 p.

Pérez-Lorente, F. (2015). *Dinosaur footprints and trackways of La Rioja*. Indiana University Press. 363 p.

Quijada, I.E., Suarez-González, 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., Suárez-González,P., Benito,M.I., y Más,R. (2016). Tidal versus continental sandy-muddy flat deposits: evidence from the Oncala Group (Early Cretaceous. N Spain).*Contribution to modern and ancient tidal sedimentology. Proceeding of the tidalites 20122 conference*. 133-159.

Requeta, L.E., Hernández Medrano, N. y Pérez-Lorente, F. (2006-2007). 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. (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.

Thulborn, R. A. (1990): *Dinosaur Tracks,* Chapman and Hall. 410p.

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.

Weems, R.E. (2006), Locomotor speeds and patterns of running behavior in non-maniraptoriform theropods. In The Triassic-Jurassic Terrestrial Transition J.D. Harris, S.G. Lucas, J.A. Spielmann, M.G. Lockley A.R.C. Milner, and J.I. Kirkland eds., *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 37, 379-389.

Xing, L.D., Harris, J.D., Feng, X.Y. y Zhang, Z.J. (2009). Theropod (Dinosauria: Saurischia) tracks from Lower Cretaceous Yixian Formation at Sihetun Village, Liaoning Province, China and possible track makers. *Geological Bulletin of China*, 28, 705-712