

Propuesta de una nueva técnica de estudio mediante análisis digital de imagen en huellas quiroteroides encontradas en el Triásico de Nuévalos (Provincia de Zaragoza)

M. GARCÍA-BARTUAL, R. RINCÓN y S. HERNANDO

*Departamento de Estratigrafía. Facultad de Ciencias Geológicas.
Universidad Complutense de Madrid
28040 Madrid*

RESUMEN

Nuevas huellas de pisadas de Tetrápodos han sido encontradas en los alrededores de Nuévalos (Zaragoza). Se trata de un conjunto de epirrelieves localizado en los materiales que aparecen entre las facies Buntsandstein y Muschelkalk del Triásico. El conjunto de huellas es en su mayor parte atribuible a quiroteroides.

Las icnitas preservadas no permiten una estimación fiable de la longitud y anchura total. Como alternativa, se sugieren nuevos parámetros de medida utilizando técnicas de análisis digital de imagen.

Palabras clave: Triásico, Nuévalos, Icnitas, Tetrápodos, *Chirotherium*, Análisis Digital de Imagen.

ABSTRACT

New fossil footprints of Tetrapods haven been found in Nuévalos (Sagossia, Spain). It is a group of epireliefs located in the bedrocks situated between the Triassic Buntsandstein and Muschelkalk facies. The group is basically assigned to Chirotherioid type.

Those preserved fossil footprints cannot be measured properly either by length or by breadth. As a new way to measure them, we suggest new measurement parameters by using digital image analysis techniques.

Key words: Triassic, Nuévalos, Traces, Tetrapods, *Chirotherium*, Digital Image Analysis.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La primera cita en Aragón de una huella asignada al icnogénero *Chirotherium* procede de Navas (1906), el cual describe un rastro de pisadas situado en las cercanías del Santuario del Moncayo. Posteriormente, Gómez de Llarena (1917) identifica nuevas huellas en la misma zona, especialmente un hiporrelieve del pie derecho encontrado en el borde del camino de la fuente de San Gaudioso al Santuario.

Las huellas de tipo *Chirotherium* objeto de este estudio se ha localizado en los materiales correspondientes a la transición entre las facies Buntsandstein y Muschelkalk, situados en la carretera de Nuévalos a Calatayud a 3 Km. aproximadamente de la primera localidad citada (Fig. 1). Dichos materiales corresponden a las unidades litoestratigráficas denominadas informalmente como tramo D por Vilas *et al.* (1977) y Facies Buntsandstein superior por García Royo & Arche (1987) y García Royo, Arche & Doubinger (1989). Icnitas de *Chirotherium* en esta zona han sido citadas por García Royo (1985), García Royo & Ar-

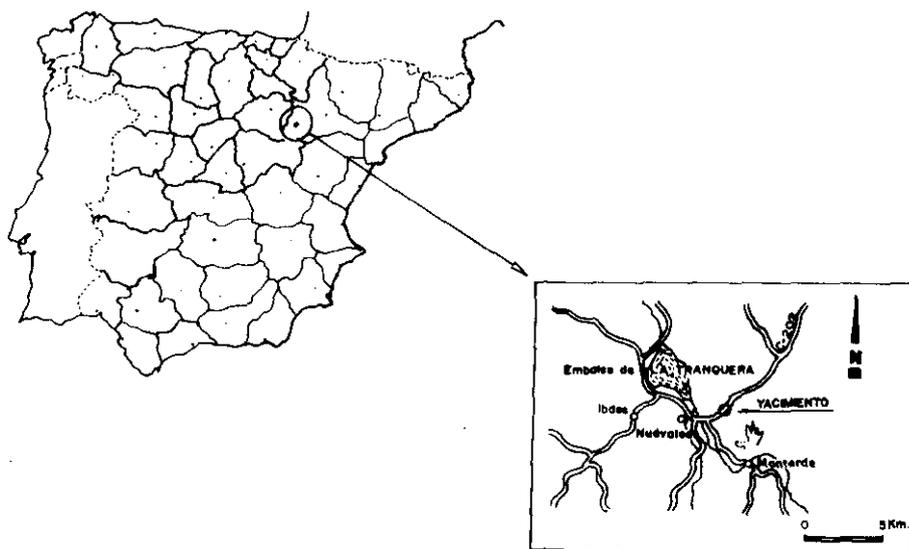


Fig. 1.—Localización geográfica y situación del yacimiento de icnitas.

Fig. 1.—Geographic location and situation of the fossil tracks site.

che (1987) y García Royo *et al.* (1989) en las cercanías del Embalse de La Tranquera.

El conjunto de huellas, según distintas denominaciones, constituye epirrelieves (Moratalla García *et al.*, 1988), hiporrelieves convexos (Seilacher, 1964) o contraimpresiones (Lapparent *et al.*, 1965; Lapparent, 1966; Demathieu, Ramos & Sopeña, 1978). Otros términos empleados en este trabajo siguen las indicaciones de García Ramos, Valenzuela & Centi (1989).

DESCRIPCIÓN DE LAS ICNITAS

El nivel con huellas se sitúa a muro de una capa de areniscas que presenta abundante bioturbación, tanto de pistas como conductos perforantes; laminación paralela, ripples de corriente, estratificación «flaser» y numerosos pseudomorfos de sal. En general, el cuerpo de roca está muy alterado, aunque se observan dos posibles rastros de pisadas diferentes. La superficie de afloramiento con indicios de huellas ocupa aproximadamente 3 m².

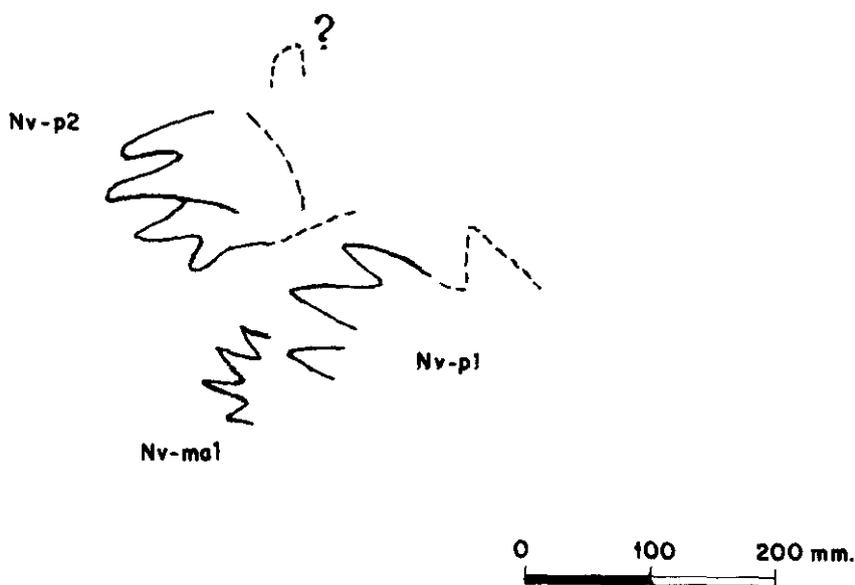


Fig. 2.—Esquema del grupo principal.
Fig. 2.—Scheme of the main group.

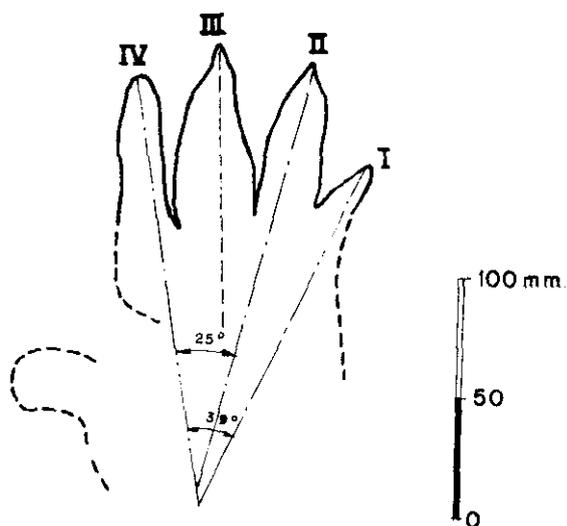


Fig. 3.—Huella del pie izquierdo (Nv-p2). La posición del dedo V no puede precisarse.
 Fig. 3.—Left pes track (Nv-p2). Digit V position is not clearly visible.

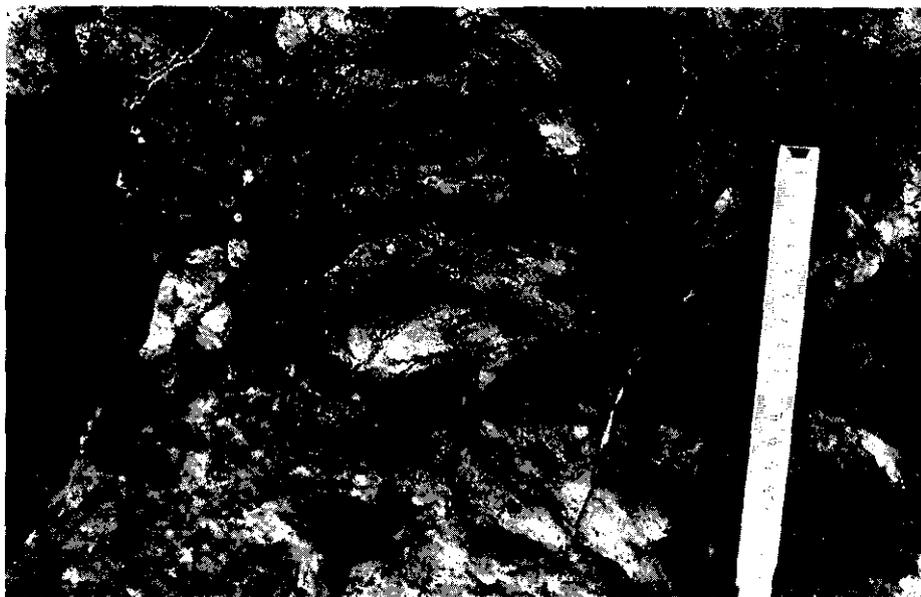


Fig. 4.—Nivel con huellas de Tetrápodos. En el centro de la imagen Nv-p2.
 Fig. 4.—Outcrop with fossil tracks of Tetrapods. Nv-p2 at the center of the image.

El primer grupo de trazas se localiza en la parte media del afloramiento. Está compuesto por dos huellas de un pie izquierdo y una tercera correspondiente a una mano.

La primera huella del pie (Nv-p1) presenta peor estado de conservación. La mayor parte de la región plantar se ha perdido, al igual que el dedo I. Se ha preservado el relieve de los dedos II-IV, aunque no son visibles las callosidades subdigitales. La forma del V dedo se marca en su parte anterior mediante un surco seguido de un ligero relieve.

Es posible también apreciar el epirrelieve poco marcado de una de las manos (Nv-ma1) situado entre las dos trazas principales, muy cerca de la primera huella del pie. Los dedos centrales son los que están mejor marcados (ver Fig. 2).

La segunda huella del pie (Nv-p2) conserva bien la impresión anterior de los dedos I-IV, distinguiéndose claramente la terminación acuminada correspondiente a las garras que, están ligeramente curvadas hacia el exterior (ver Figs. 3 y 4). El dedo primero se sitúa algo oblicuo respecto de los otros tres. El dedo III es el de mayor longitud. El dedo IV tiene una terminación redondeada, la uña parece estar hundida en el momento de la impresión, dando una forma similar a la del ejemplar 41392 del Museo Geológico del Seminario de Barcelona (Calzada, 1987). El contorno del dedo V no está definido y su ubicación resulta imprecisa. El relieve de la huella en su lado externo es de 12 mm, y de 8 mm para el interno. Es sobre esta última icnita donde se ha realizado una de las estimaciones de parámetros propuestos mediante el análisis digital de imagen. Nv-p2 podría pertenecer a un rastro de pisadas distinto al que generó Nv-p1, por su disposición oblicua respecto del segundo. Sin embargo, la falta de otras huellas que completaran un rastro no permite aclarar este aspecto.

De otra parte, se aprecia también otro conjunto de huellas algo menos marcadas correspondientes a un pie y una mano; dispuestas oblicuamente y en un sentido de progresión similar al del grupo principal.

La presencia de dos conjuntos de icnitas con un sentido de progresión común en una superficie de afloramiento reducida, parece indicativa de la actividad de, al menos, dos individuos.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS SOBRE CARACTERES MENSURABLES EN ICNITAS DE QUIROTEROIDES

Uno de los principales problemas que hay que abordar al intentar efectuar medidas sobre este tipo de huellas, es su ausencia de puntos to-

pográficos de clara referencia. Esto dificulta el poder definir de forma precisa un procedimiento general que fuera utilizado para estimar los distintos parámetros que caracterizan a una icnita o a un rastro de pisadas quiroteroides.

Es fundamental en este tipo de estudios, presentar un esquema claro que indique como se efectuaron las diferentes medidas sobre las icnitas (Sarjeant, 1975). Deberían descartarse los intentos de asignación específica, merced a la dificultad de encontrar rasgos realmente diferenciadores en esta clase de fósiles.

ANÁLISIS DIGITAL DE IMAGEN

Las ventajas de análisis digital de imagen aplicado al estudio de huellas de Tetrápodos triásicos se fundan en la posibilidad de realizar medidas fiables sobre magnitudes distintas de las tradicionalmente propuestas. Además es susceptible de efectuarse sobre fotografías del espécimen, lo que permite un estudio donde resulta innecesario extraer el fósil para su transporte al laboratorio, evitándose posibles daños y el evidente impacto que causan este tipo de actuaciones.

El analizador de imagen utilizado en este estudio fue un VIDAS-KONTRON diseñado para medir dimensiones espaciales sobre una imagen tomada mediante video. El equipo consta de un ordenador AT, con dos monitores, tabla digitalizadora, puntero electrónico, impresora y cámara de vídeo en la que se pueden incluir imágenes de objetos reales o fotografías para su estudio. El *software* de VIDEOPLAN v. 2.1 permite al usuario establecer sus propios programas de ejecución sucesiva de funciones, pudiéndose elegir la más apropiada para el estudio que se plantee. Esta versatilidad nos permitió plantear nuevos parámetros a considerar en este tipo de icnitas fósiles.

La huella Nv-p2 de Nuévalos sólo conserva claramente la impresión anterior del autópodo, de forma que no sería posible una estimación de la longitud y anchura total utilizando el método de Haubold (Sarjeant, 1975); o calcular la longitud de los dígitos tomando como referencia el contorno posterior del talón, sin exponerse a un elevado error en el cálculo de la medida. Para subsanar esta dificultad, se proponen nuevos parámetros que pueden calcularse para aquellos dedos que hayan dejado una impresión definida. Estos parámetros son, empero, independientes del equipo digital a emplear ya que se basan únicamente en medidas de longitud y de superficie.

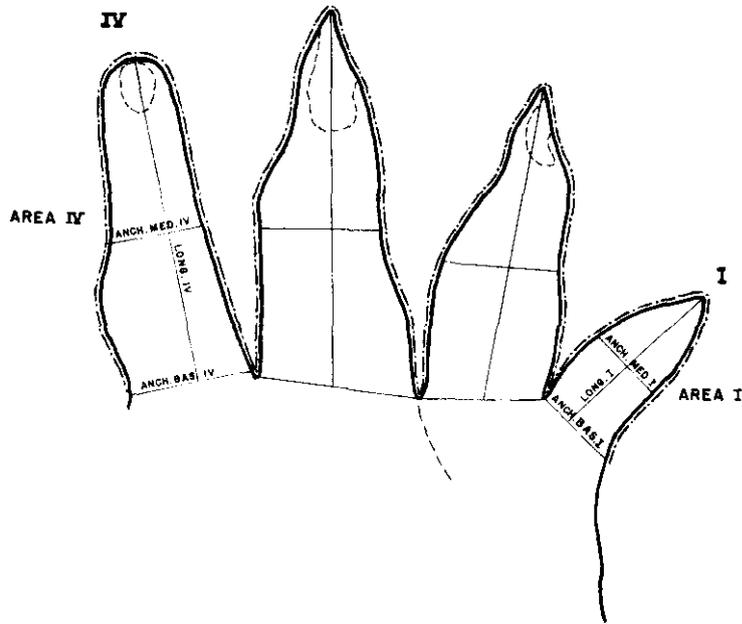


Fig. 5.—Medidas propuestas para la impresión anterior del autópodo en Nv-p2 (tamaño real). La línea de puntos simboliza el contorno del área para cada dígito.

Fig. 5.—Measurements proposed for the fore impression of the autopod in Nv-p2 (actual size). The spot line stands for the area contour for each digit.

Las medidas propuestas son (Fig. 5):

ATOTAL = Área total de la superficie plantar conservada ¹.

PTOTAL = Perímetro total de la superficie plantar conservada ².

AREAn = Área del contorno del dedo n.

ANCHMEDn = Anchura del dedo n en su zona media.

ANCHBASn = Anchura del dedo n en su base. Se toman como referencia para la traza de la base, los puntos más incurvados de la marca del pliegue interdígital.

LONGn = Longitud del dedo n desde la base de la marca del pliegue interdígital hasta su parte más distal.

¹ Para esta magnitud el "software" VIDEOPLAN, que permite realizar estimaciones sobre superficies de imágenes recogidas en una cámara de video, cierra automáticamente el contorno del área que se delimita con el puntero electrónico y efectúa una estimación en función de esa superficie.

² En este parámetro el "software" VIDEOPLAN no cierra el contorno de la figura que se haya delimitado con el puntero electrónico.

<i>Parámetros de superficie</i>		<i>Mínimo (mm²)</i>	<i>Máximo (mm²)</i>	<i>Media (mm²)</i>	<i>Varianza σ^2</i>	<i>Desviación típica σ</i>	<i>Coficiente Variación V (%)</i>
ATOTAL	AT-02a	12.009,83	12.878,56	12.363,00	68.551,31	261,82	2,11
	Nv-p2	7.277,62	7.835,24	7.446,80	29.166,10	170,78	2,29
PTOTAL	AT-02a	680,00	722,32	703,09	142,17	11,92	1,69
	Nv-p2	503,59	524,31	518,88	46,14	6,792	1,30
AREAI	AT-02a	113,33	192,67	145,04	510,56	22,60	15,58
	Nv-p2	283,86	392,89	336,97	952,24	30,86	9,15
AREAI	AT-02a	476,87	690,74	566,11	3.896,62	62,42	11,02
	Nv-p2	676,36	861,81	752,59	2.642,29	51,40	6,82
AREAI	AT-02a	937,49	1214,10	1.092,92	5.826,46	76,33	6,98
	Nv-p2	1.084,04	1.222,87	1.163,07	2.000,94	44,73	3,84
AREAI	AT-02a	577,83	966,37	737,40	12.097,78	109,99	14,91
	Nv-p2	470,74	685,53	618,55	3541,47	59,51	9,62

Tabla I.—Resultados de las medidas a partir de los parámetros de superficie propuestos.

Table I.—Results of the measurement of the surface parameters proposed.

Parámetros lineales		Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Media (mm)	Varianza σ^2	Desviación típica σ	Coficiente Variación V (%)
ANCHBASI	AT-02a	12,20	18,66	15,83	3,085753	1,756631	11,09
	Nv-p2	22,56	27,28	24,78	2,604468	1,613836	6,51
ANCHMEDI	AT-02a	8,451	10,52	9,353	0,665069	0,815518	8,71
	Nv-p2	15,02	18,77	16,89	1,989320	1,410432	8,35
LONGI	AT-02a	13,34	17,98	15,22	2,528091	1,589997	10,44
	Nv-p2	19,35	23,80	21,17	1,956553	1,398768	6,60
ANCHBASII	AT-02a	20,03	28,98	24,51	7,166790	2,677086	10,92
	Nv-p2	25,38	28,98	27,66	1,115070	1,055969	3,81
ANCHMEDII	AT-02a	11,58	14,68	13,02	0,838235	0,915552	7,30
	Nv-p2	17,39	21,18	19,28	2,049262	1,431524	7,42
LONGII	AT-02a	37,77	45,28	41,01	4,887158	2,210692	5,39
	Nv-p2	43,07	46,55	44,70	1,610518	1,269062	2,83
ANCHBASIII	AT-02a	27,29	33,98	30,36	5,117411	2,262170	7,45
	Nv-p2	29,42	35,59	31,41	3,429740	1,851095	5,89
ANCHMEDIII	AT-02a	16,46	21,48	19,65	3,56336	1,889004	9,61
	Nv-p2	20,35	24,22	22,21	1,945562	1,394834	6,28
LONGIII	AT-02a	54,98	61,21	58,24	4,662568	2,159298	3,70
	Nv-p2	50,89	55,56	53,76	2,921600	1,709269	3,17
ANCHBASIV	AT-02a	23,68	30,65	26,59	5,099652	2,258241	8,49
	Nv-p2	16,63	21,40	19,17	2,462659	1,569286	8,18
ANCHMEDIV	AT-02a	16,11	21,45	19,02	3,263392	1,806486	9,47
	Nv-p2	12,92	19,18	14,97	4,219279	2,054088	13,72
LONGIV	AT-02a	36,89	48,80	41,22	15,36	3,918772	9,50
	Nv-p2	35,30	44,32	41,52	7,837670	2,799584	6,74

Tabla II.—Resultados de las medidas con los parámetros lineales propuestos.
Table II.—Results of the measurement of the lineal parameters proposed.

Como muestra de comparación se escogió el ejemplar AT-02a procedente de la localidad de Aragoncillo (Guadalajara). Dicho espécimen, estudiado por Demathieu *et al.* (1978), está actualmente depositado en el Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense. Sobre esta icnita, de morfología similar al ejemplar Nv-p2 de Nuévalos, se aplicó el mismo tipo de parámetros. En ambos ejemplares se repitió cada medida diez veces, con el fin de disminuir mediante una estimación del valor medio, el error absoluto inherente a la medida.

El resultado de las medidas efectuadas en Nv-p2 sobre fotografía y en AT-02a sobre el fósil original, queda reflejado en las tablas I y II.

DISCUSIÓN

Puesto que Nv-p2 es el ejemplar de mayor relieve y mejor conservado del grupo de huellas presente en el afloramiento, parece el más indicado para intentar una posible identificación de su autor. Al igual que en el icnogénero *Chirotherium*, la icnita Nv-p2 es ligeramente mesaxónica y posee una terminación claramente acuminada. Sin embargo, el carácter más remarcable atribuido a *Chirotherium* es la disposición lateral y orientada hacia afuera del V dígito (Sanz, Alafont & Moratalla, 1993), aspecto que no es posible constatar en Nv-p2 por la ausencia de una impresión clara del mismo.

Esta dificultad no permite una asignación definitiva del espécimen al icnogénero *Chirotherium* y como consecuencia, hemos preferido no abordar la comparación con los icnogéneros próximos, *Isochirotherium* y *Brachychirotherium*; morfológicamente Nv-p2 es bastante similar al ejemplar AT-02a clasificado como *Chirotherium* y también los parámetros lineales definidos para ambos ejemplares (ver Tabla II), presentan valores cercanos.

Asignar una edad al nivel con huellas presenta igualmente dificultades. La asociación de palinomorfos para el techo de las facies Buntsandstein en el Embalse de la Tranquera proporciona una edad Karniense (García Royo *et al.*, 1989). Sin embargo, en áreas próximas y en niveles similares situados en la región de Medinaceli (Soria), se encuentran asociaciones de palinomorfos a las que se asigna una edad Ladiniense (García Gil & Sopena, 1987). Está fuera del propósito de este trabajo el proponer una explicación plausible a la diacronía de estas facies; pudiéndose considerar, en principio, que la edad de estas icnitas se encuentra dentro de un rango temporal Ladiniense superior-Karniense.

En nuestra opinión, y en concordancia con la bibliografía consultada, se trata de materiales equivalentes al tramo medio del Muschelkalk, reconocido en áreas más orientales de la Cordillera Ibérica.

CONCLUSIONES

– El método propuesto es utilizable tanto sobre especímenes originales como sobre soportes gráficos de los mismos. Esta ventaja hace innecesaria la extracción de los fósiles de su emplazamiento evitando un daño potencial y facilitando su preservación *in situ* para futuros estudios. El método también permite estudiar aquellos ejemplares que se hayan perdido y de los que sólo se conserven documentos gráficos.

– Las medidas propuestas presentan, en general, unos coeficientes de variación reducidos y no muestran una gran variabilidad. Los valores de la varianza para las medidas de superficies son obligadamente altos, pero la expresión porcentual de los coeficientes de variación (especialmente del ATOTAL y PTOTAL) son pequeños, y expresan mejor la fiabilidad de las medidas tomadas.

– Los valores medios de los parámetros lineales considerados muestran valores cercanos para ambos especímenes. Los valores medios para los parámetros de superficie son algo superiores en AT-02a, evidenciando un contorno más amplio en la impresión del autómodo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la valiosa ayuda prestada por el Dr. José Domingo Sánchez Pérez de la Escuela de Medicina Legal de la Universidad Complutense de Madrid, en el tratamiento digital de las imágenes de icnitas y a don Antonio García Aguirre en la delineación de las figuras que acompañan este trabajo.

Igualmente agradecemos los comentarios y modificaciones que nos han sido sugeridas por los revisores anónimos de éste trabajo.

VIDAS y VIDEOPLAN son marcas registradas de KONTRON BILDANALYSE GMBH.

NOTA BIBLIOGRÁFICA:

CALZADA, S. (1987): «Niveles fosilíferos de la facies Buntsandstein (Triás) en el sector norte de los Catalánides», *Cuad. Geol. Ibérica*, 11: 115-130.

DEMATHIEU, G.; RAMOS, A. & SOPENA, A. (1978): «Fauna icnológica del Triásico del extremo noroccidental de la Cordillera Ibérica (Prov. de Guadalajara)», *Estudios geol.*, 34: 175-186.

- GARCÍA GIL, S. & SOPENA, A. (1987): «Estratigrafía y Sedimentología del Triásico en el sector Medinaceli-Somaén (Provincia de Soria)», *Cuad. Geol. Ibérica*, 11: 707-738.
- GARCÍA RAMOS, J. C.; VALENZUELA, M. & SUÁREZ DE CENTI, C. (1989): «Sedimentología de las huellas de actividad orgánica», en *Sedimentología*, A. ARCHE (coord.), Consejo Superior de Investigaciones Científicas, II: 261-342, Madrid.
- GARCÍA ROYO, J. F. C. (1985): *Estratigrafía y Sedimentología del Triásico de la región Nuévalos-Cubel (Zaragoza)*, Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, 153 pp.
- GARCÍA ROYO, J. F. C. & ARCHE, A. (1987): «El Triásico de la región Nuévalos-Cubel (Zaragoza): Sedimentación en un sector del borde de cuenca del surco Molina-Valencia», *Cuad. Geol. Ibérica*, 11: 575-605.
- GARCÍA ROYO, J. F. C.; ARCHE, A. & DOUBINGER, J. (1989): «Palinomorfos del Triásico de la región Nuévalos-Cubel (Provincia de Zaragoza)», *Revista Española de Micropaleontología*, XXI: 1, 125-137.
- GÓMEZ DE LLARENA, J. (1917): «La estratigrafía del Moncayo». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 17: 568-572.
- LAPPARENT, A. F. de (1966): «Nouveaux gisements de reptiles mésozoïques en Espagne», *Notas y Comuns. Inst. Geol. y Minerio de España*, 84: 103-110.
- LAPPARENT, A. F. de; LE JONCOUR, M.; MATHIEU, A. & PLUS, B. (1965): «Découverte en Espagne d'empreintes de pas de Reptiles mésozoïques», *Bull. R. Soc. Esp. de Hist. Nat. (geol.)*, 63: 225-230.
- MORATALLA GARCÍA, J.; SANZ GARCÍA, J. L.; MELERO DOMÍNGUEZ, I. & JIMÉNEZ GARCÍA, S. (1988): *Yacimientos Paleoicnológicos de La Rioja: (Huellas de dinosaurios)*, Gobierno de La Rioja, Consejería de Educación, Cultura y Deportes. Iberduero, Sección de Mineralogía y Paleontología. 95 pp.
- NAVAS, L. (1906): «El *Chirosauros ibericus* sp. nov», *Bol. Soc. Aragón Cienc. Nat.*, V: 208-213.
- SANZ, J. L.; ALAFONT, L. S. & MORATALLA, J. J. (1993): «Triassic reptile faunas from Spain», *Evolution, ecology and biogeography of the Triassic Reptiles. Paleontologia Lombarda della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano. Nuova serie*, II: 153-164.
- SARJEANT, W. A. S. (1975): «Fossil tracks and impressions of Vertebrates», en R. W. FREY (ed.), *The Study of Trace Fossils: A synthesis of principles, problems and procedures in ichnology*. Springer-Verlag, Berlín. 283-324.
- SEILACHER, A. (1964): «Biogenic sedimentary structures», en J. IMBRIDE & N. D. NEWELL (eds.), *Approaches to Paleocology*, John Wiley & Sons, Nueva York, 296-316.
- VILLAS, L.; HERNANDO, S.; GARCÍA QUINTANA, A.; RINCÓN, R. & ARCHE, A. (1977): «El Triásico de la región Monterde-Alhama de Aragón (Provincia de Zaragoza)», *Cuad. Geol. Ibérica*, 4: 467-484.

Manuscrito recibido: 27 junio 1994

Manuscrito aceptado: 26 febrero 1995