

## FRAGMENTOS DE ROCA CON HUELLAS DE AVES EN EL TERCIARIO DE ALCANADRE (LA RIOJA). DESCRIPCIÓN, ESTRUCTURAS Y PROBLEMAS DE IDENTIFICACIÓN

MANUEL GARCÍA RAGUEL<sup>1</sup>

ISABEL CUEVAS GONZÁLEZ<sup>1</sup>

IGNACIO DÍAZ-MARTÍNEZ<sup>2,3</sup>

FÉLIX PÉREZ-LORENTE<sup>2,3</sup>

### RESUMEN

Se estudian en este artículo, 316 huellas impresas en 20 fragmentos de roca recogidos en un montón de material hallado cerca de la ermita de Aradón en Alcanadre. Se ha deducido, por la forma y composición de los materiales, que las rocas deben de proceder de un desplome de la pared vecina o de acarreo artificial de materiales situados al lado pero no se ha podido fijar su posición exacta.

Las icnitas están formadas sobre suelo de propiedades físicas muy variables (probablemente en parte debidas a hidratación diferente). Como consecuencia la variedad de estructuras singenéticas que las acompañan es muy grande. Junto a las pisadas hay pistas de otros animales y señales de picoteo y probablemente de arrastre de plumas.

Finalmente se correlacionan las pisadas con icnotipos e icnopoyetas conocidos y se distinguen las estampas del resto de icnitas. En el análisis anterior se cuestiona la validez de interpretación de algunas estructuras biológicas e icnotaxones reconocidos.

*Palabras clave:* pisadas de ave, Terciario, Valle del Ebro, La Rioja.

*In this paper are studied 316 footprints from 20 pieces of rock stones founds on a debris accumulation, near the Aradon church in Alcanadre town. From the stone morphology and composition are deduced that the original location is the adjacent rock-wall, or the material is artificially removed from a near area. It is not possible to find exactly the procedure site.*

---

1. C. Vitoria, 10, 26005 Logroño.

2. Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja. Port Ilo, 3, 26584 Enciso.

3. Universidad de La Rioja. Edificio CT. Madre de Dios, 51-53. 26006 Logroño.

*The foots are formerly printed on floors of diferent physical properties (probably related with the water mud contents). As a consequence, they are a great amount of singenetic structures. Icnites of other animals, avain dabled structures and probably feather draging marks can be observed in the same fagmnents.*

*Finally the true footprints are separated and the footprints are correlated with known ichnotypes and trackmakers. Criteria for the invalidation of some biological structures and some avian ichnotaxons are showed in this paper as a result of the ichnites analysis.*

Key words: *Avian footprints, Tertiary, Ebro basin; La Rioja.*

## INTRODUCCIÓN

En primer lugar hay que puntualizar un detalle importante en este trabajo: no se puede afirmar la procedencia concreta de las muestras con las icnitas. Proceden de un montón de derrubios de las proximidades de la Ermita de Aradón (Alcanadre, La Rioja). La procedencia exacta de los derrubios es muy dudosa, porque no se ha podido averiguar si son el resultado de un desplome de la pared o del acarreo artificial por razones no conocidas. No obstante, la litología de las muestras y material acompañante, y el lugar en el que se hallaron permiten afirmar que la asignación estratigráfica es correcta.

Las icnitas de aves son mayoritarias pero no las únicas visibles. Se han reconocido también de otros organismos que no se van a estudiar, aunque se citarán al hacer la descripción de los fragmentos de roca.

Se han contabilizado 316 huellas de ave en 20 de los 22 fragmentos de roca recogidos. Cuatro de los fragmentos (3ALC, 4ALC, 5ALC, 6ALC y 7ALC Fotografía 28, Figura 42), con huellas en la parte del techo y en la del muro, encajan perfectamente por lo que su transporte hasta el punto donde se encontraron ha sido prácticamente nulo.

Las icnitas se encuentran en un número indeterminado de niveles estratigráficos: tres en los niveles asociados con los cuatro fragmentos anteriores; uno sobre rizaduras, y varios no determinados en techos y muros atravesados por las pisadas. Hay además niveles diferentes (composición y color, p.ej.: 1ALC) que no hemos podido establecer en cuanto a su número.

## 1. LOCALIZACIÓN Y ENCUADRE GEOLÓGICO (Figura 1)

El “yacimiento” está señalado en la Figura 1. Como ya se ha dicho, se trata de un revuelto de arcillas y fragmentos de roca. Aparentemente el material estaba poco desplazado de su origen porque las muestras recogidas se encontraban con otros fragmentos de roca similares en cuanto a aspecto (color litología, granulometría, estructuras sedimentarias) y composición petrográfica. No hay arcillas, limos, arena suelta, conglomerados u otros materiales relacionados con aluviones o depósitos actuales.

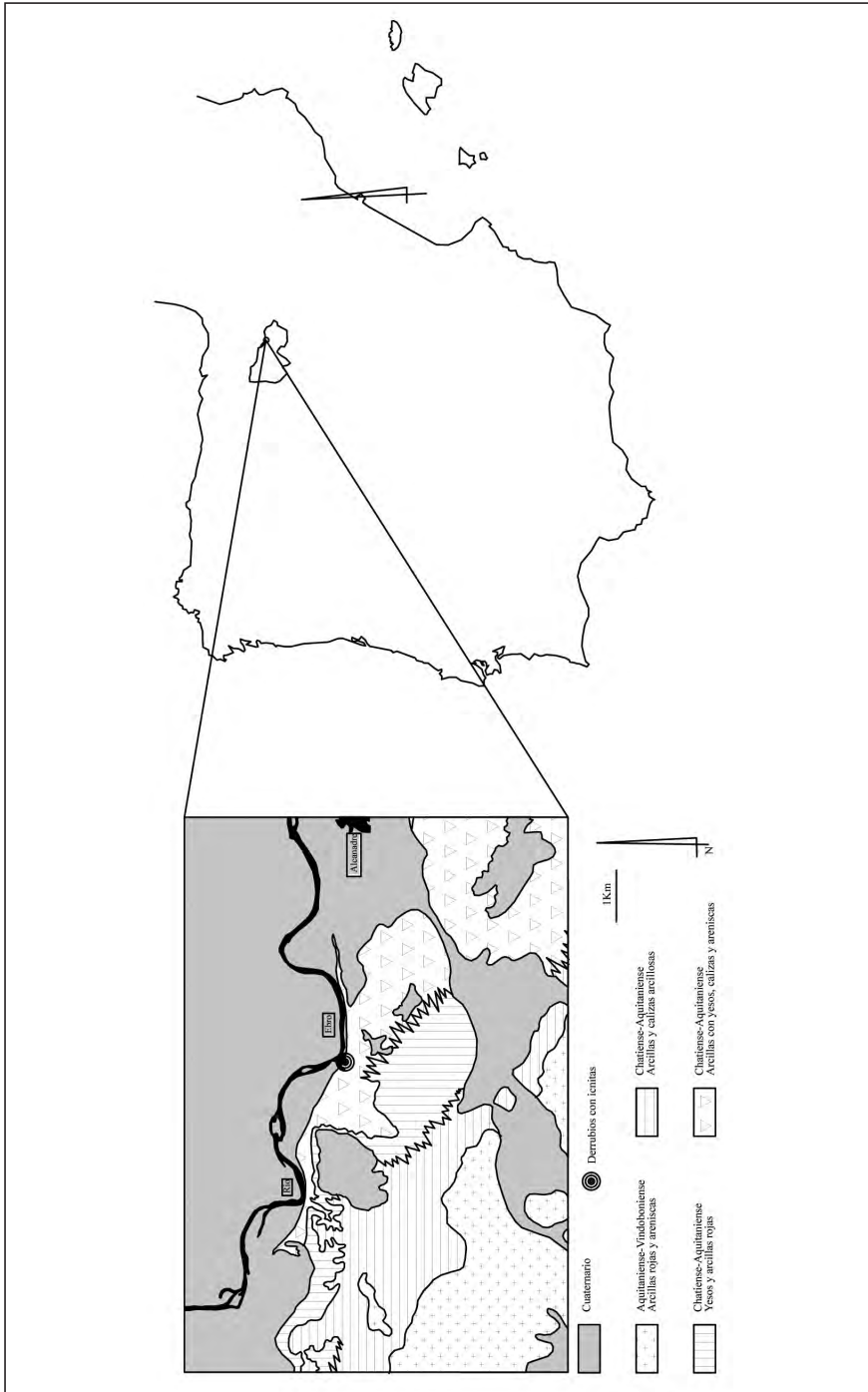


Fig. 1. Localización geográfica y geológica.

Las rocas de la pared de los cortados vecinos son similares a las recogidas. Suponemos que no hay razón para trasladar un conjunto de rocas de este tipo desde un punto alejado y que tampoco se trata de acarreo de escombros porque no hay un gran montón de material.

Así pues, atribuimos las muestras a la unidad  $T_{c33-11}^{A-Ba}$  que Beroiz *et al.* (1977) sitúan en el tránsito Oligoceno superior-Mioceno Inferior.

Todas las rocas son de grano muy fino. Se clasifican como areniscas limosas y limos cementados por carbonato cálcico.

Las estructuras sedimentarias reconocidas (laminación paralela fina, láminas algales, “microripples” y marcas de gotas de lluvia) y la presencia de *Cochlichnus* en varios de los fragmentos son típicos de hábitats lacustres.

Los yacimientos de icnitas más próximos se encuentran en Logroño (mamíferos carnívoros, López *et al.*, 1992) y en Cenicero (aves y mamíferos, actualmente en estudio). Ambos están en rocas de color claro que son claramente superiores a las encontradas en Alcanadre. La edad atribuida al yacimiento de Logroño es Aragoniense inferior-medio (parte baja del Mioceno inferior), que debe ser similar a la del yacimiento de Cenicero.

## 2. ESTUDIO ICNÍTICO

### 2.1. Nomenclatura y conceptos

#### 2.1.1. NOMBRES PARTICULARES DEL FRAGMENTO, SUPERFICIE DE ESTUDIO E ICNITA

El sistema que se va a emplear en la descripción es el siguiente:

- A cada muestra se le pondrán las letras ALC - que son las tres primeras de Alcanadre.
- A cada fragmento de roca se le dará un número de orden aleatorio - del 1 al 22 que precederá a las letras ALC - dado que no se puede conocer la posición en la serie de cada uno de ellos, así como tampoco la continuidad lateral (por ejemplo: al segundo fragmento de roca descrito se le ha dado el nombre de 2ALC).
- Como las icnitas se ven en el techo o en el muro de los niveles que las contienen (moldes, contramoldes y calcos), entre el número de orden y las letras ALC se escribirá un 1 (en el techo) o un 2 (en el muro) para distinguirlas. Por ejemplo la signatura 2.1ALC antecede a todos los huecos de la muestra 2ALC (techo), mientras que 2.2ALC indica los contramoldes del mismo fragmento de roca (muro).
- Las andadas o rastrilladas se identifican con un número posterior: 2.2ALC2 indica la rastrillada 2 del muro de la muestra 2ALC.
- Las pisadas se numeran en cada una de ellas según su orden de prelación. Por ejemplo 2.2ALC2.3 es la tercera huella de la rastrillada 2 del muro de la muestra 2ALC.

- Las pisadas aisladas se numerarán como si de una rastrillada diferente se trataran. Por ejemplo 2.2ALC9 es la huella aislada número 9 de los contramoldes de 2ALC.

### 2.1.2. FUENTES PARA LA DESCRIPCIÓN

De Valais *et al.* (2008) revisaron los caracteres que se han usado para la determinación y análisis de icnotaxones terópodos (avianos y no) en la literatura, que clasifican en taxobases icnogenéricas e icnoespecíficas. Este análisis es muy completo y lo adoptamos como punto de partida. No obstante también utilizamos (Tabla 13 y texto de Pérez-Lorente, 2001) los conceptos biomórficos y morfométricos para la descripción de huellas de vertebrados sugeridos por diversos autores (Allen, 1997; Brown *et al.*, 2003; Casanovas *et al.*, 1998; Gámez *et al.*, 1996; Gatesy, 2003; Fornós *et al.*, 2002; Haubold, 1971; Leonardi, 1987; Requeta *et al.*, 2006-7; Romero *et al.*, 2003; Thulborn, 1990). Al final del texto se adjunta un glosario con los términos relativamente nuevos empleados en icnología. El glosario no pretende ser completo, porque no es objetivo de este trabajo, pero sirve para mostrar el sentido en el que empleamos algunas definiciones.

### 2.1.3. MÉTODO DE DESCRIPCIÓN

Se irán describiendo los fragmentos de roca desde la 1ALC a la número 22ALC. Si hay icnitas en las dos superficies de estudio (la de techo y la de muro) el número de fragmento estará seguido por un punto y un 1 (si es techo) o un 2 (si es muro). Los fragmentos 15ALC y 16ALC no tienen huellas.

Las características de las icnitas de cada fragmento se citarán según el siguiente esquema:

- Contenido: número de huellas, forma de la línea de contorno.
- Pisada: tamaño, número y disposición de los dedos.
- Marcas de dedos: caracteres morfológicos, perfil y detalles de almohadillas y uñas.
- Rastrilladas: características de las pistas.
- Otras estructuras destacables.

## 2.2. Descripción de las muestras con icnitas

### 2.2.1. FRAGMENTO DE ROCA 1ALC (Figura 2. Tabla 1)

Contiene 23 contramoldes en el muro (1.2ALC) y un molde mal señalado en el techo.

#### ***Superficie 1.2ALC***

Los contramoldes (Figura 2) se agrupan en 2 rastrilladas (1.2ALC1 y 1.2ALC2) y varias huellas sueltas (1.2ALC3 a 1.2ALC8). En la muestra (Figura 2,

**TABLA 1.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DEL FRAGMENTO 1.AIC**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-III-IV	Ángulo entre los dedos I-II, III-IV y II-IV	Longitud de paso zancada	Ángulo de paso de la pisada	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
1.2AIC8	25			3x3	->21-	(-)-[101]							
1.2AIC7													
1.2AIC6													
1.2AIC5	23	30	31		->13-18-14	(-)-45-44-[89]							
1.2AIC4	22	30		5x2	->18-17-	(76)-63-53-[116]						-0.26	
1.2AIC3	29	38	31	5x1	->12-22-16	(83)-63-59-[122]						-0.06	
1.2AIC2.6	21	23	28		->16-17-11	(62)-42-75-[117]	32			4	33	-0.25	
1.2AIC2.5	20	26	24		->12-13-17	(-)-26-39-[75]	34	153	11	-4	17	-0.17	-0.14
1.2AIC2.4	22	26			->11-17-	(-)-65-42-[107]	37	208	-1	-7	29		
1.2AIC2.3		26	28	2x1	->13-13	(93)-53-73-[132]	29	233	-14	7	31		0.25
1.2AIC2.2	17	26	28	4x1	->14-12-13	(71)-65-55-[120]		113	15			-0.39	
1.2AIC2.1		25	27	3x1	->15-15-13	(75)-50-57-[110]	33	177	3	0	27	-0.23	0.05
Media													
1.2AIC1.11	27		36		->19-24-16	(-)-49-54-[103]	26			6	46	-0.25	
1.2AIC1.10	26	37	23		4-14-20-10	(160)-50-23-[73]	37	132	48	1	34	0.13	0.04
1.2AIC1.9	22		33		->18-	(-)-[40-]	36	176	32	4	40	-0.33	0.12
1.2AIC1.8	26		32		->13-23-14	(-)-32-65-[97]	22	146	-1	2	31	-0.14	0.06
1.2AIC1.7	29				->23-14	(-)-[47-]	28	172	14	5	34		
1.2AIC1.6	25		26		->15-21-11	(-)-50-39-[89]	43	147	-11	2	32	-0.15	0.08
1.2AIC1.5	24				->19-16	(-)-66-49-[115]	22	165	2	7	50		
1.2AIC1.4	18	25	21		4-11-19-13	(-)-41-65-[106]	42	121	1	10	53	-0.14	0.48
1.2AIC1.3	26		27		->14-21-11	(-)-71-43-[114]	49	128	1	10		-0.15	0.37
1.2AIC1.2	25	31	33		->18-21-13	(68)-48-66-[114]		132	-21	10		-0.21	0.30
1.2AIC1.1		31	30		4-15-21-13	(114)-51-49-[101]	34	146	7	6	40	-0.15	0.21
Media	25	31	30				34	146	7	6	40	-0.15	0.21

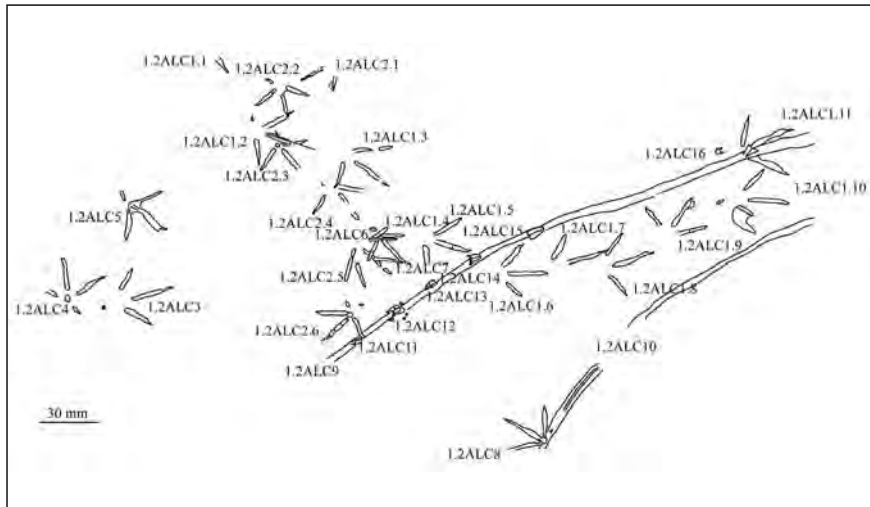


Fig. 2. Superficie 1.2ALC.

1.2ALC9 y 1.2ALC10) hay dos hiporelieves (Fotografías 1 y 3) cóncavos (acanaladuras que penetran en el muro de la superficie) que deben corresponderse con dos salientes alargados probablemente de origen orgánico. 1.2ALC9 está acompañada por marcas que no hemos identificado (Fotografía 3).

Hay también *Cochlichnus* abundantes (Fotografías 1 y 3).

#### 1.2ALC1

- Contenido: 11 pisadas
- Pisadas diminutas, anchas, tetradáctilas anisodáctilas, dedos separados proximalmente, ángulo de divergencia II/IV grande, hallux elevado que no se imprime en todas las huellas, asimétrica angular.
- Marcas de dedos delicados. Tienen constricciones laterales y alguna línea de separación de almohadillas dactilares. Parte distal delgada y puntiaguda separada de la almohadilla ungular por una parte elevada con marca de uña curva (Fotografía 1).
- Rastrilladas: La rastrillada es muy estrecha ( $AR/a = 0'21$ ) e irregular, como se aprecia por la variación del paso (22 a 49 mm); zancada (51 a 82 mm); ángulo de paso ( $121-176^\circ$ ); y amplitud de rastrillada (1 a 10 mm).

#### 1.2ALC2

- Contenido: 6 huellas
- Pisadas: diminutas, anchas, tetradáctilas anisodáctilas. 1.2ALC2.2 y 1.2ALC2.4 son separadas proximalmente, 1.2ALC2.3 y 1.2ALC2.6 tienen almohadilla central prominente con ángulo de divergencia II/IV grande. Hallux elevado y asimétrico angular.

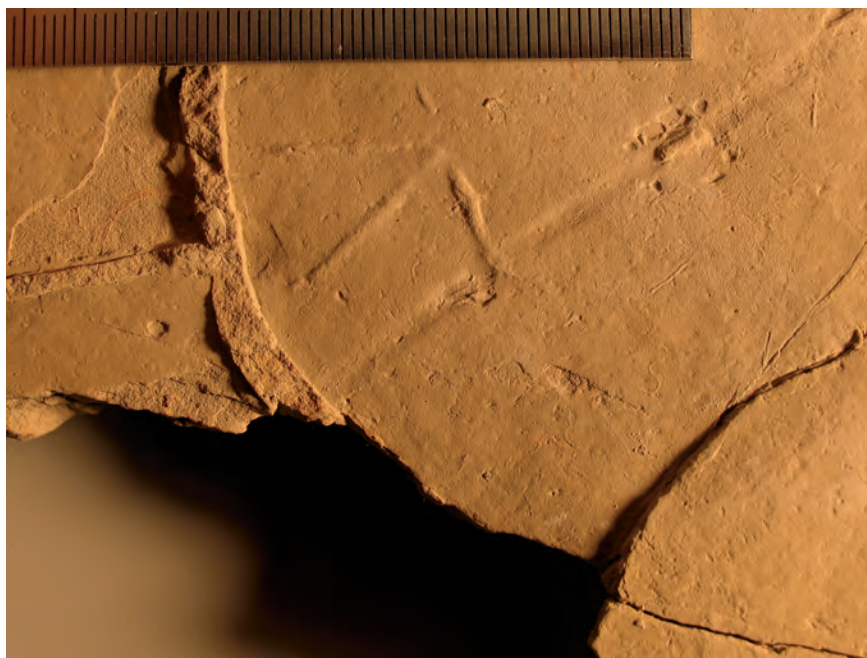


Fot. 1. Hiporelieve 1.2ALC9. Marcas de uñas visibles en la punta de los dedos 1.2ALC1.8 y 1.2ALC1.9. *Cochlichnus*.



Fot. 2. 1.2ALC5. Estructuras similares a membranas interdigitales.





Fot. 3. 1.2ALC6 (contramolde) e hiporelieve cóncavo 1.2ALC9 con una de las marcas de origen desconocido (1.2ALC12) que se le superponen.

- Marcas de dedos delicados con constricciones laterales y líneas de separación de almohadillas, terminación acuminada.
- Rastrilladas: La rastrillada es muy estrecha ( $Ar/a=0'05$ ), pero como la anterior gira en la trayectoria impresa - dos de los ángulos de paso son superiores a  $180$  ( $208$  y  $233^\circ$ ) mientras que el menor es de  $113^\circ$ .

#### 1.2ALC5

- Contenido: una icnita aislada y diferente a las descritas.
- Pisada: Anisodáctila, diminuta, más ancha que larga. Los dedos no tienen marcas de almohadillas (como algunas de las incluidas en las rastrilladas descritas). No tiene almohadilla central prominente pero la marca de los dedos se une proximalmente. Hallux asimétrico angular elevado. Ángulo de divergencia pequeño ( $89^\circ$ ).
- Marcas de dedos: delicadas de terminación acuminada, probables constricciones laterales debidas a almohadillas.
- Otras estructuras destacables. La pisada parece ligeramente distinta ya que tiene membranas interdigitales y se clasifica como bipalmeada proximal. Como veremos más adelante, estas estructuras no se corresponden con membranas verdaderas sino que son falsas apariencias producidas durante la impresión de la huella (Fotografía 2).

*Otras huellas de ave aisladas*

En la muestra hay varias pisadas de ave más que no se pueden asignar a una rastrillada. 1.2ALC6 y 1.2ALC7 son muy irregulares; 1.2ALC3, 1.2ALC4, 1.2ALC8 tienen caracteres similares a las de la rastrillada 1.2ALC2.

*Ícnitas no avianas*

Se distinguen dos acanaladuras (1.2ALC9 y 1.2ALC10) relativamente estrechas y que no se cruzan, que se corresponderían con dos elevaciones de la superficie. Estas estructuras están deformadas por las ícnitas de ave (Fotografía 3) por lo que son anteriores. A lo largo de la estructura mayor (1.2ALC9) hay varias señales (Figura 2) que se superponen, que en algunos casos son como pequeños fragmentos de barro desplazados (1.2ALC14, 1.2ALC15 y 1.2ALC16), mientras que en otros su interpretación es muy dudosa (1.2ALC11, 1.2ALC12 y 1.2ALC13).

## 2.2.2. FRAGMENTO DE ROCA 2ALC (Tabla 2)

Se distinguen dos partes, una de techo (2.1ALC) con moldes y una de muro (2.2ALC) con contramoldes que en algún caso están acompañados por láminas sedimentarias deformadas (calcos).

**Superficie 2.1ALC** (Figura 3)

Contiene 7 ícnitas. No hay rastrilladas en la muestra. Ninguna de las ícnitas tiene marca de hallux. Todas son diminutas excepto 2.1ALC1 (l=27 mm) que se ha deslizado hacia adelante (Fotografía 4).

Todas tienen dedos delicados y de terminación acuminada y son anchas. El ángulo interdigital II<sup>IV</sup> es pequeño (90°). Probablemente la marca de los dedos es separada proximalmente en todas las huellas y tanto 2.1ALC1 como 2.1ALC2 están unidas debido al movimiento de deslizamiento del pie.

**Superficie 2.2ALC** (Figura 4)

Contiene 19 pisadas y una pista (2.2ALC15) similar a las de 1.2ALC9 y 1.2ALC10, que forma una acanaladura superficial que cruza la muestra. La acanaladura es anterior a las pisadas. Las huellas de pie son contramoldes que sobresalen de la superficie de estratificación. Las pisadas se reparten en tres rastrilladas y 11 ícnitas sueltas.

## 2.2ALC1

- Contenido: tres pisadas.
- Pisada: pequeñas y anchas, tridáctilas o tetradáctilas anisodáctilas (detrás de las dos últimas pisadas del rastro hay unas señales que quizá sean marca de hallux, asimétricas laterales), ángulo de divergencia interdigital pequeño (menor de 100°). La marca de los dedos está separada proximalmente.
- Marcas de dedos delicados y acuminados, leves constricciones laterales producidas por almohadillas.

TABLA 2.  
DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DEL FRAGMENTO 2.AIC

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-II-III-IV	Ángulo entre los dedos II, II-III, III-IV y II-IV	Longitud de zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
2.AIC7													
2.AIC6													
2.AIC5	21		26		->13-18-11	(-)-44-47-1911						-0'19	
2.AIC4													
2.AIC3													
2.AIC2	22		27		->16-19-15	(-)-30-61-1911						-0'18	
2.AIC1	27				->12-24-								
2.AIC14													
2.AIC13	26												
2.AIC12	15		15		->10-11-12	-----[130]						0	
2.AIC11													
2.AIC10	27	36	26		->19-24-10	(-)-26-43-[69]						0'04	
2.AIC9	27	36	21		->17-24-11							0'28	
2.AIC8													
2.AIC7													
2.AIC6	18		19		->14-18-	(-)-31-56-[87]						-0'05	
2.AIC5	28	35	42		->22-23-17	(122)-52-70-[122]						-0'33	
2.AIC4	17				->12-14-	(-)-57-66-[123]							
2.AIC3.2	18				->15-14	(-)-31-[-]							
2.AIC3.1	26		26		->19-24-13	(-)-30-61-1911						0	
media	20		26		->19-20-13	(-)-30-46-1911						0	
2.AIC2.3						(-)-50-[-]							
2.AIC2.2	28				->22-								
2.AIC2.1													
media	28				->22-	(-)-50-[-]							
2.AIC1.3	27	31	30		->19-22-18	(-)-34-43-[77]						-0'1	
2.AIC1.2		31	31				84						
2.AIC1.1													
media	27	31	31		->19-22-18	(-)-34-43-[77]	84						

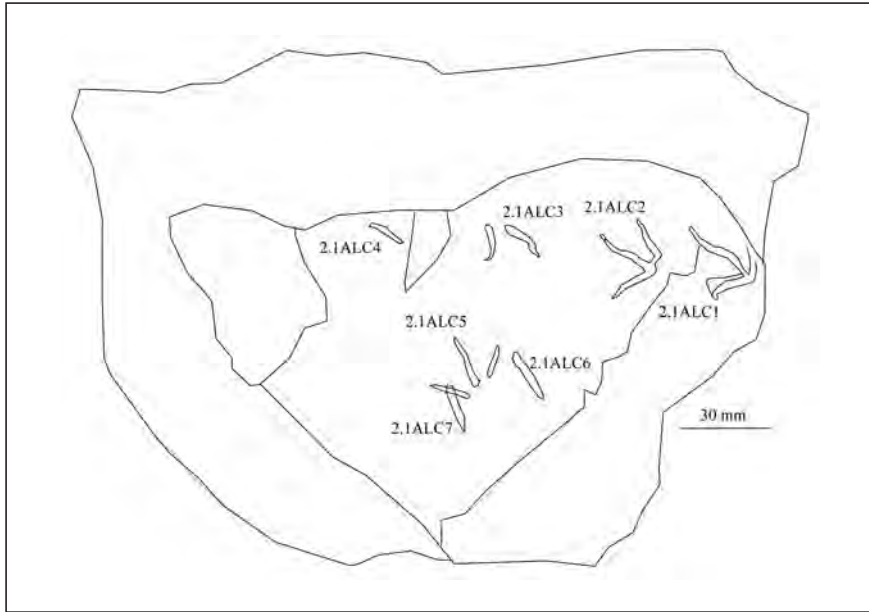
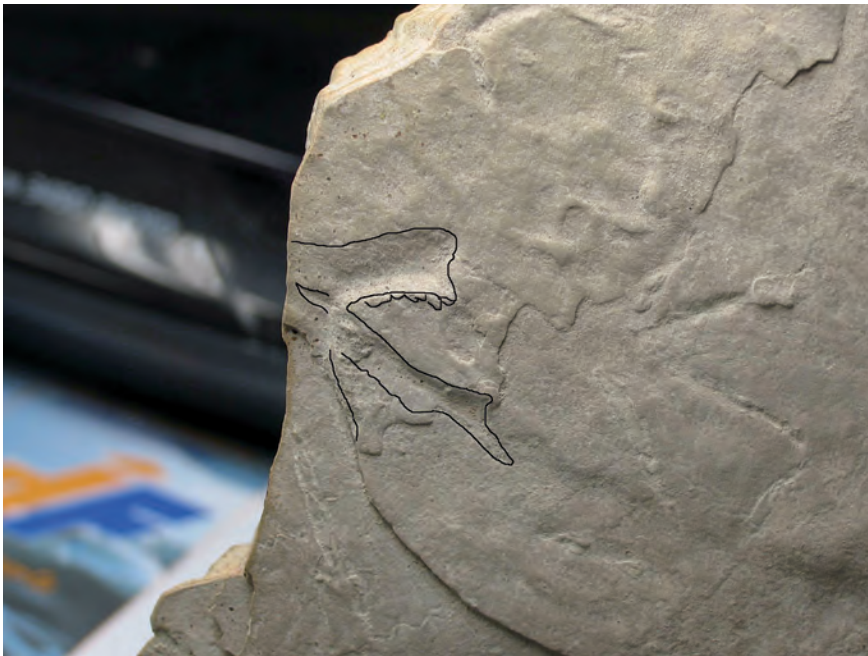


Fig. 3. Superficie 2.1ALC.



Fot. 4. Icnita con desplazamiento hacia adelante durante la fase T. Salida lateral del dedo III durante la fase K.

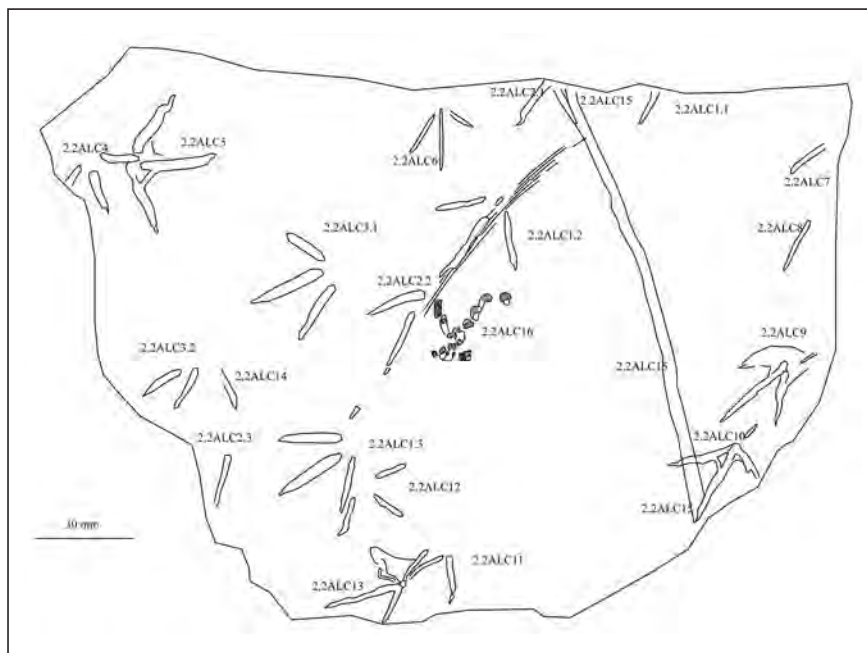


Fig. 4. Superficie 2.2ALC.

- Otras estructuras destacables son las que atribuimos a señales de pico y marcas de arrastre de las plumas de la cola. Esta rastrillada está acompañada en uno de los laterales de la icnita 2.2ALC1.2 por huecos y elevaciones de la superficie de sedimentación alineados en dos segmentos que se cruzan –o siguiendo una trayectoria como un lazo– (Figura 5, Fotografía 5), similares a los “avian ‘dabbled’ pattern” descritos por Erikson (1967). Las marcas de pico se superponen a la icnita 2.2ALC2.2 de tal forma que borran uno de sus dedos. Otra estructura es la dejada por unas estrías muy finas aproximadamente paralelas (Figura 5) que se extienden a ambos lados de 2.2ALC1.2 y se superponen tanto a esta icnita como a la anteriormente mencionada. Parecen marcas de arrastre de plumas como los que menciona Elenberger (1974).

#### 2.2ALC2

- Contenido: tres huellas incompletas. Esta rastrillada se ha separado de la anterior porque 2.2ALC2.2 es anterior a las marcas de pico 2.2ALC15.
- Pisada: Las medidas no sirven para obtener datos concretos y solo se puede decir que sigue la misma pauta que las anteriores. Huellas pequeñas a diminutas, anchas, tridáctilas, ángulo de divergencia pequeño y con marca de dedos separada proximalmente.
- Marcas de dedos delicados.

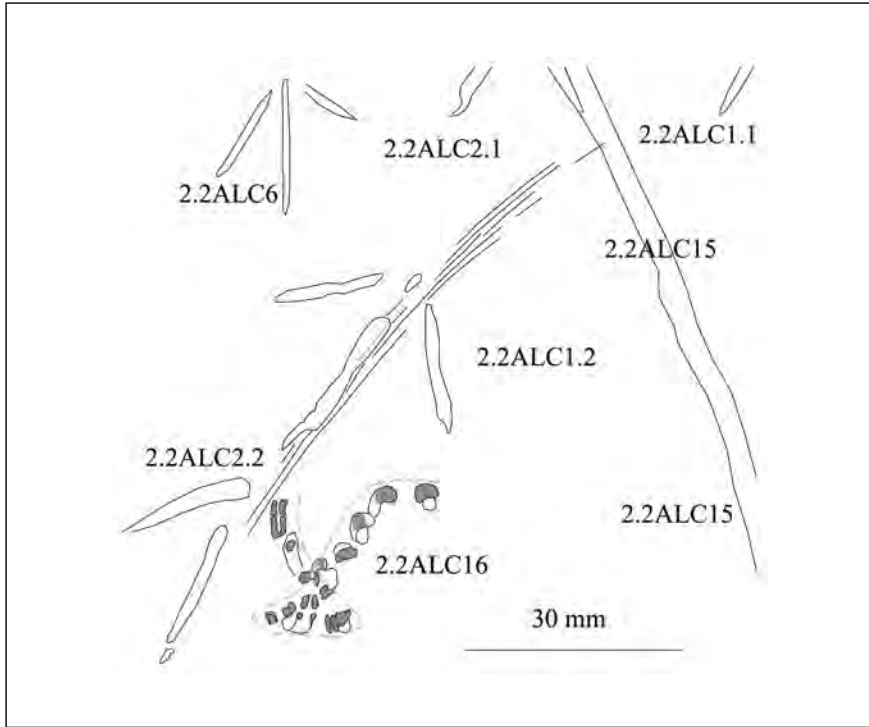
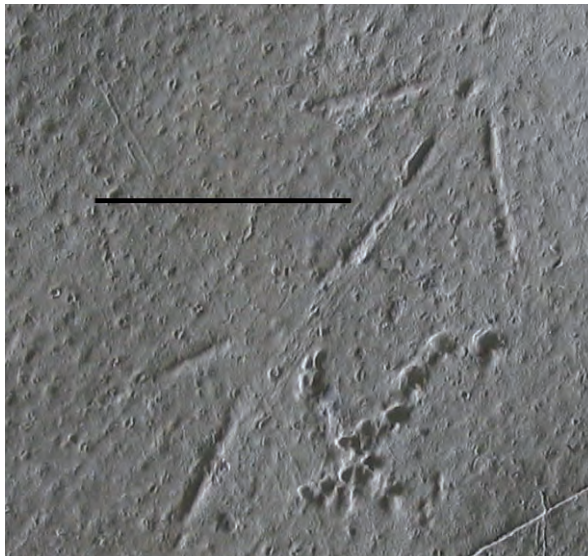


Fig. 5. Marcas de pico 2.2ALC16 y estrias atribuidas a arrastre de plumas.



Fot. 5. Icnicas 2.2ALC2.2, 2.2ALC16 y marcas de picoteo.

### 2.2ALC3

- Contenido: dos huellas, la segunda incompleta.
- Pisada: diminuta, tridáctila, con dedos de divergencia II<sup>IV</sup> pequeña (91°). separados proximalmente.
- Marcas de dedos: puntiagudos, delicados y sin almohadillas visibles.

*Otros contramoldes avianos aislados* de la muestra (Figura 4) tienen signaturas correlativas entre 2.2ALC4 y 2.2ALC14, ambas incluidas:

- algunas de ellas son icnitas incompletas (2.2ALC4, 2.2ALC7, 2.2ALC8, 2.2ALC11, 2.2ALC14);
- otras son pisadas completas (2.2ALC4, 2.2ALC6, 2.2ALC12) tridáctilas, diminutas, anchas, dedos delicados, ángulo de divergencia variable (entre 130 y 87°), acuminados, con el dedo II más largo que el IV y separados proximalmente.
- en 2.2ALC13 (Fotografía 6) hay marcas de arrastre de barro debido al deslizamiento del pie durante la fase K (o fase de salida del pie).
- el resto tienen estructuras de deslizamiento del pie (de entrada con rampa suave en la parte trasera de los dedos laterales; y posiblemente de salida brusca y verticalizada por la parte delantera de las marcas de los mismos dedos) como se aprecia en 2.2ALC9, 2.2ALC10 (Fotografía 7) o en 2.2ALC13. La icnita 2.2ALC5 tiene la unión de los dedos con una posible membrana proximal (bipalmeada proximal) aunque estas estructuras se analizarán más adelante porque también las forman pies sin membranas en barro blando.

### 2.2.3. FRAGMENTO DE ROCA 3ALC

Hay pisadas tanto a techo como a muro de la muestra. En el muro son tres superficies con huellas (contramoldes y moldes) diferentes. En la muestra por lo tanto hay tres superficies de estudio: la del techo 3.1ALC (Figura 6); la del muro más alto 3.2<sub>1</sub>ALC; 3.2<sub>2</sub>ALC la del más bajo (Figura 7). El espesor de la muestra es de 17 mm y de 3 mm la capa que está en el muro.

#### **Superficie 3.1ALC** (Figura 6. Tabla 3)

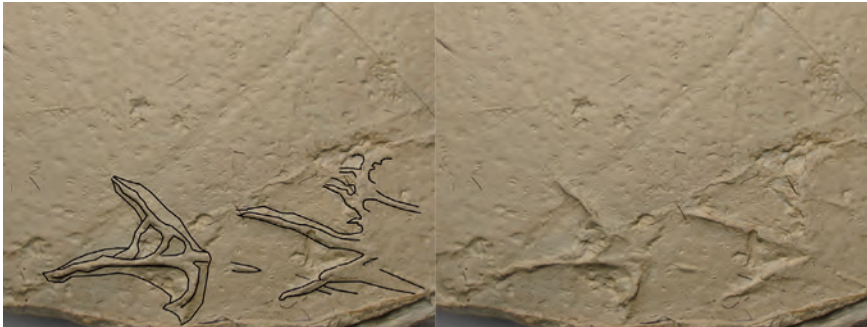
En esta superficie hay 24 huellas de las que 9 se han agrupado en tres posibles rastrilladas. Huellas muy poco marcadas, con pocas estructuras comunes (dedos delgados, marcas muy claras de uñas curvas, pisadas someras, sin señales de membranas).

#### 3.1ALC1

- Contenido: dos huellas.
- Pisada: pequeña, tetradáctila, anisodáctila, de divergencia grande, hallux elevado, asimétrico angular, de dedos separados proximalmente. Almohadilla central prominente.



Fot. 6. Marcas delanteras en los dedos laterales de 2.2ALC13 debidas al deslizamiento del pie en el barro durante la fase K. A la derecha de la foto, dos dedos de 2.2ALC11 y arriba, parte de 2.2ALC12.



Fot. 7. Estructura similares a rebabas (2.2ALC10, delantera) y deslizamiento del pie en el barro (2.2ALC9). Doble "membrana" en 2.2ALC10.

- Marcas de dedos delicados, almohadillas y uñas bien marcadas en alguno de los dedos (Fotografía 8).

### 3.1.ALC2

- Contenido: tres huellas.
- Pisada: pequeña, ancha, tridáctila de divergencia pequeña, dedos separados proximalmente.
- Marcas de dedos delicados con almohadillas y uñas bien marcadas (Fotografía 9). La uña IV de 3.1ALC2.3 deja una estría alargada probablemente en la fase K (Thullborn y Wade, 1976) ya que no está aplastada por la suela del dedo y por lo tanto debe ser posterior a ella.

### 3.1ALC3

- Contenido: cuatro huellas.
- Pisada: pequeña, ancha, ¿tetradáctila anisodáctila? de divergencia pequeña, dedos unidos proximalmente aunque la zona de unión está



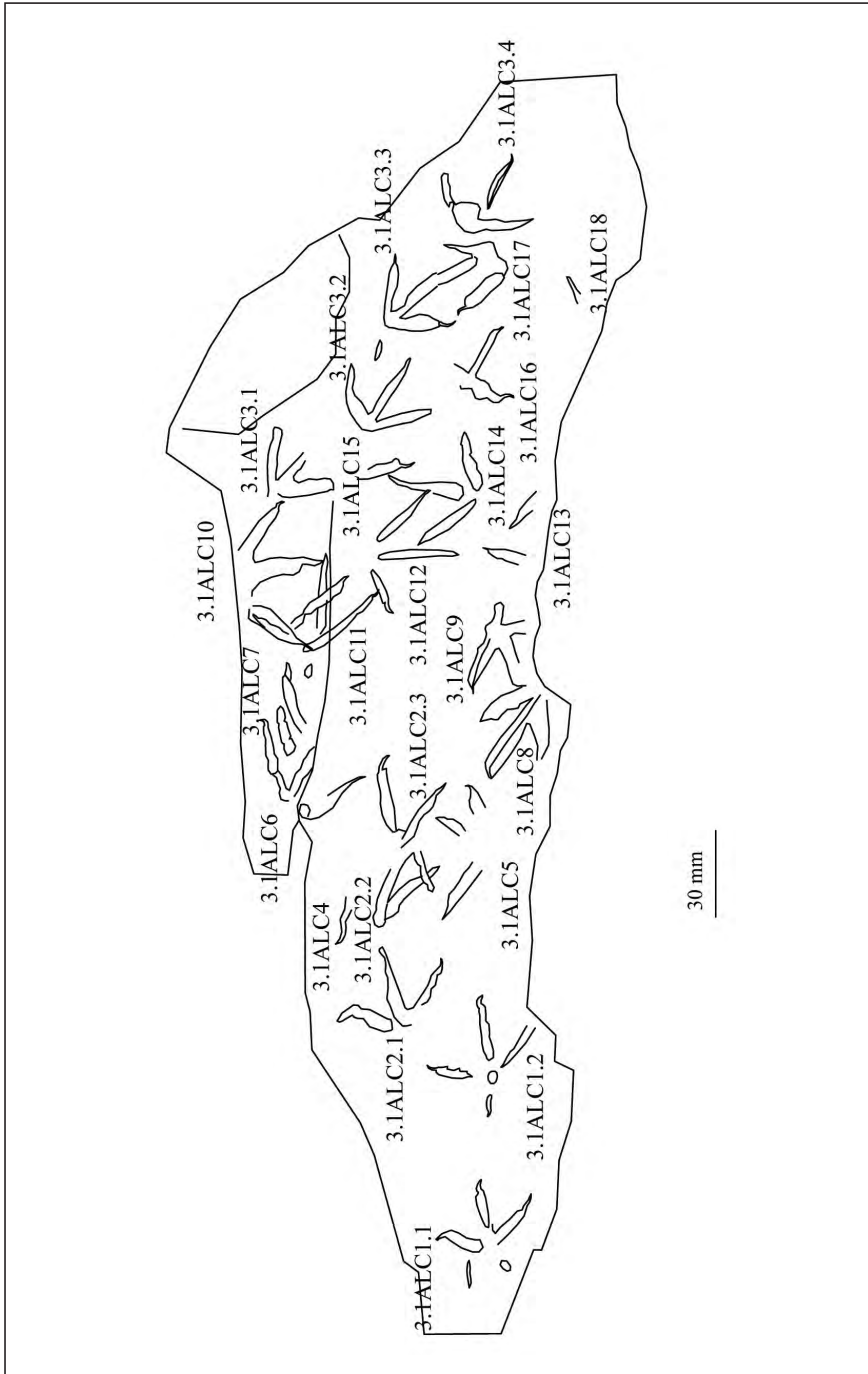
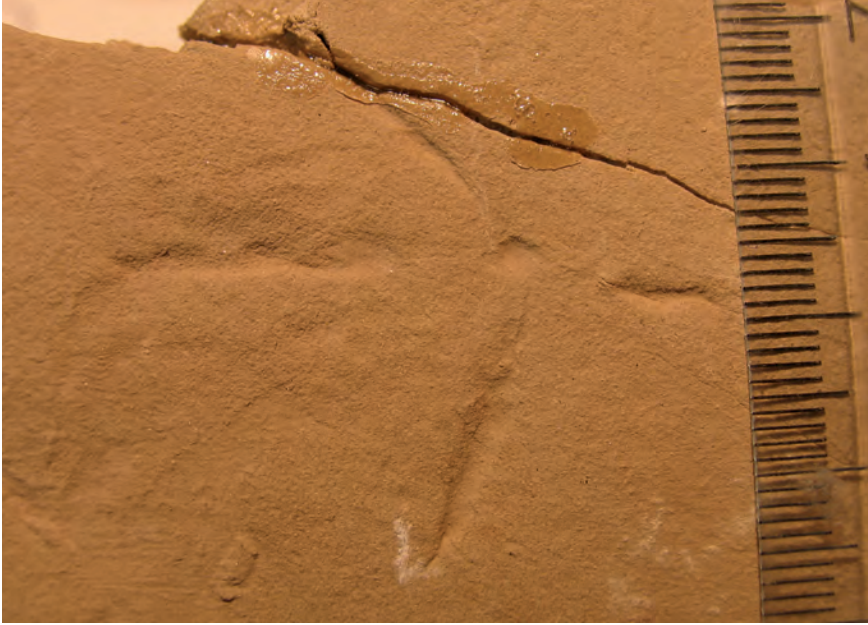


Fig. 6. Superficie 3.1ALC.

**TABLA 3.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DEL TECHO DEL FRAGMENTO 3.A1C**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-II-III-IV	Ángulo entre los dedos II, II-III, III-IV y II-IV	Longitud de zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
3.A1C18													
3.A1C17			25		-)-20-	(-)-51]							
3.A1C16													
3.A1C15													
3.A1C14	32		42		-)-27-	(-)-[105]						-0'24	
3.A1C13													
3.A1C12	31		43		-)-28-	(-)-[108]						-0'28	
3.A1C11	34	43	43		4)-28-	(-)-[112]						-0'21	
3.A1C10			52		-)-25-	(-)-[94]							
3.A1C9													
3.A1C8			25		-)-26-	(-)-[62]							
3.A1C7													
3.A1C6													
3.A1C5													
3.A1C4													
3.A1C3.4	31		35		-)12-20-19	(-)-41-05-[116]	44					-0'11	
3.A1C3.3			32		7)19-21	(108)42-41-[83]	36	78	154	4	36		
3.A1C3.2	29		32		-)-18-25-21	(-)-34-38-[72]	39	71	139	7	42	-0'09	
3.A1C3.1			29		-)-14-18	(-)-41-36-[77]							
media	30		32		7)-16-22-19	(108)40-45-[87]	40	74	146	6	39	-0'10	
3.A1C2.3					-)-27-		28						
3.A1C2.2	28		42		-)-21-23-19	(-)-51-46-[97]	36	61	154	3		-0'33	
3.A1C2.1	28		42		-)-21-25-19	(-)-51-46-[97]	32	61	154	3		-0'33	
media													
3.A1C1.2	31	41	36	4x3	8)-16-22-	(99)-70-46-[116]							
3.A1C1.1	31	36	36	3x3	10)-16-17-20	(133)-38-57-[115]							
media	31	38	36	4x3	9)-16-20-20	(116)-54-51-[115]							



Fot. 8. 3.1ALC1.2. Marcas de almohadillas dactilares, almohadilla central prominente, hallux, y uña en la punta del dedo II.



Fot. 9. 3.1ALC2.3. Estría muy aparente de la uña del dedo IV (parte superior de la foto). Estrías finas que se superponen a la icnita.

más alta que la suela de los dedos. Si hay hallux (3.1ALC3.2, Figura 6), éste es elevado y asimétrico angular.

- Marcas de dedos delicados.

### 3.1ALC4 a 3.1ALC18

- Contenido: Aparente caos de 15 huellas aisladas y muchas de línea de contorno incompleta.
- Pisada: Las que se pueden medir son pequeñas y anchas. aparentemente todas tridáctilas y se encuentran tanto de dedos unidos como separados proximalmente. Ninguna tiene almohadilla central prominente.
- Otras estructuras destacables. Varias muestran una estría que recorre el fondo de la marca de los dedos, similar a estructuras de arrastre de las uñas por el fondo durante la fase K (Fotografía 10).



Fot. 10. 3.1ALC8. Estrías en el fondo de los dedos.

### **Superficie 3.2ALC** (Figura 8. Tabla 4)

Contiene 27 calcos en el muro de dos láminas sedimentarias (Figura 6). La superior o más moderna la hemos llamado 3.2<sub>1</sub>ALC y la inferior o más antigua 3.2<sub>2</sub>ALC. La potencia de la lámina sedimentaria entre estas dos superficies es de 3 mm. Es probable que alguno de los calcos de 3.2<sub>2</sub>ALC sea a la vez parte del calco de alguno de los marcados en 3.2<sub>1</sub>ALC (3.2ALC8).

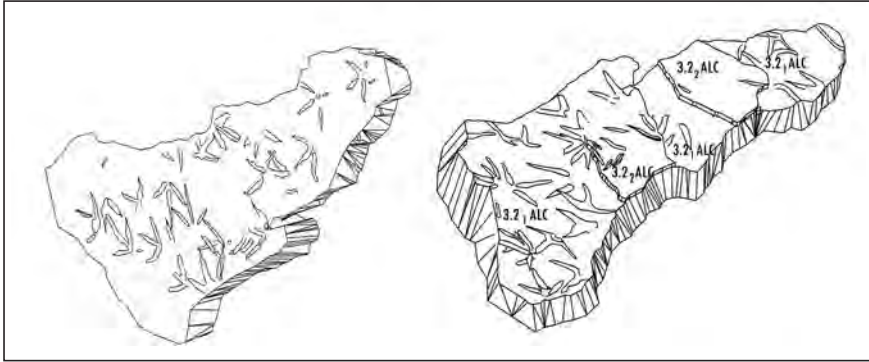


Fig. 7. Fragmento 3ALC. Izquierda, superficie 3.1ALC; derecha, 3.2ALC.

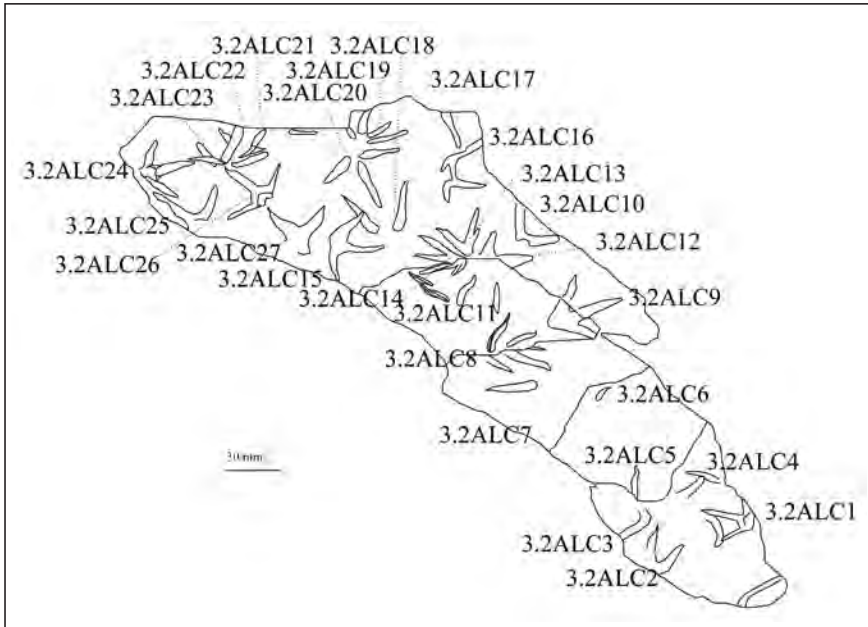


Fig. 8. Superficie 3.2ALC.

En 3.2<sub>1</sub>ALC la línea de contorno y las estructuras de las huellas están menos marcadas que en 3.2<sub>2</sub>ALC en relación con la textura más rugosa del muro. También hay estructuras similares a las marcas semipalmeadas en algunas de las icnitas de 3.2<sub>1</sub>ALC (por ejemplo 3.2ALC26, 3.2ALC15) y estrías de uñas de la fase T en 3.2ALC8 en el muro de la lámina inferior 3.2<sub>2</sub>ALC.

Todas son huellas tridáctilas, de grandes a muy grandes y de divergencia variable.

**TABLA 4.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DEL MURO DEL FRAGMENTO 3-AIC**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-II-III-IV	Ángulo entre los dedos I-II, II-III, III-IV y II-IV	Longitud de paso zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
3.2AIC27	34				-)-21-								
3.2AIC26	31		43		-)-24-	(-)-[139]							
3.2AIC25	31				-)-27-								
3.2AIC24	31		35		-)-24-								
3.2AIC23					-)-22-	(-)-[99]							
3.2AIC22													
3.2AIC21													
3.2AIC20	34		44		-)-28-	(-)-[138]							
3.2AIC19													
3.2AIC18	43		37		-)-28-	(-)-[54]							
3.2AIC17													
3.2AIC16					-)-21-								
3.2AIC15	32		43		-)-24-	(-)-[127]							
3.2AIC14													
3.2AIC13													
3.2AIC12					-)-21-								
3.2AIC11													
3.2AIC10						(-)-[90]							
3.2AIC9	44		37		-)-30-	(-)-[86]							
3.2AIC8													
3.2AIC7					-)-77-								
3.2AIC6													
3.2AIC5													
3.2AIC4													
3.2AIC3													
3.2AIC2					-)-21-								
3.2AIC1	30				-)-24-								

#### 2.2.4. FRAGMENTO DE ROCA 4ALC (Tabla 5)

Es un fragmento pequeño con huellas poco señaladas. Hay tanto a techo como a muro de la muestra.

##### **Superficie 4.1ALC** (Figura 9)

Contiene siete huecos de los cuales tres pertenecen a la misma rastrillada.

##### 4.1ALC1

Número de huellas, 3. Por caracteres del pie es una huella pequeña, estrecha, tridáctila, de divergencia pequeña. Dedos delicados, separados proximalmente y con marcas rectas de uñas.

##### 4.1ALC2 a 4.1ALC5

Restos de pisadas en los que solo se reconocen marcas inconexas de dedos.

##### **Superficie 4.2ALC** (Figura 10)

Contiene 6 calcos de los cuáles tres pertenecen a la misma rastrillada.

##### 4.2ALC1

- Contenido: tres huellas.
- Pisada: pequeña, ancha, tetradáctila, anisodáctila, de divergencia grande, dedos unidos proximalmente, hallux incumbente y probablemente asimétrico lateral.
- Marcas de dedos delicados.
- Otras estructuras destacables. Algunas icnitas muestran estructuras interdactilares semejantes a membranas, probablemente debidas a deformación del barro.

##### 4.2ALC2 a 4.2ALC4

El resto de icnitas de 4.2ALC son marcas incompletas que no proporcionan información complementaria de interés.

#### 2.2.5. FRAGMENTO DE ROCA 5ALC (Tabla 5)

Fragmento pequeño, con huellas poco señaladas tanto a muro como a techo.

##### **Superficie 5.1ALC** (Figura 11)

- Contenido: nueve huellas, todas con las mismas características y dirigidas hacia el mismo sitio. Algunas icnitas superpuestas.
- Pisadas pequeñas, anchas, tridáctilas de divergencia pequeña, dedos separados proximalmente
- Marcas de dedos delicados. Algunas de las icnitas muestran estrías a lo largo del centro de las marcas de los dedos, dejadas por las uñas durante la fase W (Fotografía 11).

**TABLA 5.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DE LOS FRAGMENTOS 4.AIC Y 5.AIC**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-II-III-IV	Ángulo entre los dedos II, II-III, III-IV y II-IV	Longitud de zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
4.AIC5													
4.AIC4													
4.AIC3													
4.AIC2													
4.AIC1.3	25				->25—	(-)-35-38-[73]	39						
4.AIC1.2	38				->—32-25	(-)-—41-[-]	50	168	-3	2		0'03	
4.AIC1.1	33		34		->—26-20	(-)-—48-[-]							
4.2AIC4													
4.2AIC3													
4.2AIC2													
4.2AIC1.3	26		37		->15-11-15	(-)-39-82-[121]	34						
4.2AIC1.2	30	34	45		7>-26-22-15	(80)+83-58-[141]	37	142	-29	7	45	-0'30	0'15
4.2AIC1.1	26	34	45		7>-22-22-19	(117)+64-79-[143]							
media	28	34	46		7>-21-18-16	(99)+62-73-[137]	35	142	-29	7	45	-0'32	0'15
5.AIC6													
5.AIC5													
5.AIC4													
5.AIC3													
5.AIC2													
5.AIC1.4	29		31		->23-22-16	(-)-36-41-[77]	42						
5.AIC1.3	26		34		->22-21-15	(-)-34-45-[79]	24	158	27	3	36	-0'06	0'09
5.AIC1.2			25		->17—18	(-)-41-17-[58]							
5.AIC1.1			30		->21-22-16	(-)-37-34-[71]	33	158	27	3	36	-0'15	0'09
media	27												
5.2AIC7-10													
5.2AIC6													
5.2AIC 5	25				->19-								
5.2AIC4													
5.2AIC3	28		38		(-)-—[118]								
5.2AIC2	31		40		(-)-—[120]								
5.2AIC1													



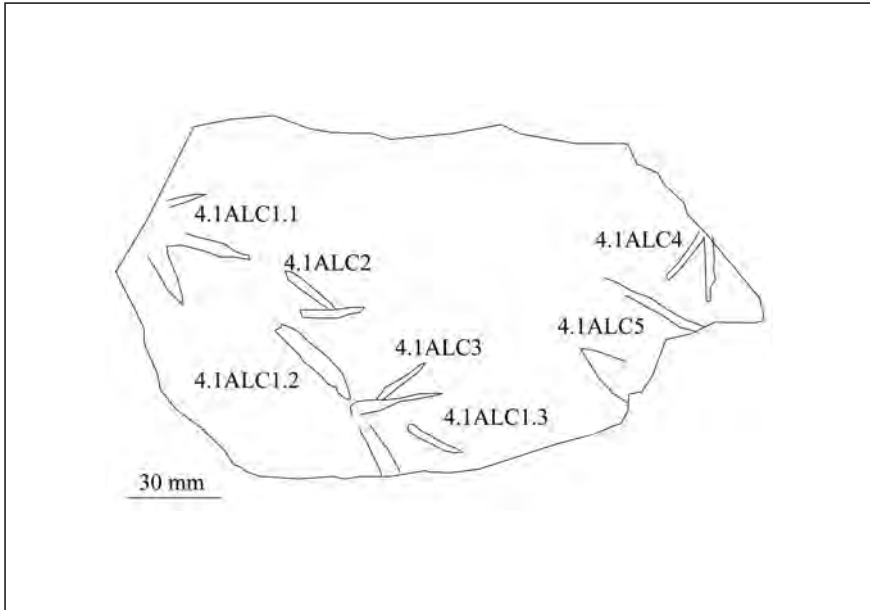


Fig. 9. Superficie 4.1ALC.

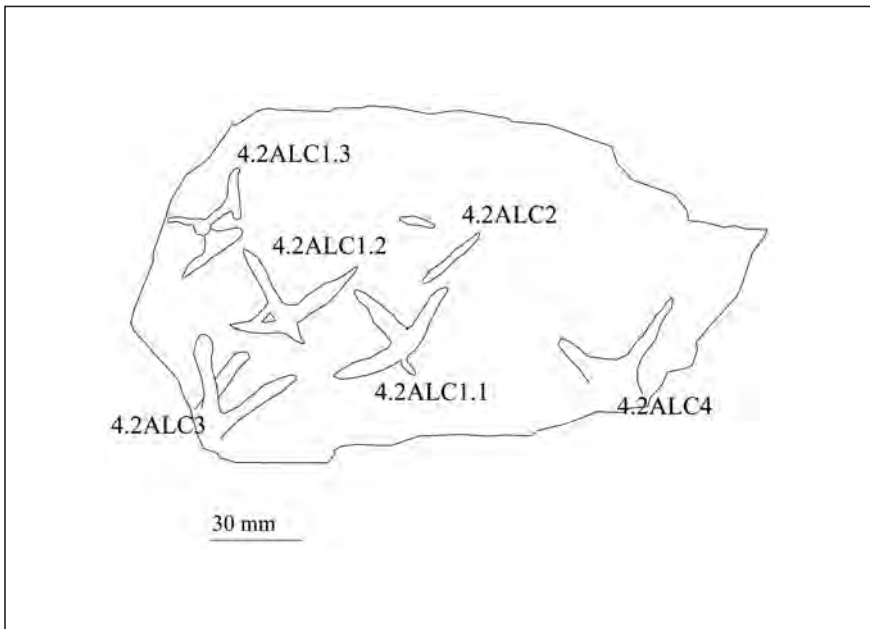


Fig. 10. Superficie 4.2ALC.

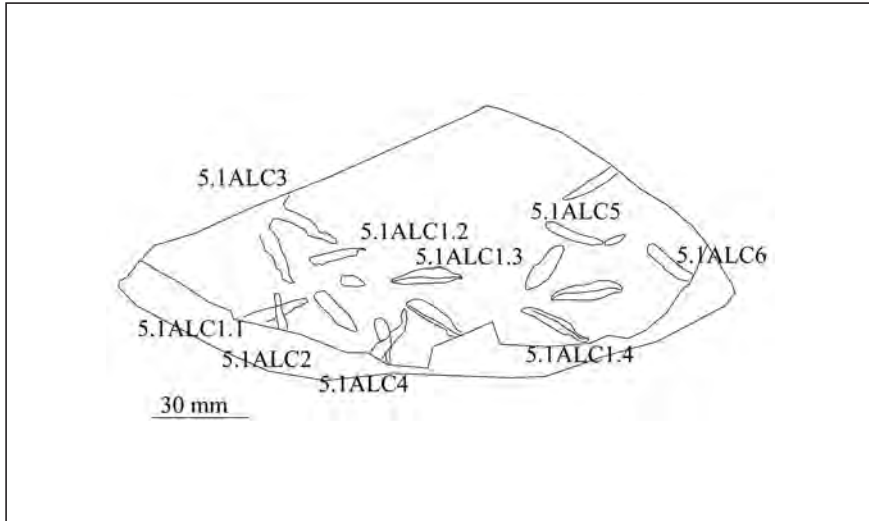


Fig. 11. Superficie 5.1ALC.



Fot. 11. Superficie 5.1ALC. Estrías en el fondo de los dedos de algunas huellas.

### 5.1ALC1

Rastrillada compuesta por 4 pisadas de colocación irregular; los dos pasos deducidos son muy diferentes de longitud. El valor del ancho de la pista ( $Ar/a=0'09$  - muy estrecha) es poco fiable por la irregularidad y la imprecisión en la asignación de pisadas.

### 5.1ALC2 a 5.1ALC4

Ícnitas incompletas. Sus caracteres biomórficos son similares a los de 5.1ALC1.

### **Superficie 5.2ALC** (Figura 12)

- Contenido: calcos probablemente correspondientes a 10 pisadas. Mientras que en algunas de ellas se distinguen bien los tres dedos, otras son incompletas.
- Pisadas: pequeñas y anchas, tridáctilas, dedos con divergencia grande y separados proximalmente.
- Marcas de dedos delicados.
- Otras estructuras destacables: caracteres de las ícnitas bipalmeadas proximales debido a la deformación producida en el sedimento durante la fase W.

Aunque el sentido de marcha de los calcos (5.2ALC) es hacia el mismo lado que el de las huellas (5.1ALC), no se corresponden los unos con las otras ni la orientación es paralela.

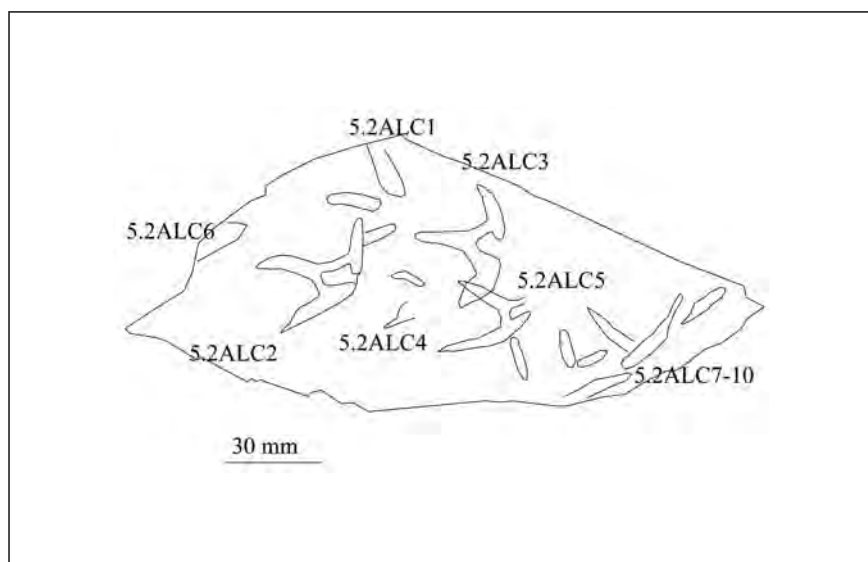


Fig. 12. Superficie 5.2ALC.

## 2.2.6. FRAGMENTO DE ROCA 6ALC (Tabla 6)

Fragmento muy pequeño con pocas icnitas, en general incompletas.

**Superficie 6.1ALC** (Figura 13)

Contiene cuatro huellas incompletas. Se adivinan dedos largos, una marca de uña (6.1ALC1) y una estría central en el mismo dedo.

**Superficie 6.2ALC** (Figura 14)

Son cinco calcos de identificación confusa. Aparentemente son similares a los de los fragmentos de roca descritos (5.2ALC por ejemplo) por lo que se les asimila al mismo tipo de icnitas. Coinciden con ellos en la forma general, incluidas las “membranas interdigitales”. No se distingue bien la parte proximal de la unión entre los dedos. Tras 6.2ALC2, hay una marca que puede confundirse con la del hallux.

## 2.2.7. FRAGMENTO DE ROCA 7ALC (Tabla 6)

Tiene las dos superficies con huellas en las que no se deduce ninguna rastrillada. Las características similares a las de los fragmentos 4ALC y 5ALC y las mismas diferencias que las de techo y muro anteriores. Después de estudiado este fragmento de roca y dada la similitud con otros ya descritos en este trabajo, se buscó y se encontró el encaje entre ellos, como se detallará más adelante.

**Superficie 7.1ALC** (Figura 15)

En ella están impresas cinco pisadas, ninguna de las cuales es completa. Se distingue la estría central de los dedos en 7.1ALC2 y 7.1ALC3. No se ha podido medir ninguno de los caracteres morfométricos definidos.

**Superficie 7.2ALV** (Figura 16)

Seis calcos entre las que se reconocen tres pies tridáctilos. Las medidas procedentes de una pisada indican que son pies pequeños y anchos, de ángulo interdigital grande.

## 2.2.8. FRAGMENTO DE ROCA 8ALC (Tabla 6)

**Superficie 8.1ALC** (Figura 17)

- Contenido: Este fragmento de roca solo tiene huellas en el techo. Se distinguen dos pisadas con estructuras de hundimiento del pie en el barro.
- Pisada: Las medidas de longitud y anchura de las icnitas no son significativas porque el pie desliza hacia adelante durante toda la fase T. De la salida (fase K) se reconocen varias estructuras: una que levanta el barro de delante de los dedos produciendo la estructura de retroversión dactilar, visible en las dos icnitas; en 8.1ALC1 (Figura 18) la salida del hallux está más adelante que su punto de entrada, y, en la misma icnita, la salida un poco lateral de la uña del dedo III, es

**TABLA 6.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DE LOS FRAGMENTOS 6.ALC AL 11.ALC, AMBOS INCLUIDOS**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-III-IV	Ángulo entre los dedos I, II, III, IV y II-IV	Longitud de paso	Longitud de zancaza	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
6.2AIC4-5														
6.2AIC3	27				-)-21-	(-)-[119]								
6.2AIC2	33		31		-)-26-	(-)-[134]							0'06	
6.2AIC1	30				-)-20-	(-)-[140]								
7.2AIC6					-)-24-									
7.2AIC5						(-)-[153]								
7.2AIC3-4														
7.2AIC2					-)-21-									
7.2AIC1	28		42		-)-23-	(-)-[153]							-0'33	
8.1AIC1.2	40	58	47		20)-20	(163)-[90]	86						-0'15	
8.1AIC1.1	40	58	47		23)-19-29-27	(102)-73-46-[119]							-0'15	
media	40	58	47		219-19-29-23	(132)-73-46-[105]	86							
9.2AIC1.2	39	50	63		20)-22-	(70)-[1]	82						-0'38	
9.2AIC1.1	39	50	63		24)-28-28-24	(34)-52-89-[141]							-0'38	
media					22)-26-28-24	(52)-52-89-[141]	82							
10.2AIC4-5														
10.2AIC3.2			28		-)-23-	(-)-[83]	60							
10.2AIC3.1			28		-)-23-	(-)-[83]	60							
media														
10.2AIC2.2	28		33		-)-20-	(-)-[87]							-0'15	
10.2AIC2.1	27		34		-)-19-	(-)-[110]							-0'20	
media	27		34		-)-20-	(-)-[100]							-0'17	
10.2AIC1.3	24		29		-)-20-	(-)-[87]							-0'17	
10.2AIC1.2			20		-)-17-	(-)-[111]								
10.2AIC1.1			24		-)-14-	(-)-[89]							-0'17	
media	24		24		-)-17-	(-)-[88]								
11.2AIC1.2	26		46		-)-18-18-19	(-)-86-94-[180]	58						-0'43	
11.2AIC1.1	26		46		-)-18-18-19	(-)-86-94-[180]	58						-0'43	
media														
11.1AIC1.3							40							
11.1AIC1.2	22	33	45		9)-17-18-19	(90)-88-59-[147]	55	97	167	-4	2		-0'51	0'04
11.1AIC1.1														
media	22	33	45		9)-17-18-19	(90)-88-59-[147]	47	97	167	-4	2		-0'51	0'04

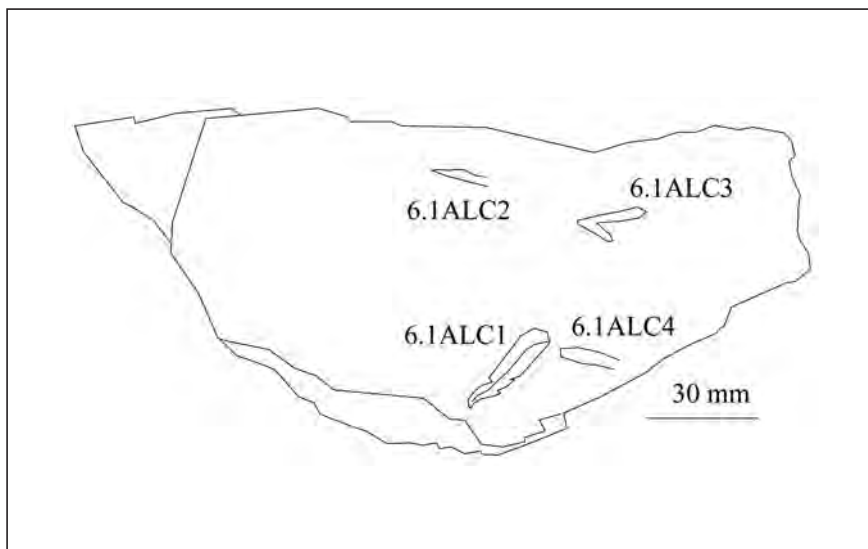


Fig. 13. Superficie 6.1ALC.

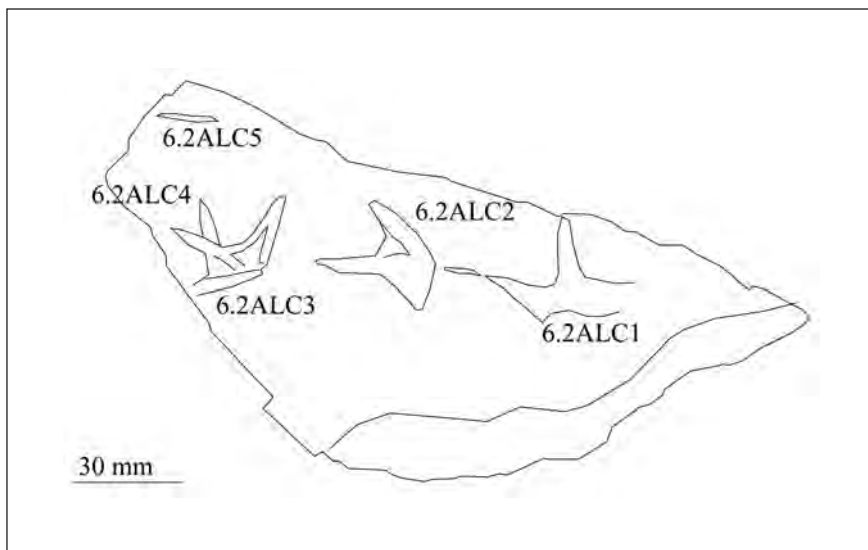


Fig. 14. Superficie 6.2ALC.

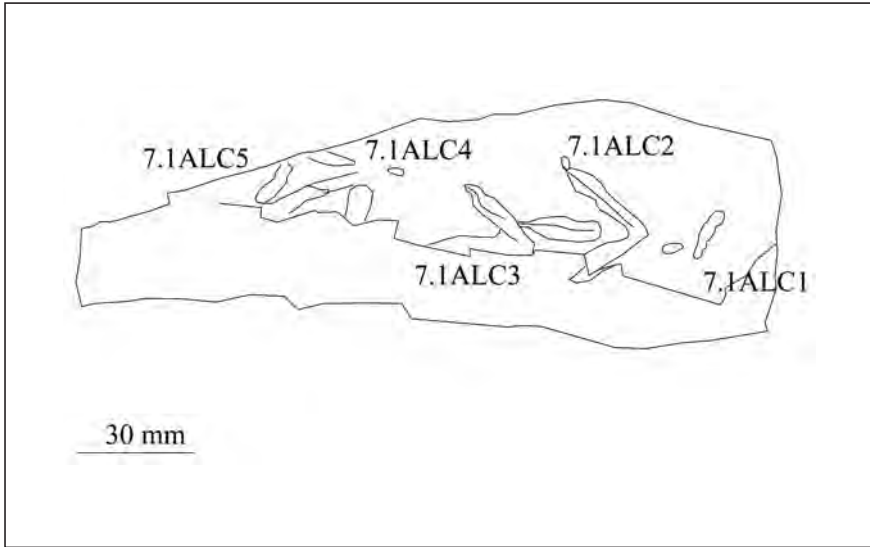


Fig. 15. Superficie 7.1ALC.

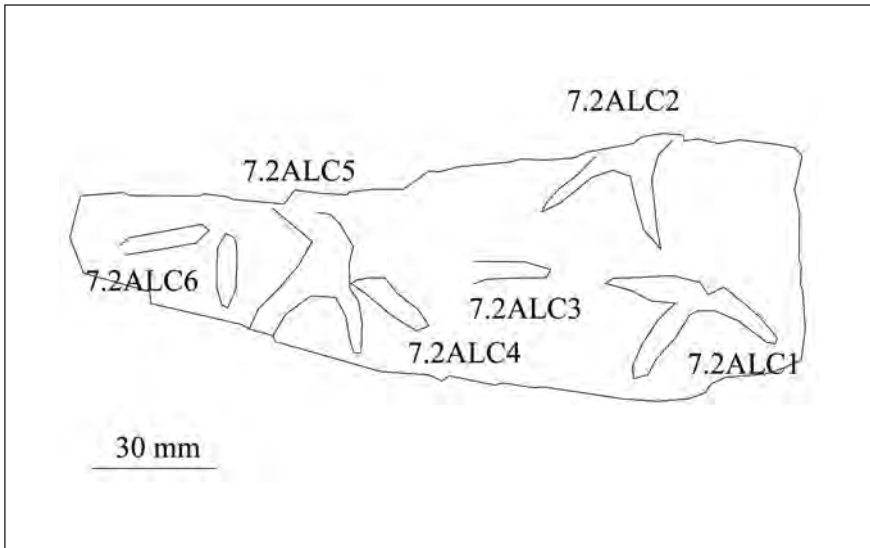


Fig. 16. Superficie 7.2ALC.

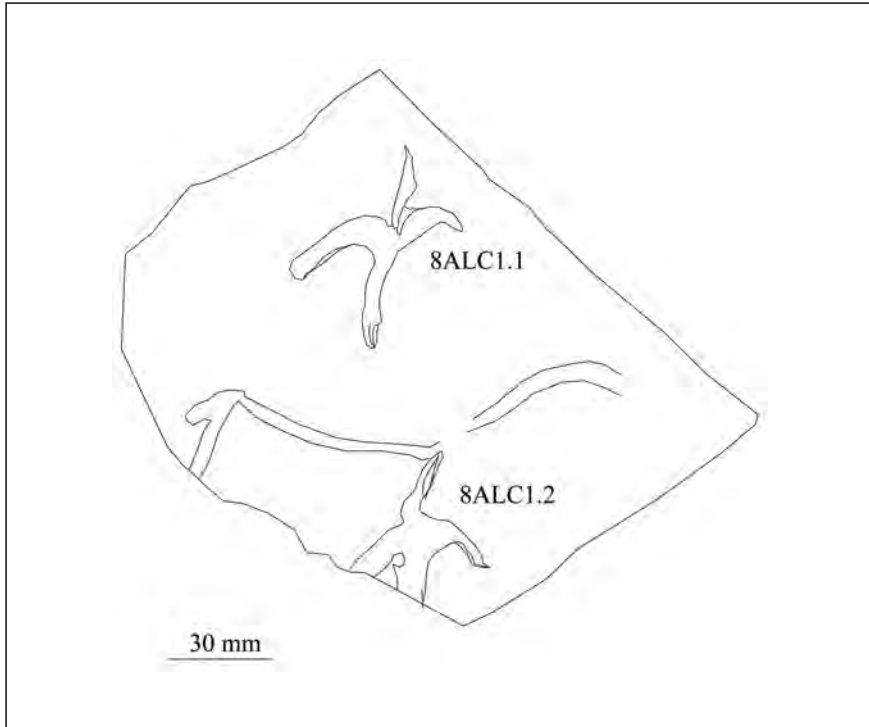


Fig. 17. Superficie 8.1ALC.

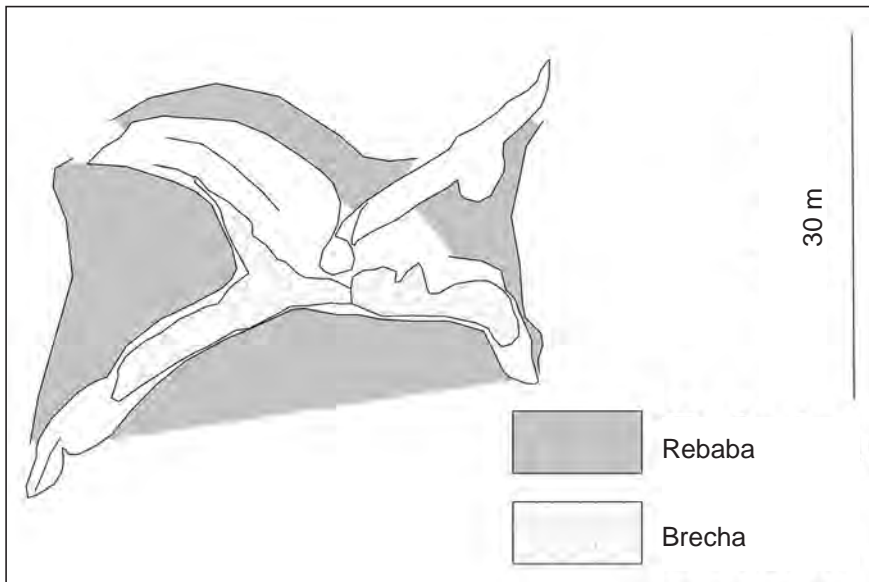
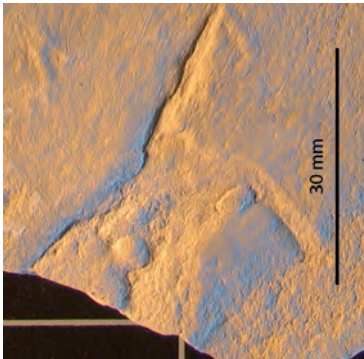


Fig. 18. Detalles de 8.1ALC1.1.

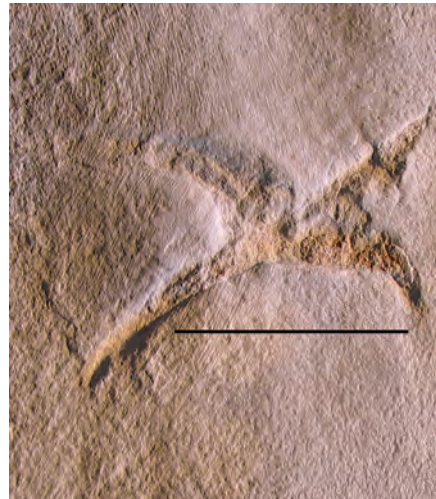


decir hacia un lado del eje del dedo. Gran parte del hueco de los dedos está ocupado por la brecha de fondo dejada por los dedos de los pies al romper los niveles que atraviesan.

- Marcas de dedos: la línea de contorno de los dedos, aunque sea una estructura directa no se debe parecer al contorno de sus estampas. La marca del dedo III y del hallux son rectilíneas mientras que las de los dedos laterales son semilunares con retroversión. Ambas formas indican movimiento del pie hacia adelante hasta su apoyo total (fase T) y salida con los hipes adelantados (fase K).
- Otras estructuras destacables. Sobre la primera de las pisadas (Fotografía 12) hay unas estrías muy finas, curvadas, que pueden haber sido dejadas por arrastre de plumas. En el interior del hueco de la pisada segunda (Fotografía 13) hay estructuras que suponemos dejadas por barro muy blando que cae del pie.



Fot. 13. 8.2ALC1.2. Estructuras de barro fluido dejadas al final de la fase K.



Fot. 12. Estrías finas sobre 8.1ALC1.1 posiblemente dejadas por arrastre de plumas.

#### 2.2.9. FRAGMENTO DE ROCA 9ALC (Tabla 6)

##### **Superficie 9.2ALC** (Figura 19)

Solo tiene icnitas en una de las superficies y son calcos. De ambos, en uno (9.2ALC2) no se cierra la línea de contorno. 9.2ALC1 tiene marca asimétrica angular del hallux que es incumbente. La icnita es pequeña y ancha, tetradáctila anisodáctila con dedos unidos proximalmente, de delicados a medios.

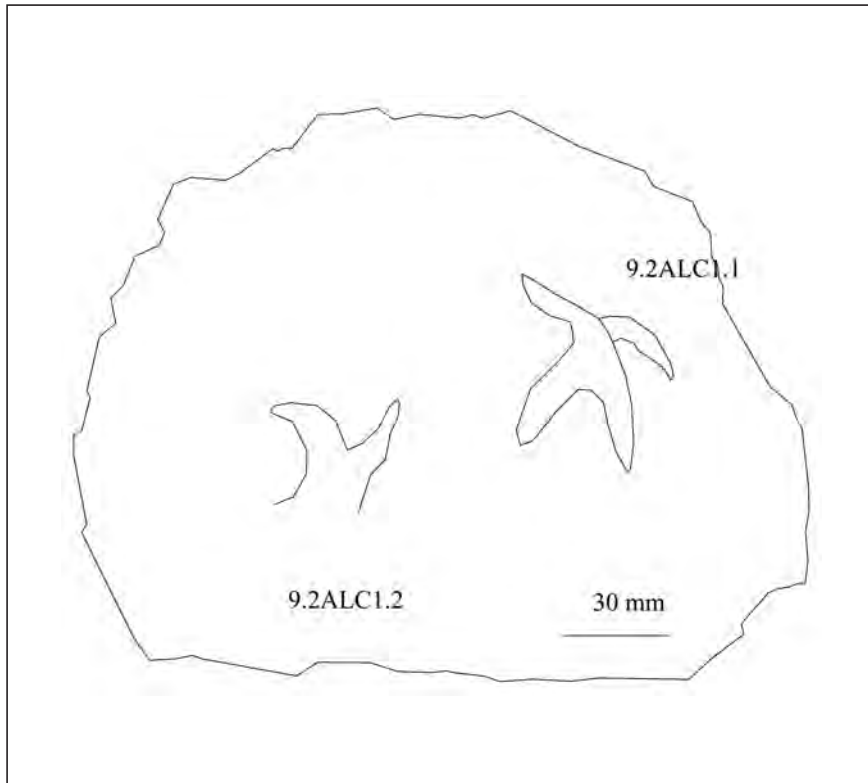


Fig. 19. Superficie 9.2ALC.

#### 2.2.10. FRAGMENTO DE ROCA 10ALC (Tabla 6)

##### **Superficie 10.2ALC** (Figura 20)

Contiene 10 pisadas que se distribuyen en una rastrillada formada por tres huellas, dos pares de huellas y tres aisladas. Todas son contramoldes que se definen como huellas pequeñas, anchas y tridáctilas de divergencia pequeña. Las marcas de los dedos son delicadas y acuminadas.

El fragmento contiene además la pista de un pez (Figura 20 y fotografía 14).

##### 10.2ALC1

Rastrillada de tres icnitas. No está clara la unión proximal de los dedos.

##### 10.2ALC2

Par de huellas con la marca de los dedos separada proximalmente.

##### 10.2ALC3

Par de huellas de las cuales la primera es posible que tenga la marca de los dedos unidas proximalmente.

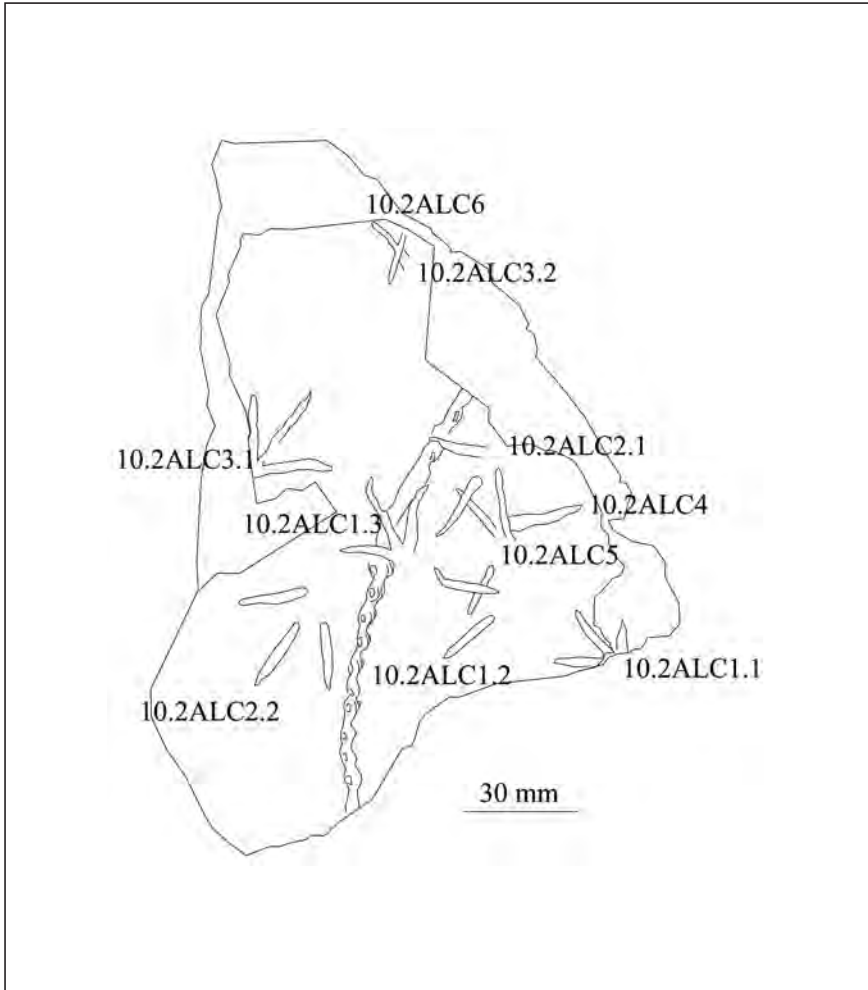
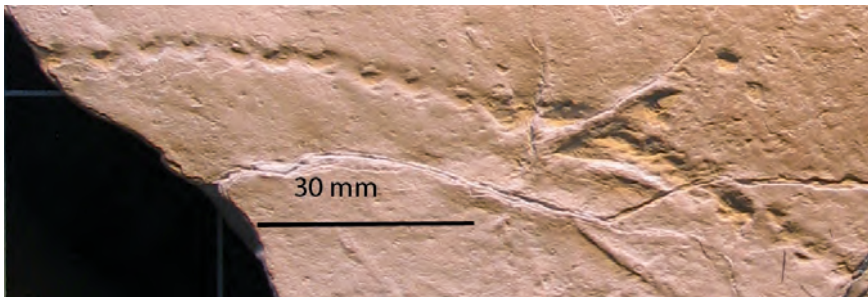


Fig. 20. Superficie 10.2ALC.



Fot. 14. Huella 10.2ALC1.3 y pista natatoria de pez.

## 2.2.11. FRAGMENTO DE ROCA 11ALC (Tabla 6)

Fragmento estrecho (unos 8 mm de espesor medio) en el que se ha impreso una rastrillada de tres huellas, que lo atraviesa. La parte superior no es una estampa sino un calco a su vez atravesado por los dedos. De las tres icnitas solo está completa la central.

El nivel con las huellas está cortado por una sección (Figura 25) que muestra la unión entre el dedo III de los calcos 11.1ALC1.1 y 11.2ALC1.1. En ella se observa que el dedo ha producido un corte limpio similar al que describen Boutakiout et al (2006) para el yacimiento IBO con icnitas de dinosaurio de dedos delgados.

**Superficie 11.1ALC** (Figura 21)

## 11.1ALC1

- Contenido: tres huellas de las que solo en 11.1ALC1.2 está completa la línea de contorno (Figura 22). La superficie 11.1ALC no es la superficie de marcha, por lo que las icnitas no son estampas sino calcos en uno de los niveles atravesados por los dedos de los pies.
- Pisadas: diminutas, muy anchas, tetradáctilas anisodáctilas. El hallux es incumbente y probablemente asimétrico lateral. Marca de dedos unidos proximalmente, divergencia angular grande.
- Marcas de dedos: la línea de contorno hay que colocarla bien en el pliegue de arrastre o bien en el corte producido en la lámina sedimentaria. No hay detalles ni de almohadillas ni de uñas.
- Rastrillada muy estrecha y con orientación negativa de la marca de los dedos.
- Otras estructuras destacables: Además de las estructuras directas, las huellas están acompañadas por otras indirectas como el pliegue por arrastre hacia abajo de las láminas, rebabas, fragmentos de láminas rotos y arrastrados.

Estas icnitas son similares a *Avipeda* sp. D de Scrivner *et al.* (1986), y a *Alaripeda logfreni* Sargeant y Reynolds, 2001.

## 11.2ALC1 (Figura 23)

Solo se ven los calcos de las dos primeras icnitas de 11.1ALC1. La huella 11.2ALC1.2 es más grande que su equivalente superior, algo menos ancha y de ángulo de divergencia mayor. No llega a imprimirse ninguna marca de hallux.

Se distinguen pliegues de arrastre, rebabas y la brecha de fondo (Figura 24). Hay rizaduras probablemente de corriente, aplastadas por las pisadas.

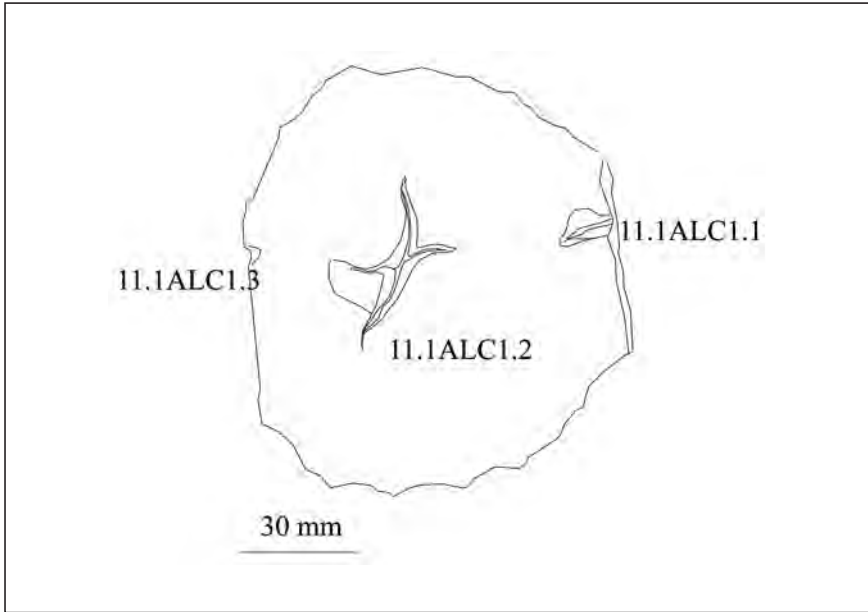


Fig. 21. Superficie 11.1ALC.

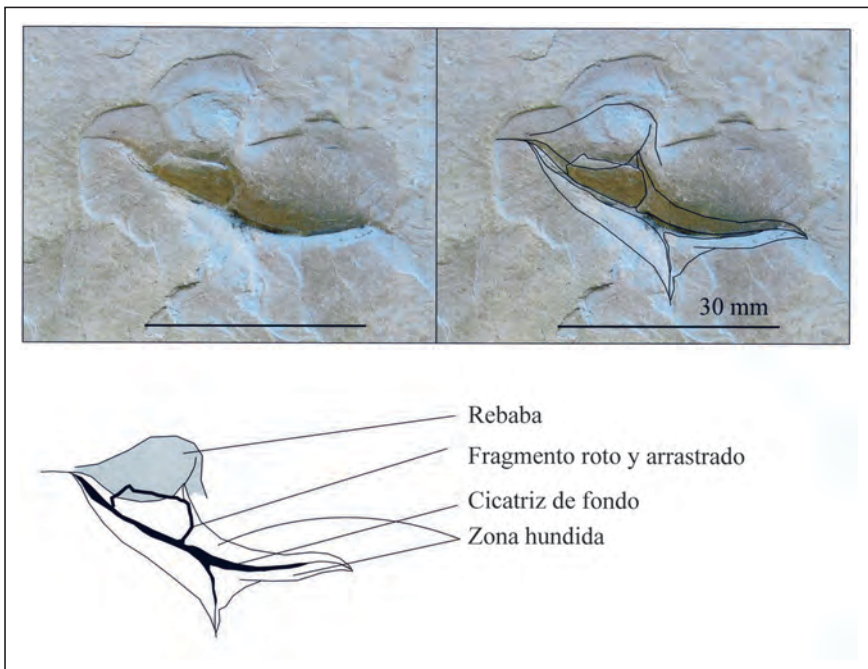


Fig. 22. Estructuras de la icnita 11.2ALC1.2.

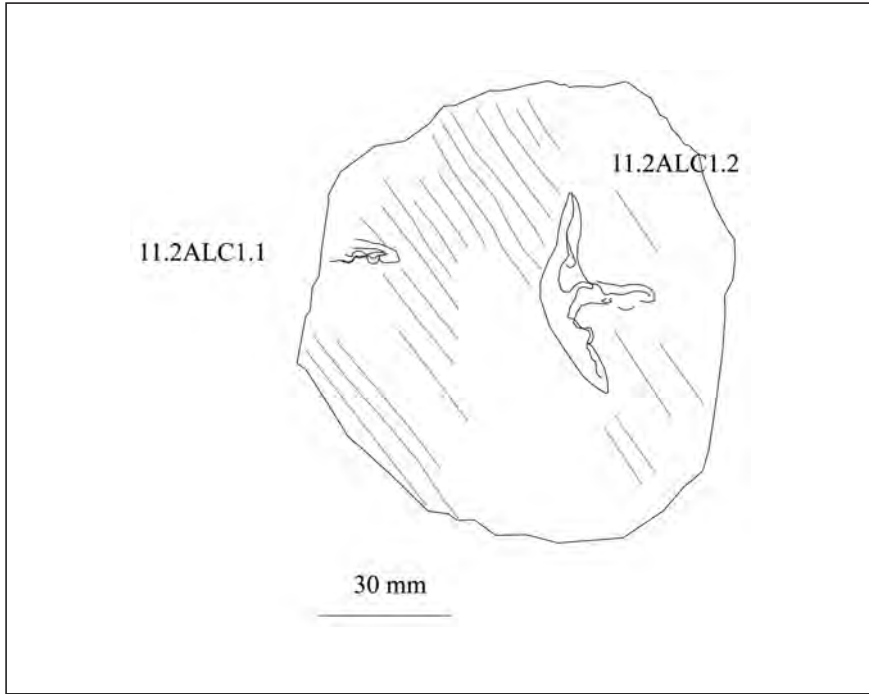


Fig. 23. Superficie 11.2ALC.

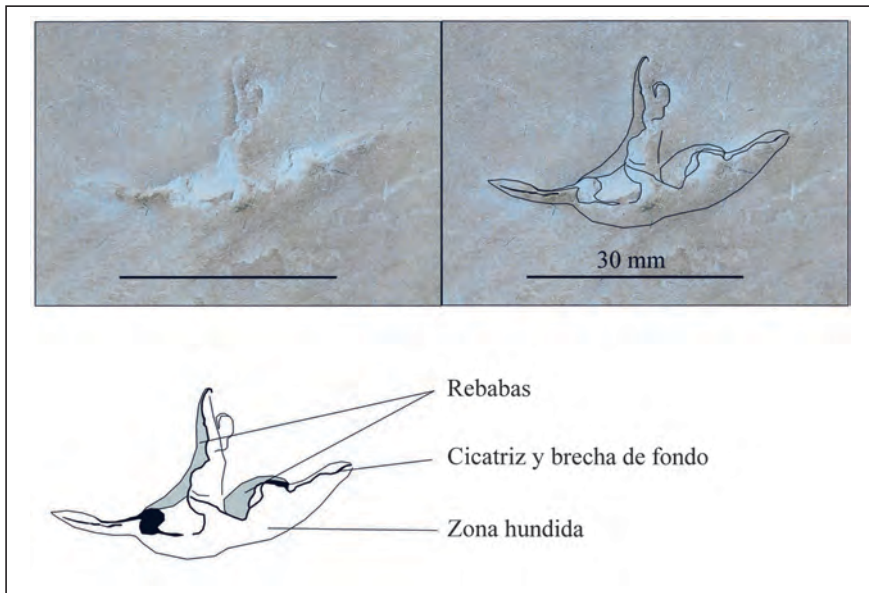


Fig. 24. Estructuras de la icnita 11.2ALC1.2.

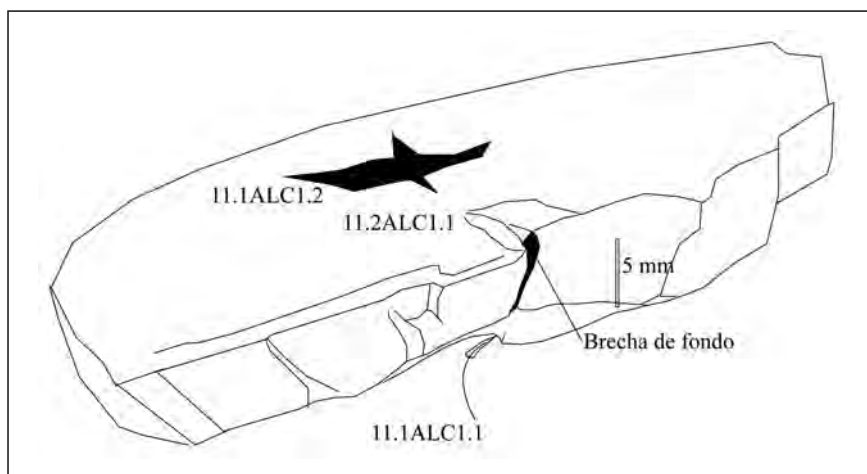


Fig. 25. 11ALC mostrando 11.1ALC1.2 11.ALC1.1, y la sección de la última.

#### 2.2.12. FRAGMENTO DE ROCA 12ALC (Tabla 7)

##### **Superficie 12.1ALC** (Figura 26)

Contiene cuatro icnitas de las cuales hay dos completas. En ambas hay deslizamiento del pie y cicatrices producidas por el colapso de alguna de las paredes de la huella. En general el perfil de los dedos de las icnitas es asimétrico, por una parte tienen pendiente suave, y por la otra con colapso. La entrada del pie se produce desde la zona de pendiente suave hacia la zona colapsada que es la más profunda.

En 12.1ALC2 se muestra también la salida de la parte distal de un dedo lateral, un poco más atrasada, de la misma manera que las improntas Apolo 5 (cf fig. 4.38 de Sacchi, 2004).

#### 2.2.13. FRAGMENTO DE ROCA 13ALC (Tabla 7)

##### **Superficie 13.2ALC** (Figura 27)

Esta muestra solamente tiene una icnita, que en parte es el contramolde (relleno) y en parte el calco de una huella superior. La pisada es tetradáctila anisodáctila, diminuta y ancha. El hallux incumbente y simétrico. Los dedos deberían ser delicados de divergencia grande y unidos proximalmente.

Tiene estructuras directas, como son las cicatrices de fondo, que además están muy marcadas (Fotografía 15) y rizaduras de corriente deformadas por la pisada. Aunque el espesor del fragmento oscila entre 4 y 15 mm, en el techo no hay indicio de la icnita cuya profundidad máxima por debajo del muro es de 3 mm. Es probable que los dedos hayan atravesado alguno o algunos niveles y hayan dejado la cicatriz de fondo como si los hubiesen cortado. No hay señales de colapso gravitatorio de las paredes.

**TABLA 7.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DE LOS FRAGMENTOS 12.ALC, 13.ALC, 14.ALC, 17.ALC, 18.ALC Y 19.ALC**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-III-IV	Ángulo entre los dedos I, II, III, IV y II-IV	Longitud de paso	Longitud de zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
12.ALC4														
12.ALC3														
12.ALC2	22		27		->13-13-18	(-)- - - - - [99]							-0.18	
12.ALC1	27	37	32		9)-17-20-24	(132)-51-08-[149]							-0.16	
13.ALC1	25	36	30		11)-21- -	(-)- - - - - [116]							-0.17	
14.2.ALC1.2			44		->22-17	(-)-72-86-[158]	45							
14.2.ALC1.1			42		->22-21-16	(-)-62-74-[136]								
14.1.ALC1.2	22	31	37		10)-20-18-15	(87)-95-41-[136]	36						-0.13	
14.1.ALC1.1	21	35	35		->15-16-17	(-)-76-79-[145]							-0.11	
17.ALC1	24		39		->19- -	(-)- - - - - [116]							-0.38	
18.ALC1	22		21		->19- -	(-)- - - - - [100]							0.05	
19.ALC6						(-)- - - - - [101]								
19.ALC5	27	39	32		->21- -	(-)- - - - - [93]							-0.16	
19.ALC4						(-)- - - - - [99]								
19.ALC2.3	24		27		->16-17-13	(-)-26-41-[67]	105						-0.11	
19.ALC2.2	28	39	34		->17-21-20	(-)-46-38-[84]	107	203	146	-1	15	43	-0.18	0.44
19.ALC2.1	26		23		->14-19-12	(-)-20-35-[55]							0.13	
19.ALC1.5		23			5)-15-15	(-)- - - - - [113]	73							
19.ALC1.4	28	38	43		8)-18-23-24	(166)-49-64-[113]	75	145	163	-17	6	49	-0.35	0.14
19.ALC1.3	31	41	40		8)-20-24-17	(127)-43-08-[111]	79	141	137	-3	13	62	-0.22	0.32
19.ALC1.2	29	38	39		6)-18-24-16	(110)-70-48-[118]	72	144	-167	23	-4	13	-0.26	-0.10
19.ALC1.1	29		44		->21-23-20	(-)-71-50-[121]							-0.34	



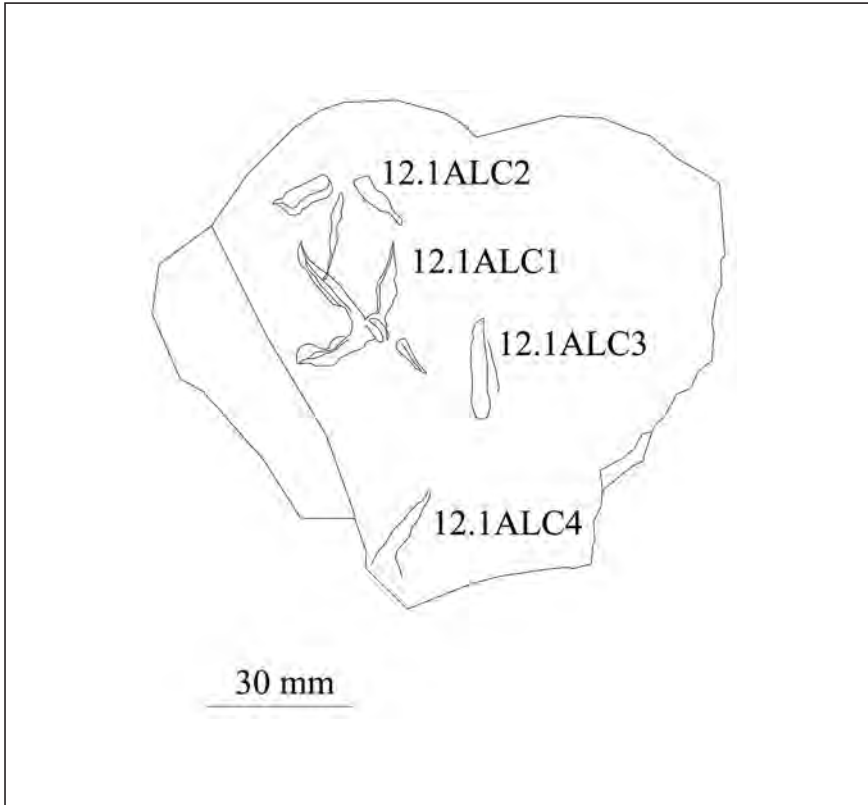


Fig. 26. Superficie 12.1ALC.

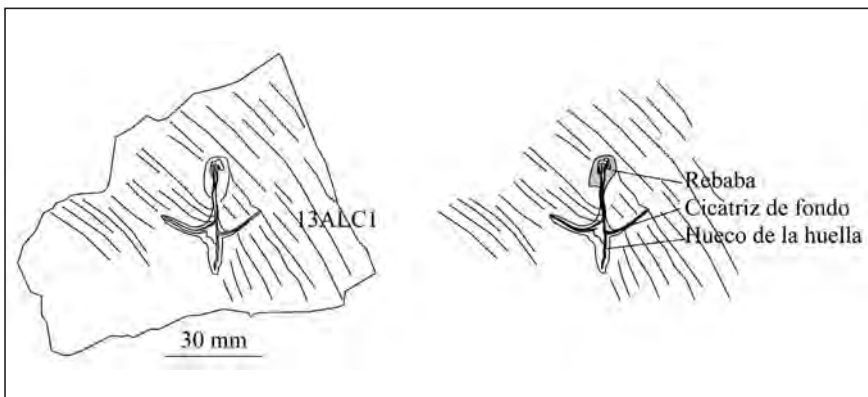


Fig. 27. Huella y estructuras de 13.2ALC.



Fot. 15. Superficie 13.2ALC. Los cuadrados del fondo son de 30 mm de lado.

#### 2.2.14. FRAGMENTO DE ROCA 14ALC (Figura 28. Tabla 7)

Huellas a techo y sus correspondientes calcos en el muro. Las huellas del techo se interpretan también como calcos de otras impresas en niveles superiores que ahora faltan. El grosor del fragmento, si no se tienen en cuenta los trozos desprendidos, es de unos 6 mm.

#### ***Superficie 14.1ALC***

##### 14.1ALC1

- Contenido: dos huellas.
- Pisadas: diminutas y anchas, tetradáctilas anisodáctilas, hallux incumbente, asimétrico lateral, dedos con divergencia grande y unidos proximalmente.
- Marcas de dedos delicados.
- Otras estructuras destacables. Son en parte estructuras directas (cicatrices de base) que en las marcas II y IV tienen paredes inclinadas (estructuras indirectas) debido al paso de los dedos. El III está totalmente cerrado y solo muestra la cicatriz de base. El nivel estratigráfico más alto del fragmento está parcialmente desprendido, por lo que la mayor parte de las impresiones son calcos. Es posible que tampoco estuviera la superficie de marcha en dicho nivel.

Son similares a las 11.1ALC.

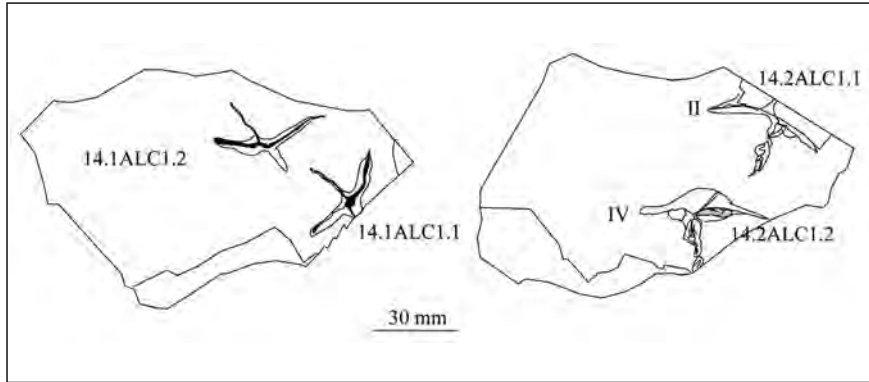
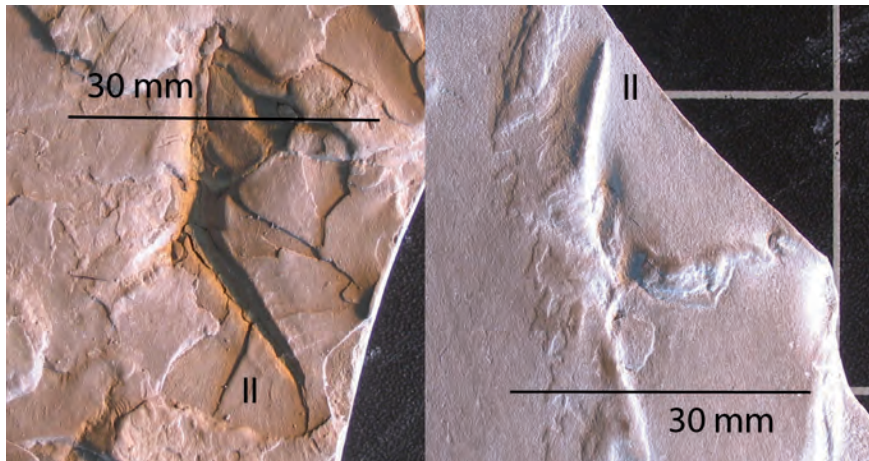


Fig. 28. Techo y muro del fragmento 14ALC.

#### 14.2ALC1

Dos huellas que son el calco de las dos anteriores. 14.2ALC1.2 probablemente tenga también marca de hallux. Son más largas, anchas y posiblemente de divergencia dactilar mayor. La marca de los dedos está formada por láminas sedimentarias deformadas o por un saliente fino y alargado no atravesado por el dedo (Foto 16). Los niveles sedimentarios están deformados y hay una rebaba en la parte delantera del dedo II de 14.2ALC1.2.

En un lateral, hay una icnita de *Cochlicbnus*.



Fot. 16. Izquierda, huellas 14.1ALC1.2. Derecha, huella 14.2ALC1.2.

2.2.15. FRAGMENTO DE ROCA 17ALC (Tabla 7)

**Superficie 17.1ALC**

17.1ALC1 (Figura 29)

Contiene una huella tridáctila, diminuta y ancha con la marca de los dedos delicada y separada proximalmente. El ángulo de divergencia es grande. Se nota perfectamente la marca de uñas.

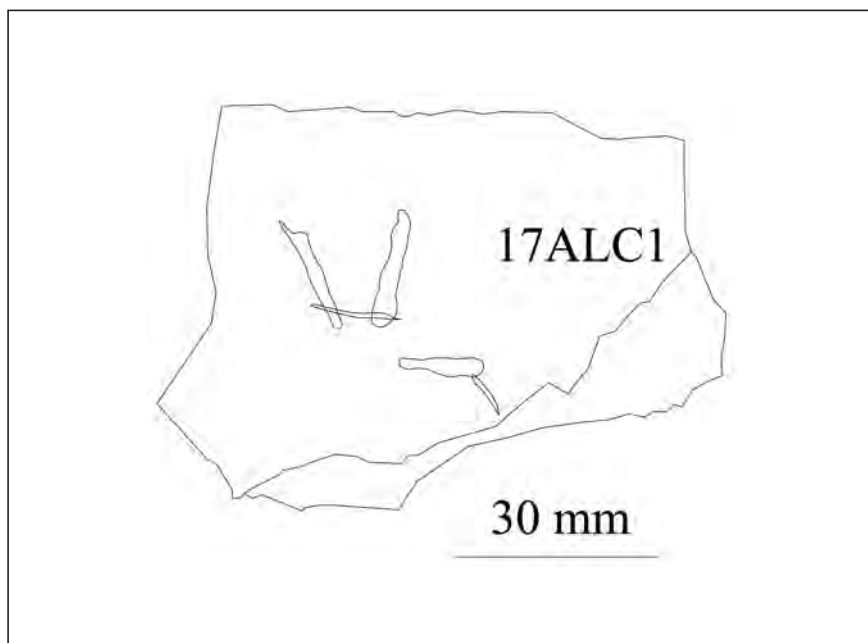


Fig. 29. Superficie 17.1ALC.

2.2.16. FRAGMENTO DE ROCA 18ALC (Tabla 7)

**Superficie 18.2ALC**

18.2ALC1 (Figura 30)

Es un contramolde correspondiente a una icnita tridáctila diminuta, ancha, divergencia media y con marca de dedos unidos proximalmente. Los dedos son delicados y acuminados.

2.2.17. FRAGMENTO DE ROCA 19ALC (Tabla 7)

**Superficie 19.1ALC** (Figura 31).

Contenido: 11 huellas distribuidas en dos rastrilladas y tres icnitas aisladas.

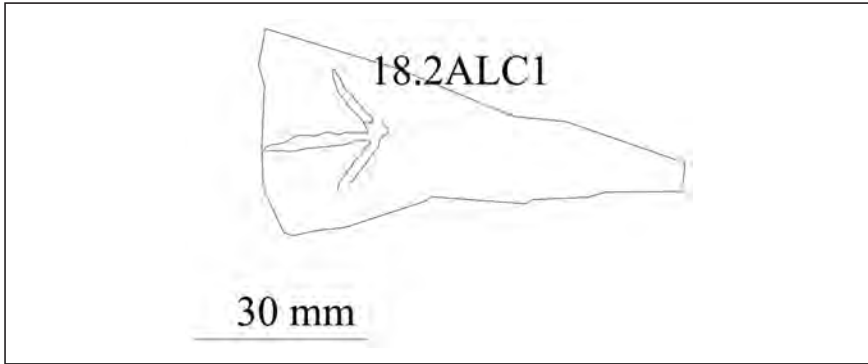


Fig. 30. Superficie 18.2ALC.

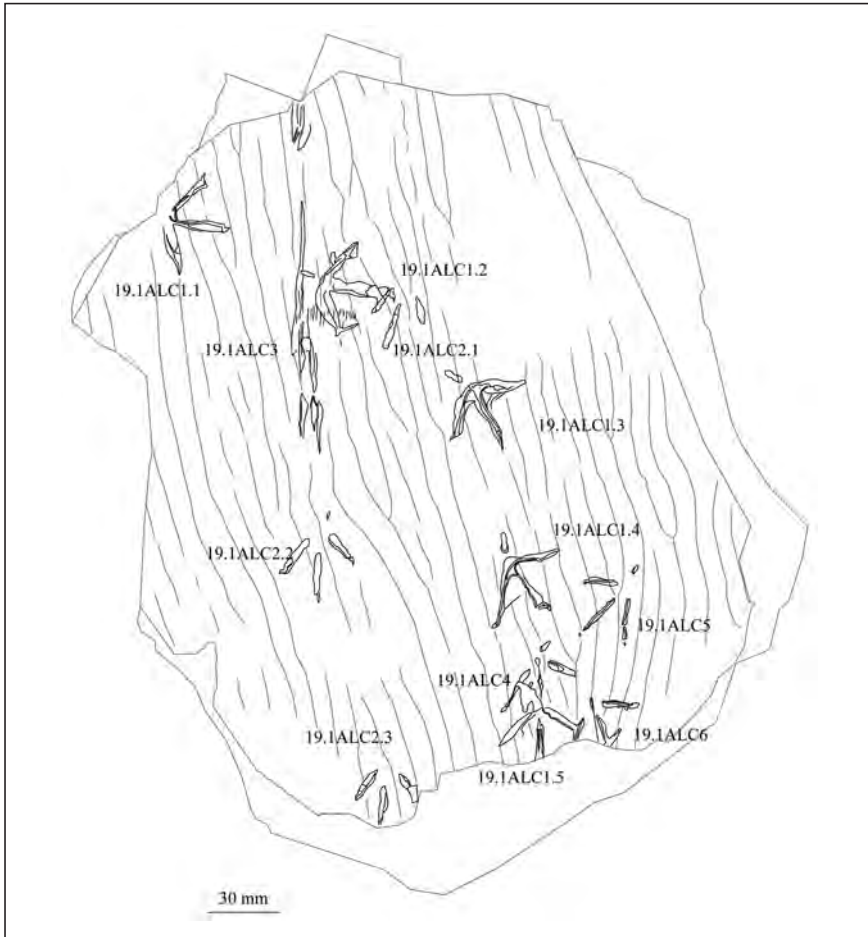


Fig. 31. Superficie 19.1ALC.

- Otras estructuras destacables. En la superficie de estudio hay dos láminas sedimentarias (Fotografía 17). La inferior, de color verdoso con rizaduras de corriente sobre las que se imprimen las pisadas, y la superior, rojiza, de menos de un milímetro de espesor, que se adapta a todas las estructuras (rizaduras y pisadas). Las icnitas son por lo tanto estampas y sobrehuellas. Las estructuras parecen indicar que hay dos momentos de paso separados por el endurecimiento de la superficie. Con barro muy blando se marcan las icnitas aisladas y las de la rastrillada 19.1ALC1 (deslizamiento de los pies, adherencia del barro a la suela de los dedos); con barro endurecido se marca la rastrillada 19.1ALC2, sin las estructuras anteriores y con marcas de almohadillas dactilares.

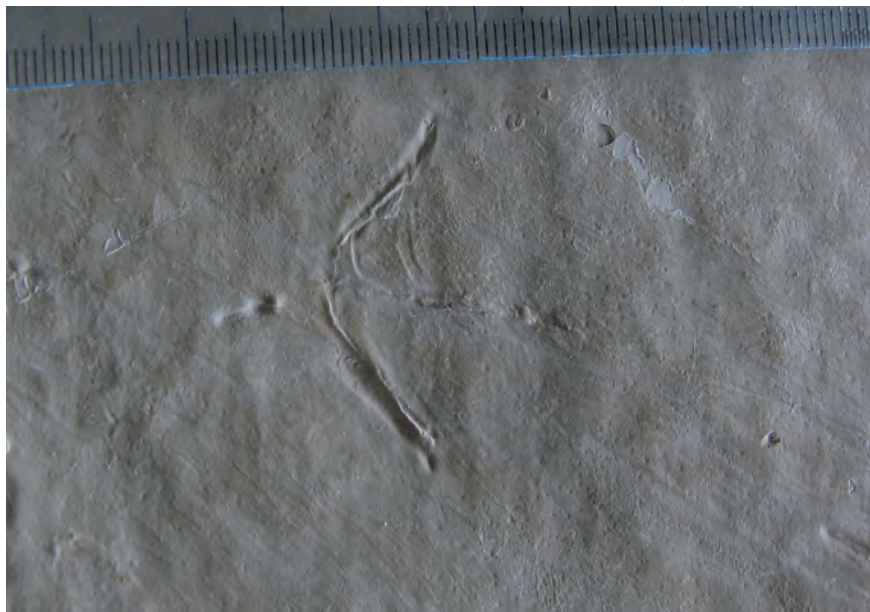


Fot. 17. Lámina algal que se superpone y replica las estructuras de la superficie de marcha (rizaduras y pisadas). Icnitas 19.1ALC1.2 y 19.1ALC2.1.

Las huellas son posteriores a las rizaduras a las que aplastan (Fotografía 21).  
19.1ALC1

- Contenido: cinco icnitas.
- Pisada: pequeñas, anchas, tetradáctilas anisodáctilas, con marca de dedos unidos proximalmente, divergencia grande, de hallux separado y asimétrico angular.
- Marcas de dedos: delicados, con marcas de uñas.

- Rastrillada: los datos de la rastrillada son irregulares porque el ave da un giro a la derecha a la vez que camina.
- Otras estructuras destacables: en 19.1ALC1.3 hay estructuras que podrían haber sido impresas por una membrana interdactilar. Dado que esas estructuras no se repiten, no se postula que tengan necesariamente ese origen (Fotografía 18).



Fot. 18. Posible membrana interdactilar en 19.1ALC1.3.

Abundantes estructuras de deslizamiento del pie, y probablemente de adherencia de barro que se manifiesta como una especie de cordón fino y elevado que recorre la parte central de algunos dedos (Fotografías 19 y 20).

#### 19.1ALC2

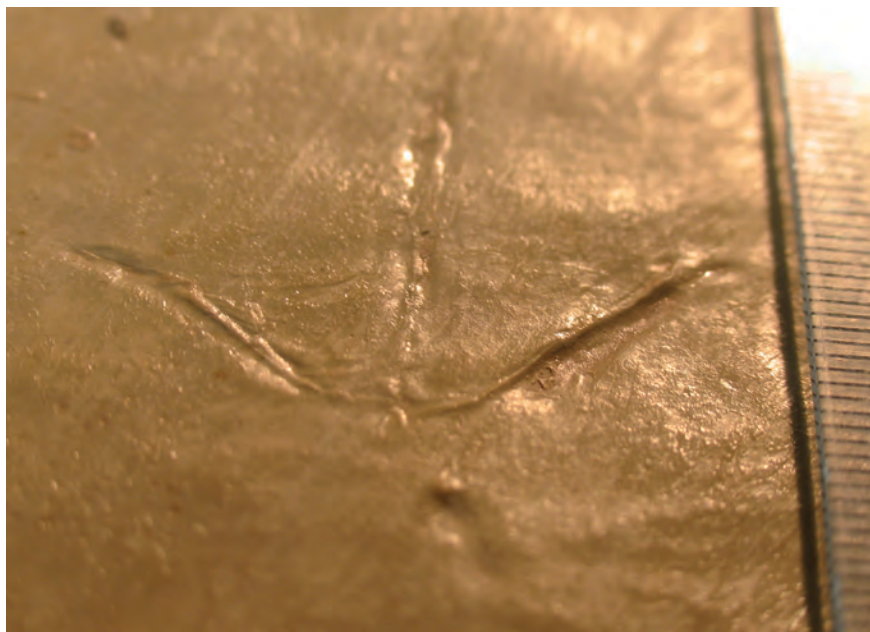
- Contenido: tres icnitas.
- Pisadas: pequeñas, anchas, probablemente tridáctilas (hay una marca muy pequeña detrás de 19.1ALC1.2 que quizá sea debida al hallux), con dedos separados proximalmente, de divergencia pequeña.
- Marcas de dedos delicados con marcas de uñas y de almohadillas.
- Rastrillada: muy estrecha ( $Ar/a=0'44$ ).

#### 19.1ALC3 a 19.1ALC6

De ellas solo 19.1ALC4 y 19.1ALC5 se identifican bien. Ambas son pequeñas tetradáctilas anisodáctilas, hallux separado y marca de dedos sepa-



Fot. 19. Deformación del barro durante la fase K en 19.1ALC1.1.



Fot. 20. Empuje de barro hacia adelante en los dedos laterales y posible membrana interdigital. Huella 19.1ALC1.3.



rada proximalmente. Tienen el mismo tipo de cordón fino de adherencia señalado en la rastrillada 1 de esta superficie.

#### 2.2.18. FRAGMENTO DE ROCA 20ALC (Tabla 8).

Se distinguen huellas por ambas caras.

##### **Superficie 20.1ALC** (Figura 32)

Contiene cinco icnitas tridáctilas pequeñas y anchas, con dedos unidos proximalmente y ángulo interdigital grande. Los dedos son delicados y acuminados.

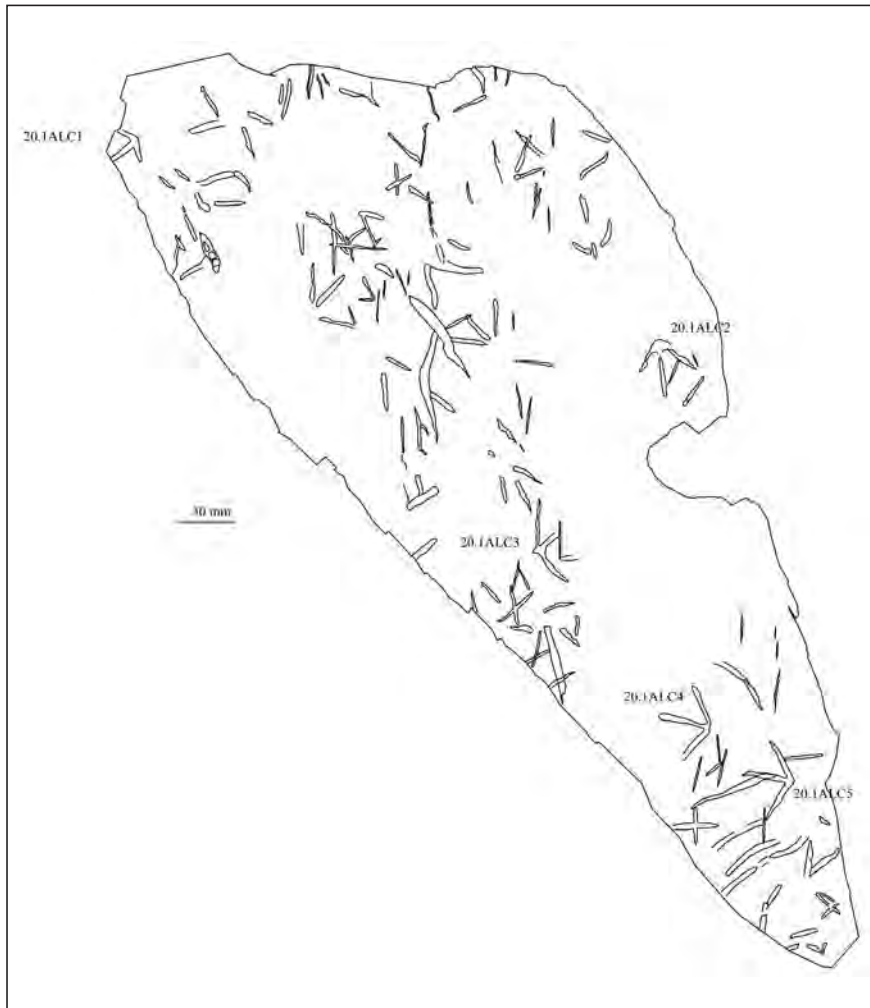


Fig. 32. Superficie 20.1ALC.

**TABLA 8.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DEL FRAGMENTO 20.ALC**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-II-III-IV	Ángulo entre los dedos II, III-IV y II-IV	Longitud de paso	Longitud de zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Iuz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
20.2AIC25	16				->-10-	(-)-[111]								
20.2AIC24			34			(-)-[156]								
20.2AIC23	28		30		->-20-	(-)-[119]							-0'07	
20.2AIC22	23				->-17-									
20.2AIC21	24				->-18-	(-)-[135]								
20.2AIC20						(-)-[ ]								
20.2AIC19	33				->-23-	(-)-[137]								
20.2AIC18					->-23-									
20.2AIC17	24		37		->-20-	(-)-[131]							-0'35	
20.2AIC16	25		38		->-20-	(-)-[139]							-0'34	
20.2AIC15	37		63		->-31-	(-)-[130]							-0'42	
20.2AIC14	41		52		->-36-	(-)-[138]							-0'21	
20.2AIC13			53			(-)-[143]								
20.2AIC12														
20.2AIC11	28				->-22-	(-)-[134]								
20.2AIC10	31		34		->-26-	(-)-[107]							-0'09	
20.2AIC9	24		37		->-19-	(-)-[109]							-0'35	
20.2AIC8	23		32		->-19-	(-)-[103]							-0'28	
20.2AIC7														
20.2AIC6														
20.2AIC5														
20.2AIC4	31		37		->-23-	(-)-[94]							-0'16	
20.2AIC3	30		37		->-26-	(-)-[117]							-0'19	
20.2AIC2.3	27				->-24-24-	(-)-[47- ]	65	121	140	13	11			
20.2AIC2.2	30				->-18-23-	(-)-[66- ]	63							
20.2AIC2.1	28				->-21-17	(-)-[51-75-1126]								
media	28				->-21-23-17	(-)-[54- 75-1126]	64	121	14	13	11			
20.2AIC1.4	36		61		->-24-29-30	(-)-[97-60-1157]	122	234	139	26	21	97	-0'41	0'36
20.2AIC1.3	35		58		->-26-27-29	(-)-[69-75-1144]	130	227	190	-21	-5	50	-0'40	-0'08
20.2AIC1.2	34		61		->-26-29-31	(-)-[70-86-1156]	105							
20.2AIC1.1	35		60		->-25-28-30	(-)-[73-73-1152]	119	230	164	5	16	73	-0'43	0'14
media	35		60											
20.1AIC5	28		42		->-23-	(-)-[126]							-0'09	
20.1AIC4	28		38		->-25-	(-)-[115]							-0'26	
20.1AIC3			46			(-)-[136]								
20.1AIC2	30		31		->-25-	(-)-[83]							-0'03	
20.1AIC1						(-)-[137]								

En la misma superficie hay abundantes marcas parecidas a las de los dedos de las icnitas anteriores, pero que no se agrupan como icnitas de vertebrados conocidas. No tienen tampoco polaridad en el sentido de que se aprecien en ellas señales de uña en una de sus terminaciones. No hemos podido averiguar cuál es el origen de estas marcas.

**Superficie 20.2ALC** (Figura 33)

Calcos y contramoldes. Los contramoldes se observan en el interior de las icnitas más salientes, rodeados por niveles sedimentarios (calcos) erosionados (Fotografías 22 y 27). Los contramoldes se observan si se erosiona la superficie sedimentaria en la que están los calcos. Los más salientes (“profundos”) son los de la rastrillada 20.2ALC1, los de las icnitas 20.2ALC13 y 20.2ALC14 y los que producen marcas alargadas similares a dedos en las proximidades de 20.2ALC1.1



Fig. 33. Superficie 20.2ALC.



Fot. 21. Aplastamiento de las rizaduras por las icnitas 19.1ALC1.5, 19.1ALC4, 19.1ALC5 y 19.1ALC6.



Fot. 22. Marcas de almohadillas en el dedo III de 20.2ALC1.4 (izquierda) y de 20.2ALC1.3 (derecha). Falsa membrana interdigital de 20.2ALC2.2 (derecha).

#### 20.2ALC1

- Contenido: cuatro huellas.
- Pisadas: de hasta 3 mm de “profundidad”, pequeñas, anchas, tridáctilas, dedos unidos proximalmente y de divergencia digital grande.
- Marcas de dedos delicados y acuminados. La parte central del dedo III es más ancha y tiene señales de dos o tres almohadillas (Fotografía 22).
- Rastrillada de trazado irregular.

### 20.2ALC2

- Contenido: tres huellas muy poco profundas (menos de 1 mm).
- Pisadas: pequeñas a las que no se ha podido medir su anchura, tri-dáctilas, dedos de divergencia digital grande, unidos proximalmente.
- Marcas de dedos delicados y de terminación acuminada.
- Otras estructuras similares a membranas interdigitales proximales (Fotografía 22).

### 20.2ALC3 a 20.2ALC25

Son icnitas de características similares a las de 20.2ALC2.

### 2.2.19. FRAGMENTO DE ROCA 21ALC

Huellas en las dos partes (techo y muro).

#### **Superficie 21.1ALC** (Figura 34. Tabla 9)

- Contenido: 33 icnitas, parte de ellas aisladas y otras agrupadas en cinco rastrilladas.

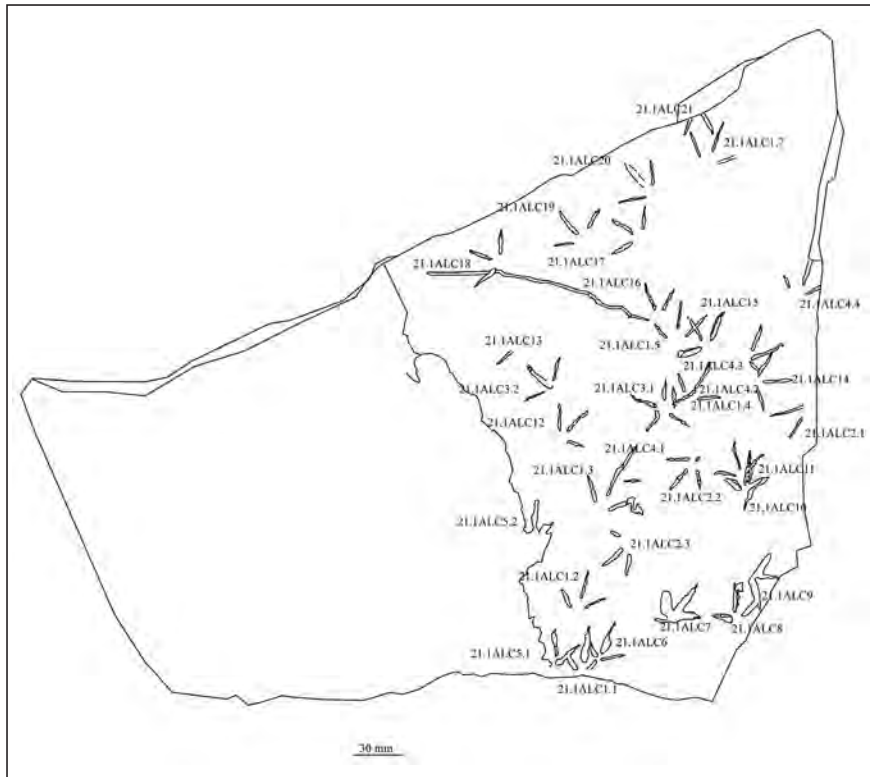


Fig. 34. Superficie 21.1ALC.

**TABLA 9.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DEL TECHO DEL FRAGMENTO 21.ALC**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-III-IV	Ángulo entre los dedos I-II, II-III, III-IV y II-IV	Longitud de paso	Longitud de zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
21.1.ALC21														
21.1.ALC20	25		31			(-) [97]							-0.22	
21.1.ALC19	22		35		-) -18-	(-) [123]							-0.37	
21.1.ALC18	20		39		-) -15-	(-) [127]							-0.49	
21.1.ALC17	20		36		-) -15-	(-) [129]							-0.44	
21.1.ALC16	22		33		-) -18-	(-) [106]							-0.33	
21.1.ALC15	22		40		-) -17-	(-) [129]							-0.3	
21.1.ALC14	22		35		-) -18-	(-) [133]							-0.37	
21.1.ALC13														
21.1.ALC12	23		30		-) -19-	(-) [110]							-0.23	
21.1.ALC11	21		33		-) -18-	(-) [122]							-0.36	
21.1.ALC10			26			(-) [91]								
21.1.ALC9	18		33			(-) [128]							-0.45	
21.1.ALC8	25				-) -19-	(-) [125]								
21.1.ALC7	27	34	28		-) -19-	(-) [92]							-0.04	
21.1.ALC6	25		22		-) -20-	(-) [102]							0.14	
21.1.ALC5.2					-) -19-		77							
21.1.ALC5.1	21				-) -17-		77							
media	21				-) -18-									
21.1.ALC4.4					-) -8	(-) -45-41-186	50	104	156	19	6	33	-0.21	0.21
21.1.ALC4.3	23		29		-) -16-21-10	(-) -45-72-117	56	107	159	-10	5	30	-0.11	0.19
21.1.ALC4.2	23		26		-) -15-16-12	(-) -66-61-127	52							
21.1.ALC4.1					-) -10	(-) -57-4-1								
media	23		27		-) -16-19-11	(-) -52-77-110	53	105	157	4	5	32	-0.15	0.20
21.1.ALC3.2	20		35		-) -20-	(-) [126]							-0.43	
21.1.ALC3.1	22		34		-) -17-	(-) [140]							-0.35	
media	21		34		-) -18-	(-) [133]							-0.39	
21.1.ALC2.3	21		29		-) -13-16-7	(-) [106]	63						-0.24	
21.1.ALC2.2	23	28	28		-) -13-17-12	(-) [99]							-0.18	
21.1.ALC2.1		28			-) -13-17-9	(-) [102]	63						-0.21	
media	22	28	28		-) -13-17-9	(-) [102]							-0.29	
21.1.ALC1.7	24		34		-) -19-	(-) [90]							-0.29	
21.1.ALC1.5	22		34		-) -19-	(-) [85]	34	113					-0.35	
21.1.ALC1.4	24		32		-) -19-	(-) [104]	85	140	129	7	10	55	-0.25	0.3
21.1.ALC1.3	26		31		-) -17-	(-) [83]	61	142	-154	5	8	47	-0.16	0.26
21.1.ALC1.2	23		28		-) -19-	(-) [87]	39	99	162	-9	-4	20	-0.18	-0.16
21.1.ALC1.1	28		28		-) -23-	(-) [76]								
media	26		32		-) -19-	(-) [89]	55	127	—	1	5	41	-0.24	0.12

- Pisadas: diminutas y anchas, tridáctilas con dedos de divergencia variable, incluso en el mismo rastro, y separados proximalmente.
- Marcas de los dedos delicadas, muy estrechas, de terminación acuminada y algunas marcas de almohadillas.
- Rastrilladas: no se proporcionan datos porque son irregulares y de difícil atribución. La más larga 21.1ALC1 indica que el ave está girando hacia la derecha; en ella la anchura de la rastrillada es muy estrecha e incluso negativa (Figura 35).

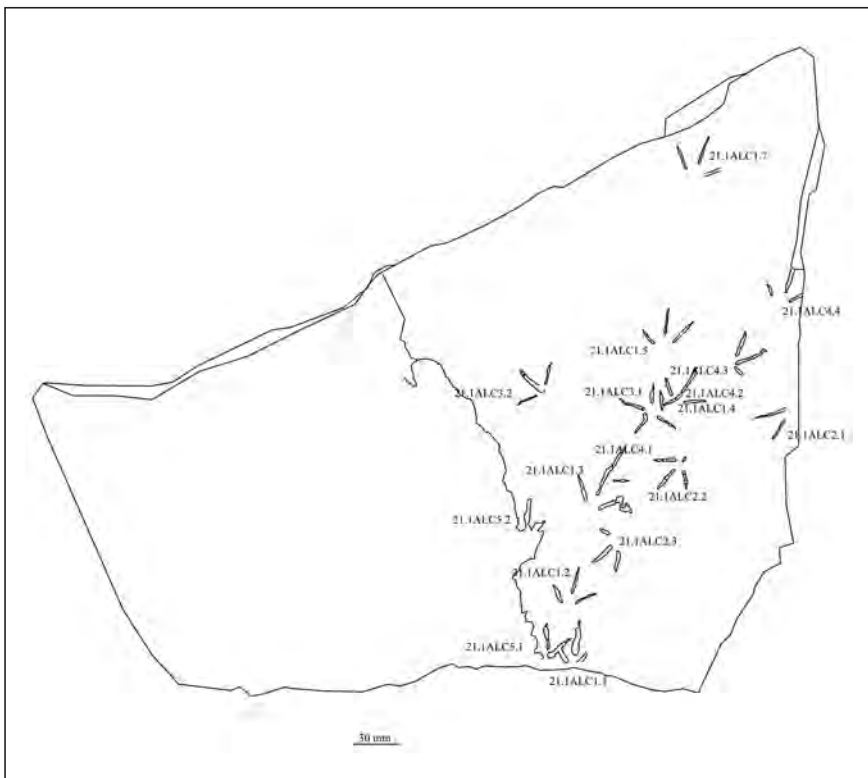


Fig. 35. Rastrilladas de 21.1ALC.

- Otras estructuras: En algunas de las icnitas, la lámina superior (de unas décimas de mm) que modifica la línea de contorno, está adherida por encima, como su reproducción. Si se superponen más láminas desaparecen las huellas. Parte de ellas dan la impresión de dedos más anchos y unidos proximalmente (Fotografías 23 y 24).



Fot. 23. Falsa sobreimpresión. 21.1ALC5 mimetizada en parte por un nivel superior.



Fot. 24. 21.1ALC7 con niveles superiores que se adaptan y que la mimetizan.



**Superficie 21.2ALC** (Figura 36. Tabla 10)

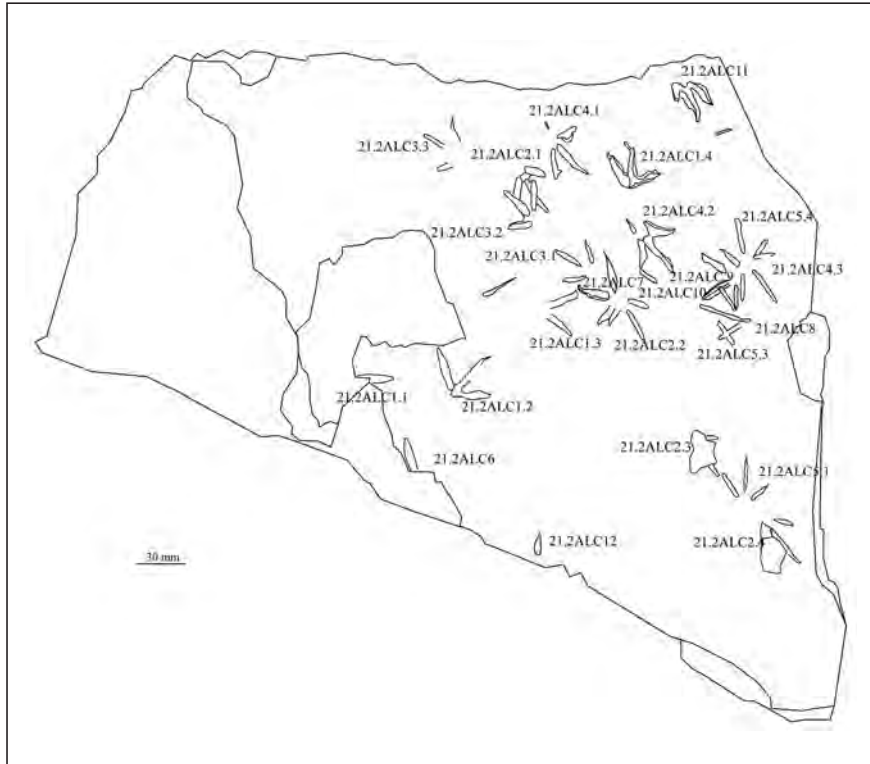


Fig. 36. Superficie 21.2ALC.

- Contenido: 22 pisadas de las cuales 5 están aisladas y el resto forman parte de cinco rastrilladas (Figura 37). Además de contener icnitas de aves, sobre la superficie hay *Cochlichnus* y marcas de gotas de agua.

Según las observaciones, las icnitas de ave son posteriores a las marcas de agua porque las aplastan (Fotografía 25) mientras que las pistas sinusoidales están borradas por las gotas (Fotografía 26). También se aprecia en la imagen anterior que las señales de las gotas están ligeramente alargadas en una dirección y en algunas hay una pequeña rebaba en lo que suponemos la parte delantera de la impresión, es decir del sentido hacia el que caía la gota.

**21.2ALC1**

- Contenido: cuatro icnitas de línea de contorno completa o casi completa en dos de ellas.
- Pisadas: pequeñas, anchas, tridáctilas, de divergencia no clara y unidas proximalmente.

**TABLA 10.**  
**DATOS MORFOMÉTRICOS DEL MURO DEL FRAGMENTO 21.ALC**

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-III-IV	Ángulo entre los dedos II, III-IV y IV	Longitud de paso zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
21.2ALC12													
21.2ALC11	27		23			(-)——[34]						0'17	
21.2ALC10													
21.2ALC9	23		40			(-)——[122]						-0.42	
21.2ALC8	31		35		-)-25-	(-)——[88]						-0'11	
21.2ALC7	26		45		-)-21-	(-)——[129]						-0.42	
21.2ALC6													
21.2ALC5.4	29		29		-)-21-	(-)——[87]						0	
21.2ALC5.3							97					-0'13	
—	27		31		-)-21-	(-)——[84]	97					-0'06	
21.2ALC5.1 media	28		30		-)-21-	(-)——[85]							
21.2ALC4.3	30	47	35		-)-17-25-13	(-)38-63-[101]	68					-0'14	
21.2ALC4.2	34	43	32		10)-18-29-18	(128)-48-36-[84]	76	128	19	8	31	0'06	0'25
21.2ALC4.1	32	43	35		5)-19-28-14	(102)-42-72-[114]						-0'09	
21.2ALC4 media	32	45	34		7)-18-27-15	(115)-43-57-[100]	72	128	19	8	31	-0'05	0'25
21.2ALC3.3	27		34			(-)37-54-[91]	58					-0'21	
21.2ALC3.2	28		34		-)-15-22-19	(-)50-47-[97]	47	176	2	1'5	36	-0'18	0'04
21.2ALC3.1	26		29		-)-14-19-14	(-)43-39-[82]						-0'1	
21.2ALC3 media	27		32		-)-14-20-16	(-)43-47-[90]	52	176	2	2'5	36	-0'16	0'04
21.2ALC2.4	34					(-)——35-[	60						
21.2ALC2.3					-)-26-13	(-)58——[	102	159					
21.2ALC2.2	30		27		-)-15-25-13	(-)65-49-[114]	101	170	-5	4		0'11	0'15
21.2ALC2.1	31				-)-10-23-	(-)49-39-[88]							
21.2ALC2 media	32		27		-)-12-25-13								
21.2ALC1.4	29		35		-)-15-20-21	(-)66-29-[95]	100					-0'2	
21.2ALC1.3						(-)——60-[	79	168			58	-0'22	
21.2ALC1.2	35		45		-)-20-28-30	(-)41-63-[104]							
21.2ALC1.1 media	32		40		-)-17-24-26	(-)53-50-[100]	90	168			58	-0'2	

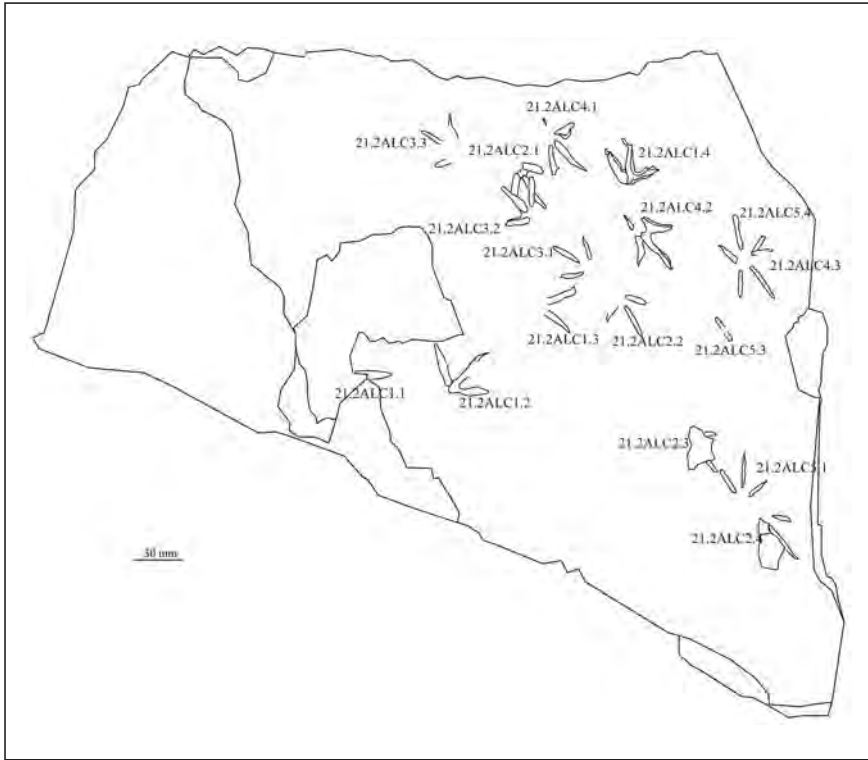
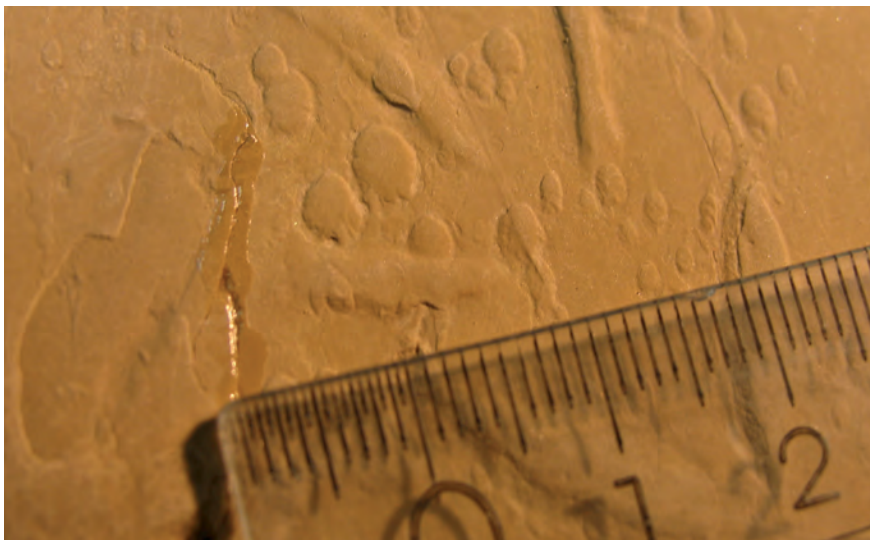
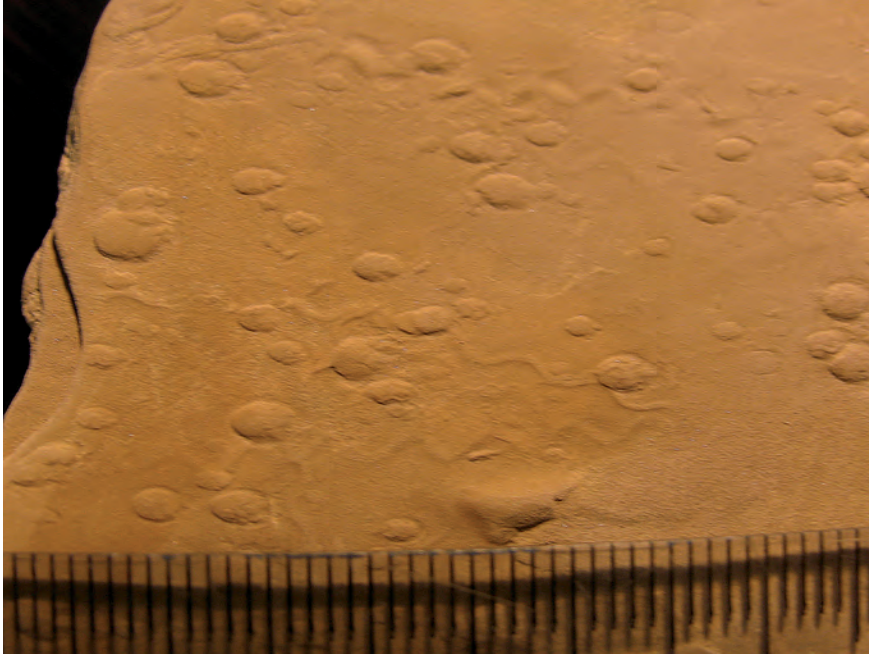


Fig. 37. Rastrilladas de 21.2ALC.



Fot. 25. 21.2ALC3.1 posterior a las marcas de gotas de lluvia.



Fot. 26. Superficie 21.2ALC. *Cochlichnus* anterior a las marcas de gotas de lluvia, que están alargadas paralelamente. Sentido del impacto hacia la derecha.

- Marcas de dedos: delicados, acuminados, con almohadillas levemente señaladas.
- Otras estructuras: varias icnitas tienen rebabas que contornean casi paralelamente la línea de contorno de los dedos.

#### 21.2ALC2

- Contenido: cuatro icnitas que interfieren con otras o están tapadas por otros niveles.
- Pisadas: pequeñas, estrechas, tridáctilas, de divergencia dactilar no clara y separadas proximalmente.
- Marcas de dedos: delicados, acuminados con almohadillas levemente señaladas.

#### 21.2ALC3

- Contenido: tres icnitas con línea de contorno, excepto en la tercera, claras a pesar de las interferencias con otras.
- Pisadas: pequeñas, estrechas, tridáctilas, de divergencia pequeña, con dedos separados proximalmente.
- Marcas de dedos delicados.

#### 21.2ALC4

- Contenido: tres icnitas con línea de contorno continua excepto la tercera que interfiere con otras.
- Pisadas: pequeñas, estrechas, tetradáctilas, anisodáctilas, de divergencia no clara, con dedos separados proximalmente y hallux asimétrico angular.
- Marcas de dedos: delicados, acuminados, con almohadillas ligeramente señaladas.

#### 21.2ALC5

- Contenido: tres huellas; probablemente falta la impresión de la segunda.
- Pisadas: pequeñas, tridáctilas, de divergencia angular pequeña, con dedos separados proximalmente.
- Marcas de dedos delicados, acuminados.

#### 21.2ALC6 a 21.2ALC12

- Contenido: cinco huellas aisladas varias incompletas. Es posible que 21.2ALC7, 21.2ALC8 y 21.2ALC9 formen parte de una rastrillada.
- Pisadas: pequeñas y anchas en general, tridáctilas, probablemente todas con dedos separados proximalmente.
- Marcas de dedos delicados, acuminados.

#### 2.2.20. FRAGMENTO DE ROCA 22ALC

##### **Superficie 22.1ALC** (Figura 38. Tabla 11)

36 pisadas que forman huecos en el techo del nivel más alto del fragmento. Sobre la misma superficie hay rizaduras de corriente similares en tamaño y forma a las descritas en 19.1ALC.

##### 22.1ALC1 (Figura 39)

- Contenido: tres huellas incompletas o con interferencias.
- Pies: pequeños, anchos, tetradáctilos anisodáctilos, de divergencia pequeña, dedos separados proximalmente y marca de hallux circular, probablemente asimétrico.
- Dedos: delicados, acuminados con señales de almohadillas, a lo largo del dedo II de 22.1ALC1.3 hay una estría producida por la uña en su desplazamiento durante la fase K.
- Rastrillada muy estrecha.

##### 22.1.ALC2 (Figura 39)

- Contenido: tres huellas que interfieren con otras.
- Pies: pequeños, anchos, probablemente tetradáctilos anisodáctilos, de divergencia baja, marca de hallux pequeña y asimétrica.



Fig. 38. Superficie 22.1ALC.

- Dedos: delicados, acuminados, con señales de almohadillas, a lo largo de algunos hay una estría producida por la uña durante la fase K.
- Rastrillada: muy estrecha.

#### 22.1ALC3 (Figura 39)

- Contenido: cuatro huellas que interfieren con otras.
- Pies: diminutos, anchos, tridáctilos, de divergencia grande, dedos separados proximalmente.
- Dedos: delicados, acuminados, en algún caso con estrías dejadas por las uñas, que recorren el centro de la marca de los dedos.
- Rastrillada muy estrecha.

#### 22.1ALC4 (Figura 39)

- Contenido: cuatro huellas, dos completas.

TABLA 11.  
DATOS MORFOMÉTRICOS DE LAS HUELLAS DEL FRAGMENTO 22.ALC

	Longitud de la pisada (sin hallux)	Longitud de la pisada (con hallux incluido)	Anchura de la pisada	Dimensiones de la almohadilla central de la huella	Longitud de los dedos I-III-IV	Ángulo entre los dedos II, III, III-IV y II-IV	Longitud de zancada	Ángulo de paso	Orientación de la pisada	Amplitud de rastrillada	Luz de rastrillada	Longitud relativa de la huella	Anchura relativa de la rastrillada
22.1AIC27													
22.1AIC26													
22.1AIC25													
22.1AIC24	28		36		-)-22- (—)——[85]							-0'31	
22.1AIC22													
22.1AIC21	27	39	29		4)-18-21-17 (144)-39-46-[85]							-0'07	
22.1AIC20													
22.1AIC19													
22.1AIC18													
22.1AIC17	25		28		-)-18- (—)——[86]							-0'11	
22.1AIC16	28		33		-)-17- (—)——[78]							-0'15	
22.1AIC15													
22.1AIC14	26		40		-)-20- (—)——[122]							-0'35	
22.1AIC13	30		27									0'11	
22.1AIC12													
22.1AIC11													
22.1AIC10	27		28		-)-21- (—)——[60]							-0'03	
22.1AIC9	29		36		-)-19- (—)——[95]							-0'19	
22.1AIC8													
22.1AIC7													
22.1AIC6	25		46		-)-22- (—)——[125]							-0'46	
22.1AIC5													
22.1AIC4.4													
22.1AIC4.3	24		23		-)-18- (—)45-27-[72]		31					0'04	0'17
22.1AIC4.2	25		25		-)-13-21-17 (—)50-28-[78]		34	147	4	4		0	0'16
22.1AIC4.1	25		28	2x2	-)-15-19-17 (—)40-40-[80]		40	154	-18	4	22	-0'18	
media	24		25	2x2	-)-17-11 (—)51-36-[87]		55	150	-7	4	22	-0'03	0'16
22.1AIC3.4	23		41	4x4	-)-15-19-15 (—)46-32-[80]		55	67					
22.1AIC3.3	25		40		-)-18-20- (—)60-—[—]		53						
22.1AIC3.2	24		40		-)-22-—19 (—)51-51-[102]		46	96	-11	6		-0'36	0'15
22.1AIC3.1	24		37		-)-14-19-22 (—)56-43-[99]		33	134	10	7	53	-0'4	0'17
media	24		40	4x4	-)-110- (—)——[110]		44	85	-1	6	53	-0'38	0'16
22.1AIC2.3	28		35		-)-18-20-20 (—)56-47-[105]		67					-0'2	
22.1AIC2.2	34		28		-)-20-23-14 (—)48-43-[91]		56	125	18	0	34	0'21	0
22.1AIC2.1	31		35		-)-22-33-20 (—)36-35-[71]		84	180				-0'11	
media	31		33		-)-18-26-20 (—)42-45-[87]		61	125	18	34		-0'03	0
22.1AIC1.3	27		36		-)-20-27-18 (—)42-41-[73]		78	158				-0'25	0'34
22.1AIC1.2		34	29		-)-20-24-23 (—)51-40-[91]		84	152	-2	10	53		
22.1AIC1.1			33		-)-20-23-16 (—)32-45-[77]		158	152					
media	27	34	36		-)-20-24-20 (—)32-42-[84]		81	152	-2	10	53	-0'25	0'34

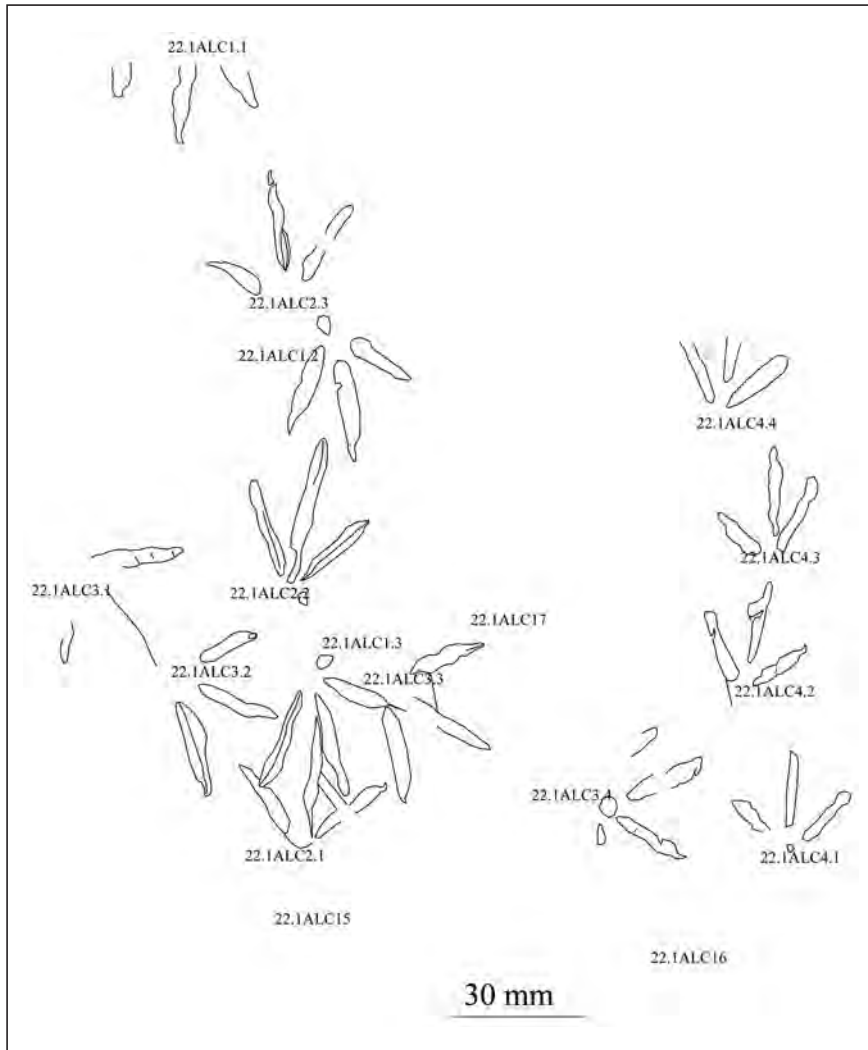


Fig. 39. Rastrilladas en 22.1ALC.

- Pies: diminutos y anchos, tridáctilos, divergencia baja, dedos separados proximalmente.
- Dedos: delicados, acuminados, con marcas de almohadillas.
- Rastrillada muy estrecha.

22.1ALC5 a 22.1ALC27 (Figura 40)

- Contenido: 23 señales de entre las cuales se distinguen muy bien algunas pisadas tridáctilas (22.1ALC9, 22.1ALC21, 22.1ALC24, ...); otras



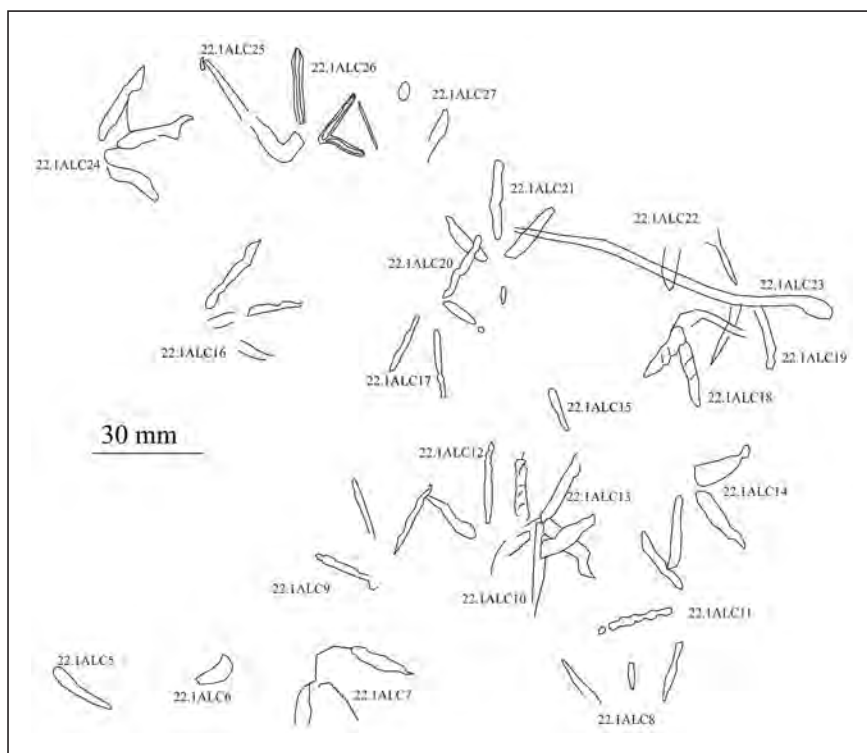


Fig. 40. Icnitas aisladas en 22.1ALC.

pueden ser pisadas incompletas o marcas producidas por otro tipo de animales (22.1ALC23).

- Pies y dedos: Aunque se distinguen icnitas con marca de hallux y tri-dáctilas, aparentemente todas con marcas de dedos no unidas proximalmente, no se puede generalizar ni extraer conclusiones.

### 2.3. Tipos de pisadas

Las marcas que se observan tanto en el techo como en el muro de los fragmentos de roca pueden ser de varios tipos. Algunas proporcionan datos reales sobre la forma y dimensiones de los pies que las producen con lo cual serían verdaderas réplicas de los autopodios (estampas y algunos contramoldes); el resto son réplicas falsas de los autopodios. Todos los tipos analizados en este trabajo se describen a continuación.

#### 2.3.1. TIPOS DE PISADAS EN EL TECHO

En el techo de las capas se encuentran cinco tipos diferentes de huellas:

- las sobrehuellas

- las estampas
- las que tienen estructuras directas
- las que se deforman posteriormente a su impresión
- los calcos

Son sobrehuellas aquellas en las que el nivel en el que se ven es un nivel superior al de la estampa. Son copias producidas por una lámina algal que se adhiere. Puede reproducir como un guante perfectamente adaptable las estructuras de la pisada o simplemente marcar los bordes de la misma.

Las estampas son estructuras directas que son réplica fiel de la suela que se apoya sin ningún tipo de movimiento que la deforme. El único movimiento del pie que interviene es el vertical que produce presión perpendicular a la superficie de marcha.

Las que tienen estructuras directas pero que no son estampas se producen por movimiento del conjunto del pie o de alguno de sus elementos:

- a) en ocasiones el pie se mueve con componente horizontal deformando el barro de la superficie de marcha,
- b) las icnitas de las superficies 8.1ALC1, 11.1ALC1 definidas como *Alaripeda logfreni* (Sargeant y Reynolds, 2001) se forman cuando el pie atraviesa la superficie de estudio penetrando en capas inferiores;
- c) Las uñas también dejan grabadas estrías generalmente durante la fase W.

Hay estructuras inherentes a las propias pisadas debidas a las propiedades físicas del suelo (fluidez, baja coherencia, adherencia) que modifican las huellas (gotas de barro, colapso de las paredes, cordones de adherencia).

Los calcos son huellas que se conservan pero en una capa inferior a la superficie de marcha.

### 2.3.2. TIPOS DE PISADAS EN EL MURO

En el muro se observan tres tipos de pisadas

- Las que tienen estructuras directas
- los calcos
- los contramoldes

Las que tienen estructuras directas son aquellas que tienen estrías y brechas de fondo a lo largo de la suela de dedos. Lo que indican es que el muro que las contiene también fue atravesado por el pie al producirse la pisada.

Los calcos son las formas producidas por la deformación del muro que se observa. La pisada se produjo por encima del muro.

Los contramoldes son los rellenos de los huecos de las huellas. No son estructuras directas porque la piel del dinosaurio nunca ha estado en contacto con los sedimentos que rellenan el hueco, aunque la reproducción de la piel es a veces mucho más perfecta que la que se encuentra en estampas.

## 2.4. Morfotipos falsos

### 2.4.1. MEMBRANAS INTERDIGITALES Y RETROVERSIÓN DACTILAR

Desde hace poco tiempo se estudian ciertas formas que se consideraban la reproducción de la suela del pie y que actualmente se ha demostrado que se originan durante el momento de impresión de la pisada, pero que dependen del movimiento del pie en el barro y de las propiedades físicas de éste. Uno de los ejemplos es el de las membranas interdigitales citadas en la literatura para muchas pisadas de aves. Según experimentos (Maning, 2004; Falkingham *et al.*, 2009) se ha demostrado que la formación de tales “membranas” depende de factores independientes de la anatomía del autopodio (ángulo de entrada en el suelo, profundidad de penetración, propiedades físicas del suelo, ángulo interdigital). Aunque de las muestras ALC no hemos obtenido datos para apoyar el origen extramorfológico de las “membranas” resulta de interés citar dos particularidades. La primera es que todas estas estructuras están en calcos (no en contramoldes) en el muro de las capas, excepto en 1.2ALC5 y 19.1ALC1.3 (Fotografías 18 y 20). La segunda es que ambas icnitas son excepciones (ambas son únicas en las superficies en las que están 19.1ALC1.3 pertenece a una rastrillada con cinco icnitas, de las que las cuatro restantes no tienen marca de membrana y 1.2ALC5 muestra evidencias de movimiento del pie que modifican la forma de la huella).

Otra de las formas aparentes es la divergencia falsa entre los dedos externos II-IV. En algunos casos acentuada por el deslizamiento del pié hacia adelante, lo cual adelanta los hipex respecto a la punta de los dedos y produce la retroversión dactilar o adelantamiento de la marca de la parte proximal de los dedos externos (Boutakiout *et al.*, 2006).

No se consideran por lo tanto las uniones interdactilares de calcos y, o contramoldes vistas en este estudio, como indicadoras de membranas interdigitales.

### 2.4.2. CANTIDAD DE SUELA APOYADA

Es conocida la diferencia de formas y de elementos que se imprimen en una pisada en función de la profundidad a la que penetra el pie. La misma ave produce marcas en las que se imprimen almohadillas separadas a lo largo de tres dedos hasta huellas tetradáctilas con dedos continuos. En las icnitas de ALC si hay penetración en el barro siempre muestran hallux incumbente.

En conclusión, las icnitas que atraviesan los niveles sedimentarios tienen:

- a) siempre la marca del hallux, lo cual no indica que esté a la misma altura que la suela de los dedos. No se deben considerar diferentes icnopoyetas los que dejan la marca del hallux en estas huellas que los que no los dejan en las icnitas poco profundas. Los únicos datos de valor icnotaxonómico relativo de estas huellas son la longitud y anchura de las pisadas.

- b) siempre unidos los dedos en su parte proximal. No se deben considerar diferentes icnopoyetas los que están unidos proximalmente en estas huellas de los que muestran almohadilla central prominente o marca de los dedos separada proximalmente sobre suelo duro.

Esto quiere decir que la mayor parte de las icnitas no son buenas para la icnotaxonomía. Se clasificarán solo aquellas que no penetraron en el suelo cuando lo hollaron.

## 2.5. Posibles icnopoyetas

### 2.5.1. CARACTERES ICNOTAXONÓMICOS DE ALC

#### **Caracteres icnotaxonómicos comunes**

Algunos de ellos son comunes a todas las icnitas presentadas: el primero es el tamaño de las huellas (Figura 41) que se extiende en y entre los campos de diminutas a pequeñas; todas tienen dedos delicados; son más anchas que largas (valor negativo de la longitud relativa de la huella,  $[l-a]/a$  siendo  $l$  la longitud y  $a$  la anchura de la pisada) excepto en algún caso que son casi de la misma dimensión (valor muy próximo a 0).

El ángulo de divergencia dactilar II^IV es más variable, aunque en la mayor parte de los casos es grande (mayor de 100°). No hay datos que apoyen la disimetría de los dedos laterales (ni angular, ni de longitud) por lo que quizá esto indique que las icnitas son simétricas de longitud y angulares.

Las posibles membranas se deben eliminar porque solo se encuentran estas estructuras en calcos en la parte de muro de los fragmentos. Ni los contramoldes, que están en la misma posición (muro de los fragmentos) ni los huecos y sobrehuellas (techo de los fragmentos) tienen estas estructuras.

#### **Caracteres icnotaxonómicos diferentes**

La primera separación es la que tiene en cuenta el número de dedos. En la Tabla 12 están separadas las icnitas tetradáctilas de las tridáctilas.

Las tridáctilas son las más homogéneas porque ninguna tiene almohadilla central prominente y casi todas tienen la parte proximal de los dedos separados.

Las icnitas tetradáctilas tienen la marca del hallux muy pequeña –hay rastrilladas en las que solo una parte de las pisadas muestran el hallux–. También predominan las marcas con la parte proximal de los dedos separada, aunque hay algunas unidas proximalmente. A diferencia de las icnitas tridáctilas, hay rastrilladas con marca prominente de la almohadilla central. Lockley *et al.*, (1992) dicen que el hallux y la almohadilla metatarsiana son comunes en las aves de manera que solo en un porcentaje pequeño de pisadas de ave no quedan impresos tales elementos.

Casi todas las icnitas tienen dedos, no solo delicados, sino extraordinariamente finos. De esta norma se separan las icnitas de la rastrillada 20.2ALC1 de las demás porque tienen la zona medial-distal del dedo III engrosada por lo que parecen dos almohadillas dactilares (Fotografías 22 y 27).

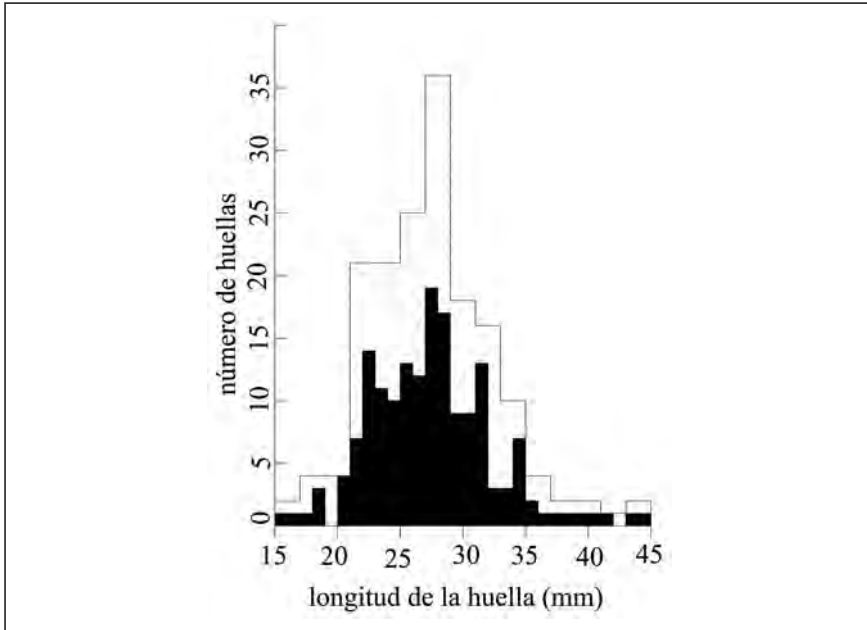


Fig. 41. Número de huellas en función de la longitud: en negro tomando intervalos de 1 mm de longitud de la pisada; rayado si el intervalo considerado es de 2 mm.



Fot. 27. La icnita grande (20.2ALC1.3) es un calco (niveles que envuelven la icnita) y un contramolde (relleno de la parte medial-distal del dedo III). La icnita pequeña (20.2ALC2.2) es un calco con “membrana interdigital”.

**TABLA 12.**  
**DATOS BIOMÓRFICOS SELECCIONADOS DE RASTRILLADAS Y HUELLAS SUELTAS**

Rastrillada	Número de dedos	Unión proximal de los dedos	Almohadilla central prominente	Observaciones
1.2A1C1	4	separados	falta	hallux no se imprime en todas huellas; hallux pequeño
1.2A1C2	4	separados	si y falta	la almohadilla central no se imprime en todas las huellas; hallux pequeño
1.2A1C3	4	separados y unidos	si y falta	hallux pequeño, incumbente
2.2A1C1	4	separados	falta	hallux no se imprime en todas las huellas; hallux pequeño
3.1A1C1	4	separados	si	hallux pequeño
19.1A1C1	4	unidos	falta	hallux incumbente
19.1A1C2	4	separados	falta	hallux pequeño
19. A1C3	4	separados	falta	hallux pequeño, una icnita sin marca de hallux
21.2A1C4	4	separados	falta	hallux pequeño
22.1A1C1	¿4?	separados	falta	hallux pequeño, solo en una icnita
22.1A1C2	¿4?	¿separados?	falta	hallux pequeño, solo en una icnita
1.2A1C3	3	separados	falta	
2.1A1C	3	separados	falta	
2.2A1C2	3	separados	falta	
2.2A1C3	3	separados	falta	interpretación poco sustentada
3.1A1C3	3	unidos	falta	
3.1A1C3	3	separados	falta	
3.2A1C	3	unidos	falta	calcos
4.1A1C1	3	unidos	falta	
5.1A1C	3	separados	falta	
10.2A1C	3	¿separados?	falta	contramoldes
18.2A1C	3	unidos	falta	contramolde
20.1A1C	3	unidos	falta	
21.1A1C	3	separados	falta	
21.2A1C1	3	unidos	falta	
21.2A1C2	3	separados	falta	
21.2A1C3	3	separados	falta	
21.2A1C5	3	separados	falta	
22.1A1C3	3	separados	falta	
22.1A1C4	3	separados	falta	
22.1A1C3	3	separados	falta	
22.1A1C3	3	separados	falta	
22.1A1C4	3	separados	falta	
22.1A1C3	3	¿separados?	falta	en muchas icnitas se reconoce la separación proximal de los dedos
3.1A1C2	3	dudosa	dudosa	
3.1A1C3	dudosa	unidos	dudosa	

Las siglas a las que les sigue una "s" indican las huellas aisladas. Por ejemplo 21.1A1C3 es el grupo constituido por las icnitas no asociadas a ningún rastro del techo del fragmento 21.A1C.

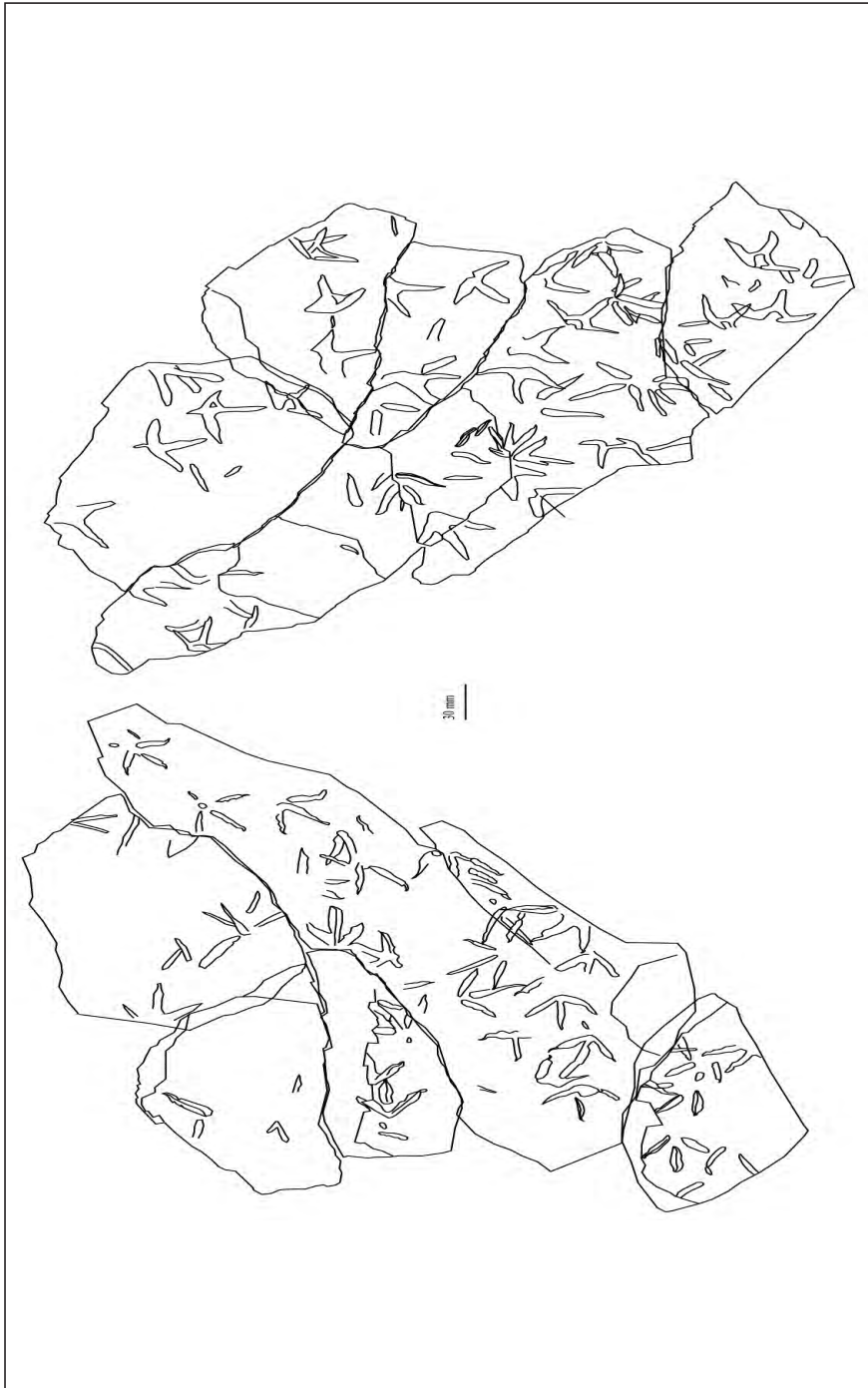
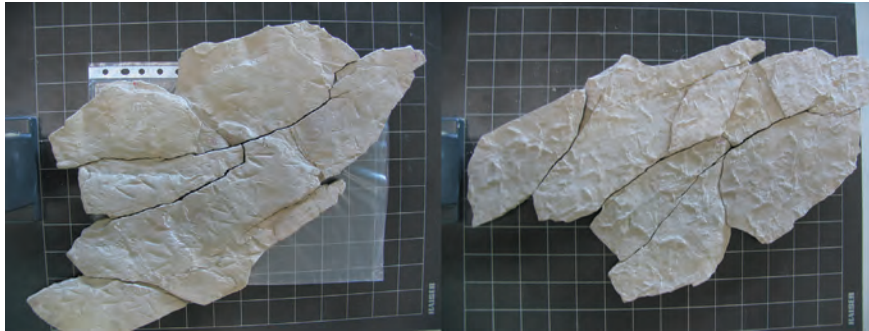


Fig. 42. Composición de los fragmentos 3ALC, 4ALC, 5ALC, 6ALC y 7ALC.



Fot. 28. Encaje de los fragmentos 3ALC, 4ALC, 5ALC, 6ALC y 7ALC. La luz del cuadrículado es de 30 mm.

**TABLA 13.**  
**NOMENCLATURA DE ICNITAS Y RASTRILLADAS**

Tamaño (longitud de la huella)	anisodáctila		tres dedos delante uno atrás			
0-25      diminuta	cigodáctila		II, III delante; I, IV detrás			
25-50      pequeña	heterodáctila		III, IV delante; I, II detrás			
50-75      mediana	sindáctila		II, III unidos			
75-100      grande	pamprodáctila		I, IV pivotantes			
100-125      muy grande	(I-a)/a	<-0,5	-0,5	0	1	>1
>125      enorme	pie	muy ancho	ancho		estrecho	muy estrecho
longitud dedo/anchura dedo	marca de hallux separada/unida (elevado/incumbente)					
delicados <4      4>medios>3	totipalmeada		membrana distal I, II, III, IV			
divergencia II*IV	bipalmeada distal		membrana distal II, III, IV			
grande > 100°	bipalmeada mesial		membrana distal II, III, IV			
pequeña < 100°	bipalmeada proximal		membrana distal II, III, IV			
	monopalmeada		membrana proximal II, III			
simétrica			marca de dedos unida proximalmente			
asimétrica de longitud _____ longitud II ≠ IV			marca de dedos separada proximalmente			
asimétrica angular _____ II*III ≠ III*IV			almohadilla central prominente			
asimétrica lateral del hallux _____ I paralelo a III pero desplazado			tamaño de las marcas			
asimétrica angular del hallux _____ I oblicuo a III			en general I < II < IV < III			

A raíz de la descripción, no parece que haya criterios de envergadura suficiente para separar con cierto grado de confianza, varios icnotaxones. Cabe la posibilidad de separar tres que serían los siguientes: icnitas tetradáctilas, icnitas tridáctilas de dedos finos y, el tercero de icnitas tridáctilas con almohadillas anchas al menos en la parte medial-distal del dedo III.



### **Los icnopoyetas**

James (2005) dice que los fósiles de aves neógenas se parecen tanto a las actuales que los que no se pueden atribuir a especies y géneros modernos sí se pueden incluir en taxones de familias con elevado grado de seguridad. Esta hipótesis de trabajo la han aplicado todos los autores que han estudiado las icnitas de ave terciarias, por lo que nos sumamos a la misma.

Según el estudio de Brown *et al.* (2003) en las aves actuales el tamaño de las huellas, la colocación de los dedos y las membranas interdigitales son criterios básicos de clasificación. Tienen también gran importancia el grosor relativo de los dedos y el ángulo de divergencia. Obviamente, la simetría y la unión o separación en el metatarso de los dedos son igualmente caracteres taxonómicos. Los primeros (tamaño, colocación de los dedos y membranas interdigitales) son independientes de la profundidad de las huellas, y por lo tanto de enorme interés en paleoicnología, porque se mantienen.

Cuando en las agrupaciones grandes de pisadas, como es nuestro caso, hay variaciones entre ellas, una gran parte se deben a la interacción entre los autópodos y el barro. En profundas se marca el hallux en todas, se modifica la longitud y forma de los dedos y el ángulo interdactilar, por lo que la mayor parte de los caracteres anteriores no se pueden aplicar para identificar morfotipos anatómicos. A pesar de que algunos autores consideran que las agrupaciones de pisadas estudiadas por ellos pertenecen a los mismos icnopoyetas y que las diferencias son variaciones extramorfológicas, nosotros no participamos del mismo criterio. Es posible que, en algún caso, sean ciertas las atribuciones, pero eso supone una afirmación subjetiva basada en posibilidades no demostradas.

Las huellas de Alcanadre son de diminutas a pequeñas (Figura 41) –entre 27 y 28 mm está el mayor número de pisadas– tridáctilas o tetradáctilas anisodáctilas, y sin membranas interdigitales. Los dedos son delicados, es decir muy delgados, y la divergencia dactilar suele ser grande o próxima a 100°. Todas las icnitas descritas en este trabajo tienen los caracteres de aves limícolas. (Charadriiformes o Rallidae)

Covacevich *et al.* (1970) calculan que serían aves de unos 15 cm de largo las que dejan icnitas similares de (22 mm de longitud de pie sin hallux y 29 mm con el hallux incluido). Dicen también que los Charadriiformes que no poseen membranas interdigitales, si tienen dedo posterior, este es muy corto. Por otro lado, estas aves no apoyan por completo el dedo posterior en el suelo por encontrarse situado por encima del plano que forman los tres restantes. Rallidae (Gruiformes) son aves pequeñas y cosmopolitas. Habitan de preferencia en lugares húmedos, como pantanos y lagunas con abundante vegetación, sus patas terminan siempre en cuatro dedos siendo los tres anteriores bien desarrollados y el posterior corto y en general un poco elevado.

### 3. RECOPIACIÓN DE ESTRUCTURAS

Además de las mencionadas relativas al tipo general de huellas de aves que se encuentran (sobrehuellas, estampas, calcos, contramoldes) se han citado también las referentes a otros animales (*Coclichmus* y marcas de natación de un pez) y otras no identificadas (pequeños surcos en 1.2ALC, 22ALC).

Se han reconocido estructuras producidas durante la formación de la pisada (deslizamiento durante la fase T, rebabas durante la fase W y retroversión angular y salida lateral de los dedos durante la fase K) y algunas cuya génesis se extiende por varias fases (pliegues de arrastre, cicatrices y brechas de fondo, retroversión dactilar). Se incorporan como posibles estructuras de deformación las de ciertas “membranas interdigitales” por la naturaleza de las huellas en las que se encuentran y a raíz de los estudios recientes sobre las deformaciones producidas por las pisadas.

También hay relacionadas con la deformación física de barro por colapso y por caída de “gotas” de barro muy fluido en el interior del hueco de una huella.

Finalmente hay estructuras que hemos relacionado con las propias aves, aunque no están producidas por sus autópodos, que son las marcas de picoteo y unas franjas de estrías finas (Figura 4, Fotografías 9 y 12) paralelas que quizá correspondan con marcas de arrastre de plumas.

### 4. CONCLUSIONES

Las pisadas no son la marca simple de un pie que se apoya sino que tienen un cortejo de estructuras que dependen en una primera apreciación, además de lo anterior, de la forma del pie y la profundidad de la huella.

Las estructuras de deformación del barro se pueden asociar con las fases de la pisada y con las propiedades físicas (comportamiento) del barro.

No se deben correlacionar con icnotaxones descritos si no se tiene la seguridad de que en los estudios se han examinado las falsas apariencias y estructuras engañosas debidas a la deformación del barro.

El conjunto de icnitas descrito, a pesar de la variedad biomórfica de pisadas, no permite distinguir más de un tipo de ave formadora de las huellas.

### GLOSARIO

Algunas de las palabras que definen conceptos son relativamente nuevas en el lenguaje de la paleoicnología, o son traducciones de términos de idiomas extranjeros, que todavía no se han generalizado. A continuación se indican aquellas que a los autores les parece que son poco conocidas. Los lectores no expertos en esta ciencia tienen un diccionario de términos icnológicos en Leonardi (1987).

- Brecha de fondo*. (Boutakiout *et al.*, 2006). Fragmentos rotos y desordenados colocados en el fondo de las marcas de los dedos, producidos por el movimiento del pie en los sedimentos.
- Calco*. Estructuras similares a huellas en niveles inferiores a la superficie de marcha, inducidas por las huellas.
- Cicatriz de fondo* (Pérez-Lorente, 2003). Incisión larga, estrecha, colocada generalmente en el centro de los ejes de los dedos y, o del metatarso, resultado del cierre del lodo después del paso hacia abajo del pie.
- Colapso de barro* (Romero Molina *et al.*, 2001). Caída o flujo de barro de las paredes de la huella hacia el interior que conducen al estrechamiento y disminución de las dimensiones de los huecos, llegando incluso a su occlusión.
- Estampa* (Requeta *et al.*, 2006). Es la estructura directa que reproduce fielmente la parte inferior del autopodio.
- Estructura directa* (Gatesy, 2003). Son las estructuras que se forman en el contacto con la pies del dinosaurio.
- Estructura indirecta* (Gatesy, 2003). Cualquier estructura de una pisada inducida por el pie y que no contacta con la piel.
- Hueco* (Allen, 1997). Depresión de la pisada bajo la superficie. Es una estructura directa que puede afectar a la superficie de marcha y a otras situadas por debajo de ella.
- Knopoyeta* (Pérez-Lorente *et al.*, 2007). Animal autor de la icnita.
- Línea de contorno*. (Thulborn, 1990, Boutakiout *et al.*, 2006). Línea que delimita la huella y que sirve para representar su forma básica y su tamaño. Línea teórica de tangencia del techo de la capa sedimentaria antes y después de la deformación producida por la pisada.
- Retroversión dactilar* (Boutakiout *et al.*, 2006). Disposición retrasada de la parte media de los dedos laterales II y IV. Esta forma se produce porque tras la entrada en el barro de la parte delantera de los dedos, el pie sigue deslizando hacia adelante. Esto implica que la cicatriz de entrada de la parte proximal del talón
- Superficie de estudio* (Requeta *et al.*, 2006). Es la superficie actual en la que se observan las huellas y sobre la que se hace el estudio.
- Superficie de marcha* (Fornós *et al.*, 2002). Superficie superior del suelo sobre la que camina el vertebrado. La piel del dinosaurio contacta con esta superficie..

## BIBLIOGRAFÍA

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

- Beroiz, C., Castiella, J., Del Valle, J. 1977. *Mapa Geológico de España. E. 1:50.000, Hoja nº 205 (Lodosa)*. I.G.M.E. Hoja y memoria.
- Boutakiout, M., Hadri, H., Nouri, J., Caro, S., Pérez-Lorente, F. 2006. The syngenetic structure suite of dinosaur footprints in finely laminated sandstones. Site nº 1 of Bin El Ouidane (1BO; Central Atlas, Morocco). *Ichnos*. (13), 39-42.
- Brown, R., Ferguson, J., Lawrence, M., Lees, D. 2003. *Huellas y señales de las aves de España y de Europa* Ed. Omega, 334 pp.
- Casanovas, M.L., Fernandez, A., Pérez-Lorente, F. Santafé, J.V. 1989. *Huellas de dinosaurios de La Rioja. Yacimientos de Valdecevilla, La Senoba y de la Virgen del Campo*. I.E.R. *Ciencias de la Tierra*. (12), 1-190.
- Castiella, J., Del Valle, J. 1976. *Mapa Geológico de España, E.:1:50.000. Hoja nº 204. (Logroño)*. I.G.M.E. Hoja y memoria.
- Covacevich, V., Lamperein, C., 1970. Hallazgo de icnitas en Península Fildes, Isla Rey Jorge, Archipiélago Shetland del Sur, Antártica. *INACH. Serie científica*. (1), 55-74.
- De Valais, S., Melchor, R.N. 2008. Ichnotaxonomy of bird like footprints: an example from the Late Triassic-Early Jurassic of northwest Argentina. *Journal of vertebrate paleontology*. (28), 145-19.
- Ellenberger, P. 1974. Contribution a la classification des pistes de vertébrés du Trias: les types du Stormberg d'Afrique du Sud (II<sup>ème</sup> partie: le Stormberg supérieur. I Le biome de la zone B<sub>11</sub> au niveau de moyeni: ses biocenosis). *Palaeovertebrata*, (Mem. Extr.), 1-170.
- Erickson, B.R. 1967. Fossil bird tracks from Utah. *Museum Observer*, Science Museum of Minnesota St. Paul Minn. (5), 6-12. (reedición de Sarjeant)
- Falkingham, P.L., Margretts, L., Smith, I.M., Manning, P.L. 2009. Reinterpretation of palmate and semi-palmate (webbed) fossil tracks; insights from finite element modelling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. (271), 69-76.
- Fornos, J.J., Bromley, R.G., Clemensen, L.B., Rodríguez-Pérez, A. 2002. Tracks and trackways of *Myotragus balearicus* Bate (Artiodactyla, Caprinae) in Pleistocene aeolianites from Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. (180), 277-313.
- 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 tracks features: what sediment did a dinosaur touch? *Ichnos*. (10), 91-98.
- Haubold, H. 1971. Ichnia amphibiorum et reptiliorum fossilium. In *Handbuch der Paläoherpetologie*. Ed. O. Kuhn, (18,18), 1-124.
- James, H.F. 2005. Paleogene fossils and the radiation of modern birds. *The Auk*. (122), 1049-1054.

- Leonardi, G. (ed). 1987. *Glosary and Manual of Tetrapod Footprint Palaeoichnology*, Dep. Nac. Prod. Miner., Brasilia.
- Lockley, M.G., Yang, S.Y., Matsukawa, M., Flemking, F., Lim, S.K. 1992. The track record of Mesozoic birds: evidence and implications. *Philosophical transactions of the Royal Society*. (336), 113-134.
- López, G., Mayoral, E., Muñoz, A., Pérez, A., Santamaría, R. 1992. Nuevas icnitas de mamíferos carnívoros en el Mioceno inferior del sector occidental de la depresión del Ebro (Logroño, La Rioja). *Revista de la Sociedad Española de Paleontología*. (5), 31-51.
- Manning, P.L. 2004. A new approach to analysis and interpretation of tracks: examples from the Dinosauria. *Geological Society Special Publication*. (228), 93-123.
- Pérez-Lorente, F. 2001. *Paleoicnología. Los dinosaurios y sus huellas en La Rioja*. Fundación Patrimonio Paleontológico de La Rioja. 227 pp.
- 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 mesozoicos de España*. F. Pérez-Lorente coord. *Ciencias de la Tierra*. (26), 161-194.
- Pérez-Lorente, F., Herrero Gascón, J. 2007. El movimiento de un dinosaurio deducido de una rastrillada terópoda con estructuras de inmersión de los pies en el barro y de arrastre de cola (Formación Villar del Arzobispo, Galve, Teruel, España). *Revista Española de Paleontología*. (22), 157-174.
- Requeta, L.E., Hernández Medrano, N., Pérez-Lorente, F. 2006-7. La Pellejera: Descripción y aportaciones. Heterocronía y variabilidad de un yacimiento con huellas de dinosaurio de La Rioja (España). *Zubía monográfico*. (18-19), 21-114.
- Romero-Molina, M.M., Pérez-Lorente, F., Rivas, P. 2003. Análisis de la parataxonomía utilizada con las huellas de dinosaurio. En *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. F. Pérez-Lorente coord. *Ciencias de la Tierra*. (26), 13-32.
- Sacchi, E. 2004. *Metodi, potenzialità e problematiche dell'ichnologia di dinosauromorfi. Lo sviluppo di un nuovo approccio metodologico*. Tesis universidad La Sapienza, Roma. Mem. inéd. 469 pp.
- Sarjeant, W.A.S., Reynolds, R.E. 2001. Bird footprints from the Miocene of California. *The changing face of the Mohave desert*. Reynolds ed. 21-40.
- Scrivner, P.J., Bottjer, D.J. 1986. Neogene avian and mammalian tracks from Death Valley National Monument, California: Their context, classification and preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. (57), 285-331.
- Thulborn, R.A. 1990. *Dinosaur Tracks*. Chapman and Hall. 1-410.
- Thulborn, R.A., Wade, M. 1989. A footprint as a history of movement. En *Dinosaurs Tracks and Traces* D.D. Gillette y M.G. Lockley eds. Cambridge Univ. Press. 51-56.

