

ESTRUCTURAS ASOCIADAS CON HUELLAS DE DINOSAURIO EN LA RIOJA (ESPAÑA).*

M^a MANUELA ROMERO MOLINA^{1,2,3}

FÉLIX PÉREZ-LORENTE^{1,4}

PASCUAL RIVAS CARRERA³

RESUMEN

Se analizan estructuras de los estratos que acompañan a las pisadas de dinosaurios fósiles de La Rioja teniendo en cuenta la respuesta de las rocas sedimentarias en su estado no compactado y después de la diagénesis. El trabajo se inicia con la descripción de las estructuras asociadas a los autopodios y que son consecuencia de sus características biomórficas. En segundo lugar se abordan las estructuras debidas a la respuesta del barro en las etapas de: contacto con el suelo y penetración del pie; levantamiento; salida; y depósito de las capas superiores. Se concluye, de acuerdo con muchos otros autores, que la clasificación de las icnitas se ha de hacer sobre tres bases: primera, el dinosaurio que las imprime; segunda, la conducta al pisar; y tercera, los procesos de deformación sedimentaria de los estratos en los que están impresas.

Palabras clave: Estructuras de barro, Pisadas fósiles, Dinosaurios. La Rioja.

The structures of the strata associated with fossil dinosaur footprints of La Rioja, are analysed taking into consideration the answer of the sedimentary rocks when they are not compacted (soft sediment) and after the diagenesis (erosional forms). The work start with the description of the marks of the autopodium structures, which are consequences of their biomorphic characteristics. In the second part, the answer of the mud are treated in the following stages: i) the contact and penetration, rai-

* Registrado el 30 de enero de 2001. Aprobado el 3 de diciembre de 2001.

1 Centro Paleontológico de Enciso. Portillo, 3. 26586 Enciso. La Rioja.

2 Instituto de Estudios Riojanos. Muro de la Mata, 8 pral. 26071 Logroño. La Rioja.

3 Universidad de Granada. Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Fuente Nueva s/n. 18003. Granada.

4 Universidad de La Rioja. Edificio Científico - Tecnológico. Madre de Dios, 51. Logroño. La Rioja.

sing and outlet of the foot in the ground; ii) the upper layers deposit. According to other many authors, we concluded that the ichnites classification have to be made with tree basses: first, the trackmaker; second, its behaviour to tread; and third, the sedimentary deformation proceedings of the strata, where the footprints are printed.

Key words: Mud structures, Footprints, Dinosaurs, La Rioja

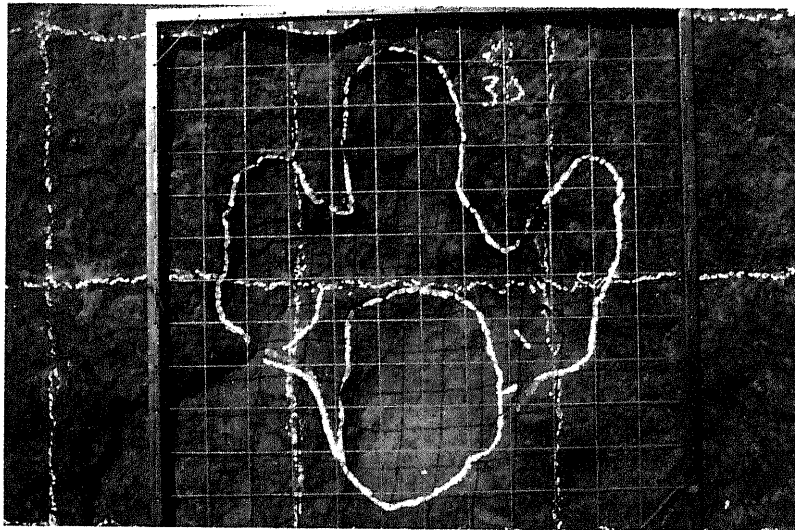


FIGURA 1A. *Huellas tridáctilas. Umbría del Portillo.*



FIGURA 1B. *Huellas tridáctilas. El Villar-Poyales.*

0. INTRODUCCIÓN

Las huellas fósiles de dinosaurio son el resultado de la deformación de los estratos debida a la interacción entre el pie de los dinosaurios y el fango del suelo. La forma depende de lo que ocurre desde el sedimento blando hasta su afloramiento en la superficie del terreno. En el inicio de la formación, una icnita depende del tipo de dinosaurio que pisa, de su conducta y de las propiedades físicas del barro del suelo. Durante la diagénesis, las rocas pierden volumen, se compactan unas más que otras, y a veces se sueldan.

En este trabajo se examina la deformación del sedimento cuando todavía es barro no cementado, y la diagénesis (algunos procesos) que influyen en la forma de las huellas fósiles de La Rioja. Casi todas las imágenes corresponden a ejemplos riojanos, aunque hay algunas de Marruecos, Francia, Asturias y Burgos que sirven para ilustrar mejor alguna de las estructuras asociadas a las icnitas.

1. LAS ICNITAS COMO RESTOS DE LA ACTIVIDAD VITAL.

En principio son la reproducción más o menos fidedigna de las formas de los autopodios de los dinosaurios, y de ello dependerá su contorno, constricciones, engrosamientos o angosturas, terminaciones en punta o redondeadas, etc.



FIGURA 2. *Huella tetradáctila. El Villar-Poyales.*

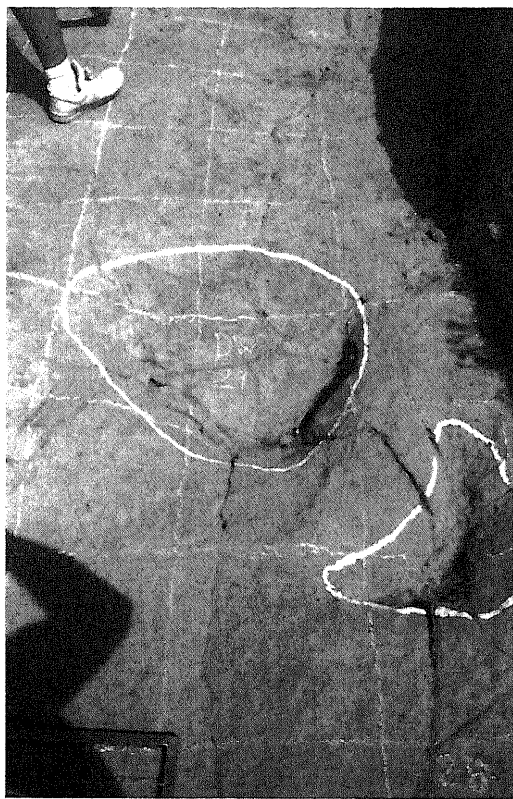


FIGURA 3. *Huellas ovalada y semilunar. Las Navillas.*

Con respecto al contorno las pisadas suelen ser tridáctilas (Fig. 1), tetradáctilas (Fig. 2), redondeadas, ovaladas o semilunares (Fig. 3), aunque como se verá hay algunas variantes que se explicarán en los apartados que siguen.

- Marcas de uñas: A veces en la punta de las improntas de los dedos queda señalada la marca de las uñas. Su forma es muy variada:

Suelen ser continuación del dedo y estar situadas en su parte distal dirigidas hacia delante. Pueden tener forma de garra (Fig. 4) o pezuña (Fig. 5).

También se encuentran dirigidas hacia atrás como uña del dedo I o hallus en huellas terópodos (Fig. 2) y las marcas de uñas de saurópodos (Fig. 6).

En ocasiones se separan de la marca del dedo, quedando como un punto o una estría al final de él. (Fig. 7).

En otros casos tienen forma de gancho divergente hacia fuera. (Fig. 8).

O forman un surco o estría longitudinal al eje de los dedos. (Fig. 9).

Por último pueden aparecer sin el resto de la marca del pie. Solamente está la señal de las tres (en ocasiones dos o una) uñas, con forma de estrías subparalelas y un montículo de barro en uno de sus extremos. (Fig. 10 y 24).

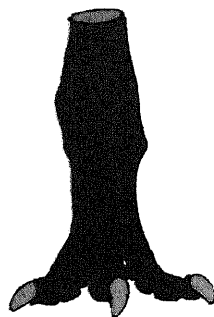


FIGURA 4. *Marca de uñas afiladas o garras y esquema del pie que las produce. Yacimiento de Valdecevillo.*

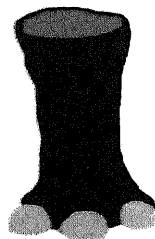


FIGURA 5. *Marca de uñas redondeadas o pezuñas y esquema del pie que las produce. Yacimiento de Valdecevillo.*

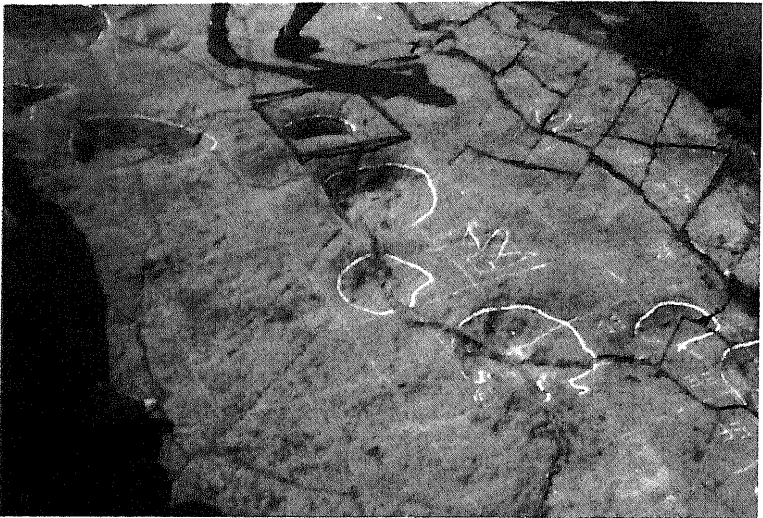


FIGURA 6. *Marcas de uñas dirigidas hacia detrás. Yacimiento de Las Navillas.*

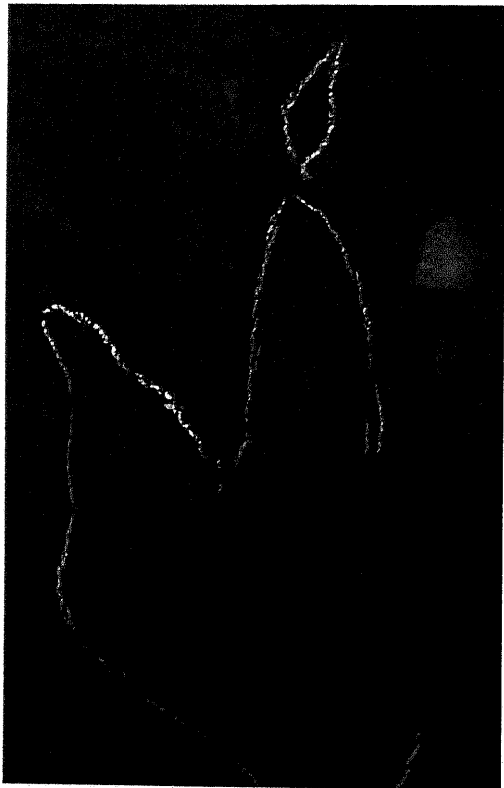


FIGURA 7. *Marca de uña separada del dedo. Camino a Treguajantes.*



FIGURA 8. *Marca divergente de uña.*
Yacimiento de La Virgen del Campo.



FIGURA 9. *Marcas de uñas formando una estría longitudinal al eje de los dedos.*
Yacimiento de Las Losas.

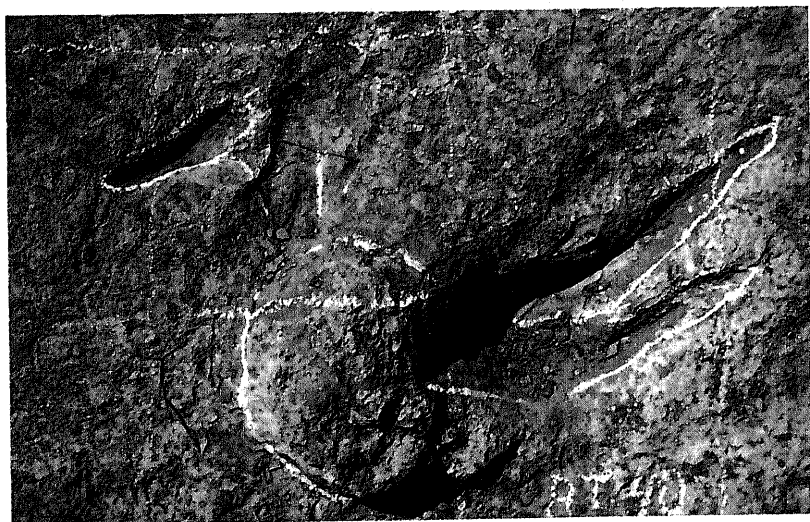


FIGURA 10. *Marcas de uñas sin señal de los dedos.*
Yacimiento de El Villar-Poyales.

- *Marcas de almohadillas*: Son marcas más o menos ovaladas o redondeadas cuyo contorno en ocasiones está bien delimitado y en otros casos se identifican solamente por constricciones laterales en los dedos. (Fig. 11 y 12).

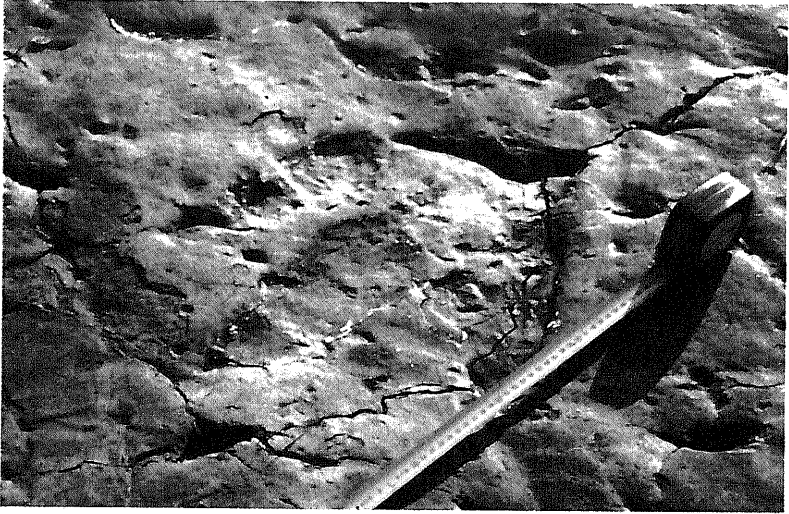


FIGURA 11. *Marcas de almohadillas. Más de una por dedo. Yacimiento de La Virgen del Campo.*

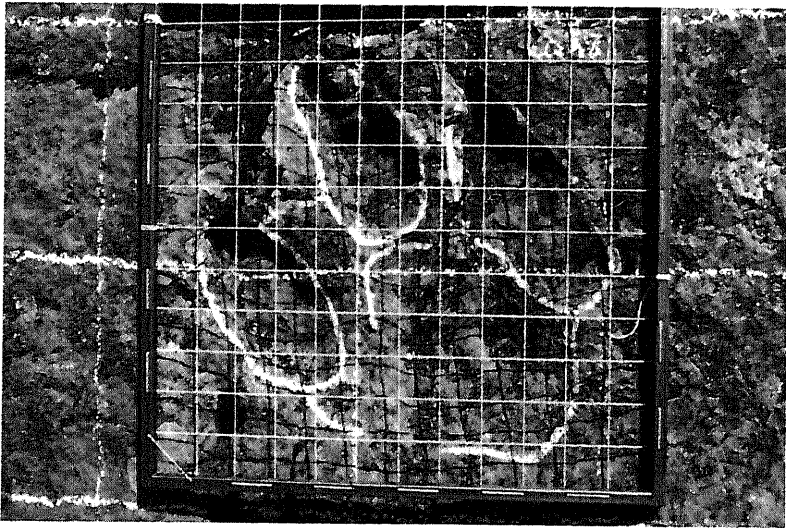


FIGURA 12. *Marcas de una almohadilla por dedo. Yacimiento de La Canal.*

- *Marca de membrana interdigital*: Estructura deprimida con respecto a la superficie del estrato y levantada con respecto al fondo de los dedos y que se sitúa entre estos uniéndolos. (Fig. 13 y 14).

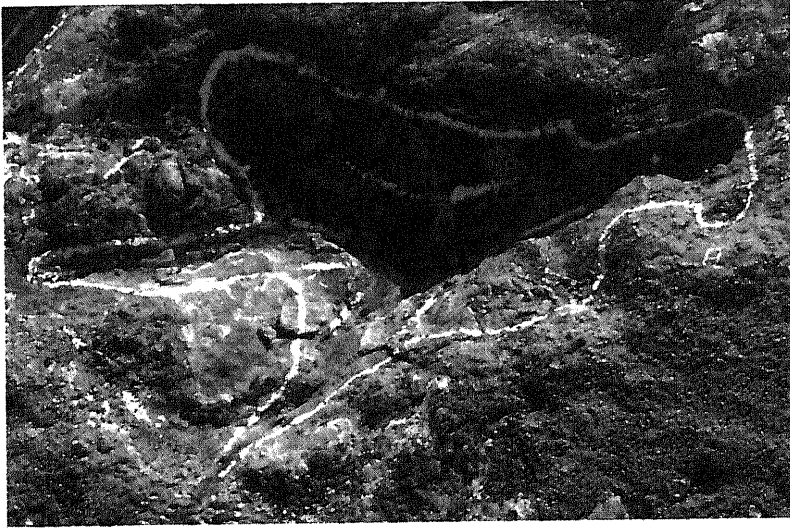


FIGURA 13. *Marca de membrana interdigital y de metatarso Teroplistigrada encensis. Yacimiento de El Villar-Poyales.*

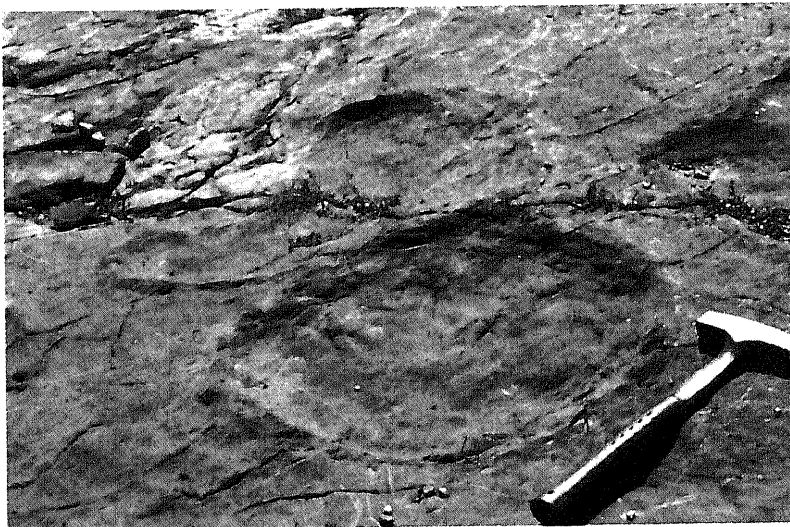


FIGURA 14. *Marca de una membrana interdigital Hadrisaurichnoides igeensis Yacimiento de la Era del Peladillo 1.*

- *Marcas del metatarso*: En algunas huellas además de la marca de los dedos II, III y IV, está la marca del metatarso, situada en la parte más proximal de la huella y la del dedo I o hallus. Se trata de huellas plantígradas. (Fig 15 y 13).

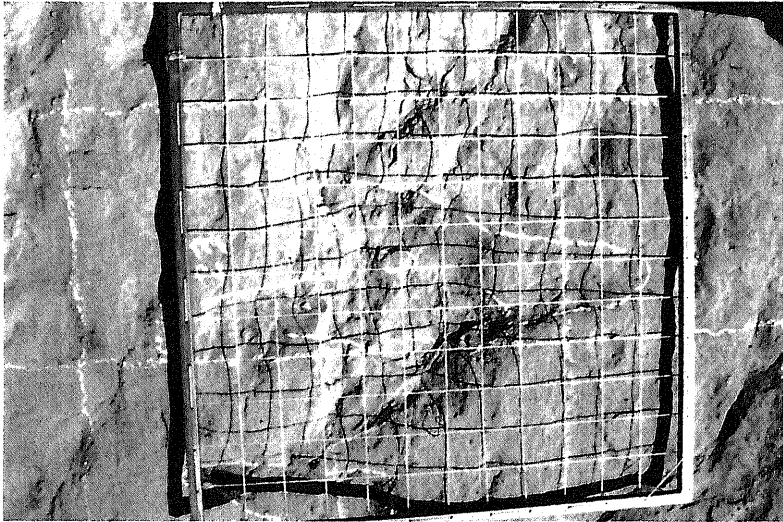


FIGURA 15. *Marca del metatarso en una huella terópoda.*
Yacimiento de Las Losas.

2. ICNITAS COMO ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN DEL SUELO.

Pero como se ha dicho también son estructuras de deformación de los estratos. Consideradas en este sentido son la consecuencia de la aplicación de presión al sustrato, que se deforma. Una vez alcanzado el equilibrio entre la presión ejercida por el pie y la resistencia del suelo, el proceso continua al salir el pie, lo que vuelve a desequilibrar el sistema. Este proceso de deformación produce una serie de estructuras que en este trabajo se han analizado en función de el tiempo en que se producen y las propiedades del barro. La tabla 1 muestra un resumen de estas estructuras.

Las etapas que se han diferenciado en el proceso de deformación son:

1- Durante la entrada del pie al suelo se producen estrías al rozar el pie o alguna de sus partes, desplazamiento de barro al desalojarse el volumen ocupado por el pie y deformación o borrado total de estructuras sedimentarias anteriores a la pisada (fases T de Thulborn et al., 1989, y fase S de Pérez-Lorente, 2001).

2- La presión ejercida por el pie se equilibra con la resistencia del barro a ser deformado. En este momento quedan fijas las marcas de estructuras del pie tales como tamaño y forma general de los dedos, almohadillas y constricciones laterales de los dedos, uñas y estructuras de la piel (Fase W de Thulborn et al., 1989).

TABLA 1.

Tiempo	Propiedades	Estructuras	
El pie penetra en el barro	Resistencia	Techo	Rebabas
			Abanicos de extrusión
			Rizaduras escachadas
			Cráteres cerrados
			Conchas trituradas
			Polígonos desplazados
			Cambios de textura
			color huellas invertidas
		Interior	Capas dobladas
			Capas rotas
		Base	Calcos
Levantamiento del pie	Adherencia y resistencia	Arrastre de barro pegado al pie	
		Uñadas	Montones tras las estrías
			Marcas de uñas hacia atrás
Salida del pie	Coherencia	Estructuras de colapso	Caida parcial de las paredes
			Obliteración de los dedos
			Coladas de barro
			Flujo por tixotropía de arcilla
Depósito de capas superiores	Cambio de sedimentos	Rellenos	
		Contramoldes	

3- El pie deforma al salir rozando o atravesando parte del barro de los laterales o del que hubiera podido caerle encima; también las uñas que dejan estrías en el fondo de la huella o vuelven a atravesar el fondo en su camino de salida; y finalmente la deformación que se debe al barro adherido a la piel que el pie acarrea hacia arriba en su salida (fases K y B de Thulborn et al., 1989).

4- Una vez que ha salido el pie, o durante la salida, se crea un hueco en el suelo. Según la coherencia del barro, las paredes de la huella se comportarán de manera diferente.

5- Finalmente, sin tener en cuenta procesos erosivos, el barro de alguna capa superior puede rellenar el hueco e incluso quedar total o parcialmente soldado con el de la capa con icinitas.

El pie entra en el barro.

Al penetrar el pie en el barro ejerce una presión que sobrepasa su límite de fluencia, con lo cual el suelo queda deformado permanentemente. El barro se desplaza hacia los lados y hacia arriba de manera que las estructuras sedimentarias anteriores se modifican (rompen, doblan, atraviesan o se borran) y así comienza el proceso de formación de una huella.

La profundidad a la que penetra el pie en el suelo depende de dos factores:

- la presión (peso/superficie) que ejerce en el suelo.
- la resistencia del barro (viscosidad).

Según sea el tipo de dinosaurio ejercerá más o menos presión sobre el suelo al pisar.

La resistencia del barro (viscosidad) atravesado es función de su composición, es decir: de la composición mineral; del tamaño de grano y de la cantidad de agua del sedimento.

Deformación en el techo de los estratos

La superficie del suelo sobre el que pisa el dinosaurio puede tener estructuras sinsedimentarias o postsedimentarias que se deforman. A veces, antes de que el pie se apoye definitivamente sobre el suelo, se arrastra por el fondo, y borra las estructuras superficiales. En la mayor parte de los casos, el arrastre deja marcas que lo atestiguan tales como estrías o acanaladuras paralelas a la dirección del movimiento del pie. (Fig. 17 y 24).

De las estructuras sedimentarias u orgánicas que quedan deformadas se citan las siguientes:

Si en el techo del estrato pisado hay marcas de este tipo, al penetrar el pie en el suelo, quedan aplastadas como el resto del barro. Las rizaduras (ripples) desaparecen a partir del borde de la huella debido al desplazamiento del barro.

En los niveles que contienen conchas, se puede encontrar que en el interior del contorno dejado por la huella, están fragmentadas mientras que en el exterior no están partidas. Si lo que hay en el techo de la capa son los cráteres dejados por su habitáculo, la pisada los tapa o los cierra total o parcialmente (Fig. 17).

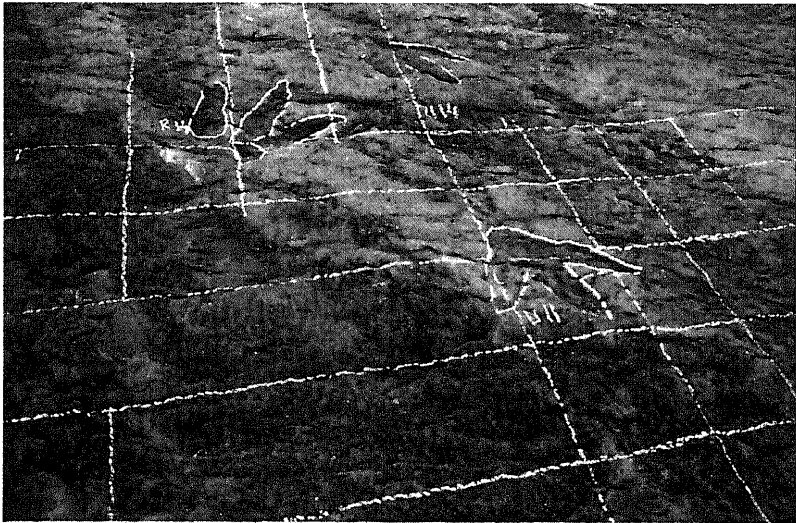


FIGURA 16. *Ripples destruidos por las pisadas.*
Yacimiento de la Virgen del Campo.

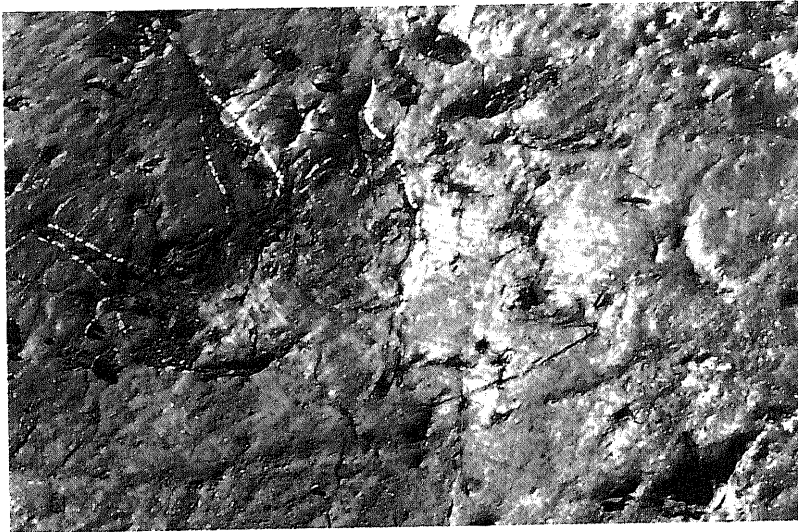


FIGURA 17A/B. *Se observan varias estructuras: estriás de deslizamiento del pie al inicio de la pisada, borrado de marcas anteriores a la pisada (canal de desplazamiento de un invertebrado) y estriás dejadas por las uñas al salir del barro. Yacimiento de la Virgen del Campo.*

Puede ser que en el techo del estrato pisado se encuentren grietas de desecación. El resultado es que en ciertos casos los polígonos de desecación se trituran mientras que en otros se doblan y desplazan. (Fig. 18 y 19).



FIGURA 18. *Polígonos de desecación doblados y desplazados. Iouaridène (Marruecos).*

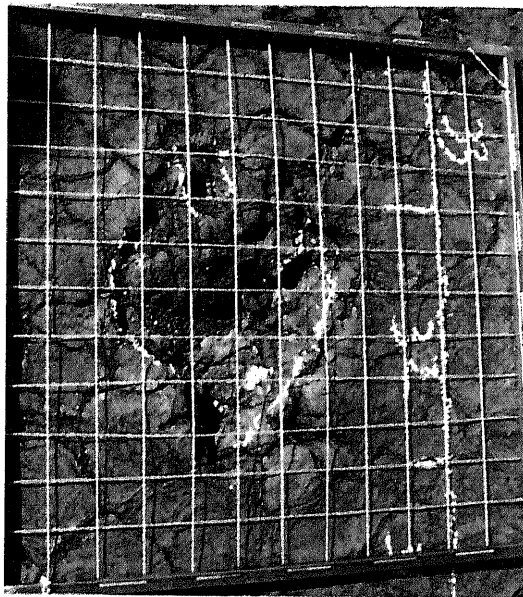


FIGURA 19. *Polígonos de desecación destruidos. Iouaridène (Marruecos).*

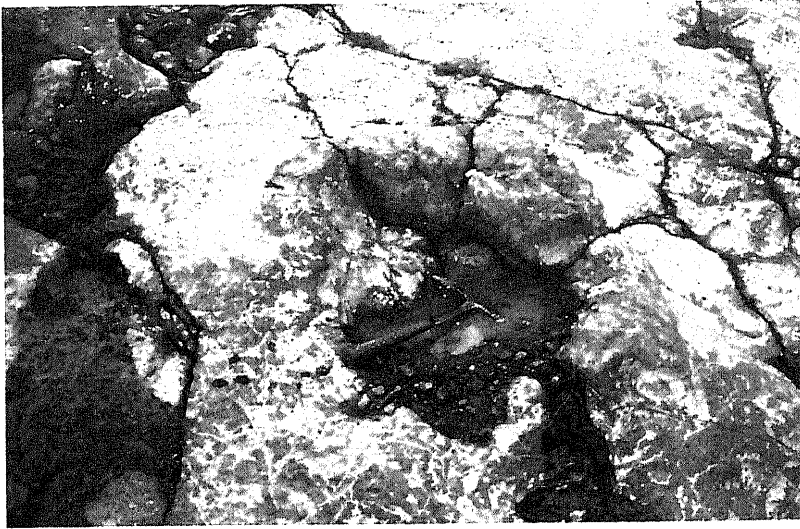


FIGURA 20A. *Ejemplo de rebabas de salida de barro hacia el exterior de la pisada. Yacimiento de la Era del Peladillo.*



FIGURA 20B. *Ejemplo de rebabas de salida de barro hacia el exterior de la pisada. Yacimiento de Fuenteamarga.*

El barro que había en el hueco ocupado por el pie sale hacia los alrededores de la huella. Muchas veces se forman rebabas circulares alrededor de la pisada, que tienen altura diferente según el volumen desplazado. Tal volumen depende de la viscosidad del barro, de la presión ejercida por el pie, o de ambas cosas a la vez. (Fig.20). Las estructuras de techo de los estratos, se deforman con las rebabas (por ejemplo los polígonos de desecación se desplazan - Fig. 18).



FIGURA 21A/B. Ejemplos de rebabas donde se puede apreciar su considerable altura. Yacimiento de la Era del Peladillo.

En ocasiones la altura que alcanzan las rebabas es considerable. Si suponemos que la disminución de altura de un barro calcáreo al compactarse puede ser del orden del 50%, la distancia desde el fondo de algunas pisadas saurópodos de la Era del Peladillo hasta la parte más alta de la rebaba, sería de unos 90 cm en el momento de formarse (Fig. 21). Sobresalen por encima del suelo plano de tal manera, que los sedimentos de la capa superior no llegan a cubrirlas (Fig. 22). En las secciones laterales de los estratos se observa que parte de estas rebabas atraviesan el estrato superior, y dan formas de color más oscuro que sobresalen por encima de él (Fig. 23).



FIGURA 22A/B. *Se ve como la capa superior no llega a cubrir las rebabas. Era del Peladillo.*

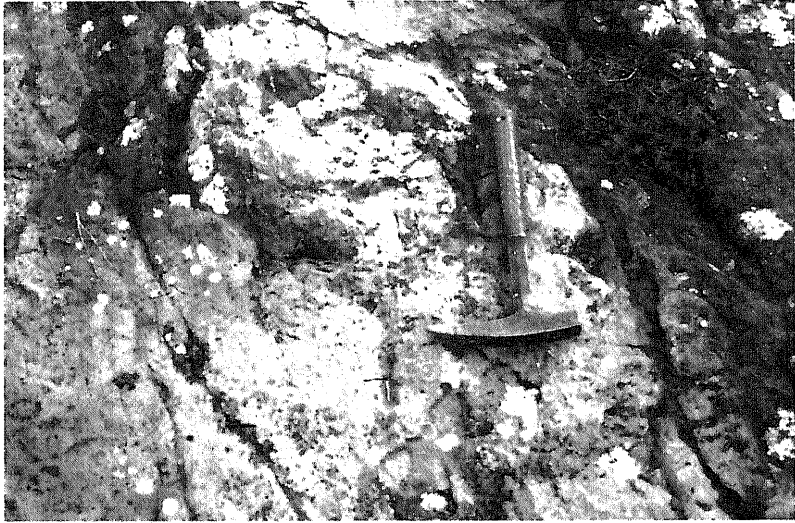


FIGURA 23. Vista en planta de cómo la rebaba atraviesa y sobresale por encima del estrato superior. Era del Peladillo.

El barro no solamente se desplaza hacia arriba por los lados de la huella sino que en ocasiones, si el pie al penetrar va hacia adelante, el barro está desplazado hacia ese sentido. En ocasiones fluye casi totalmente licuado. (Fig. 24).

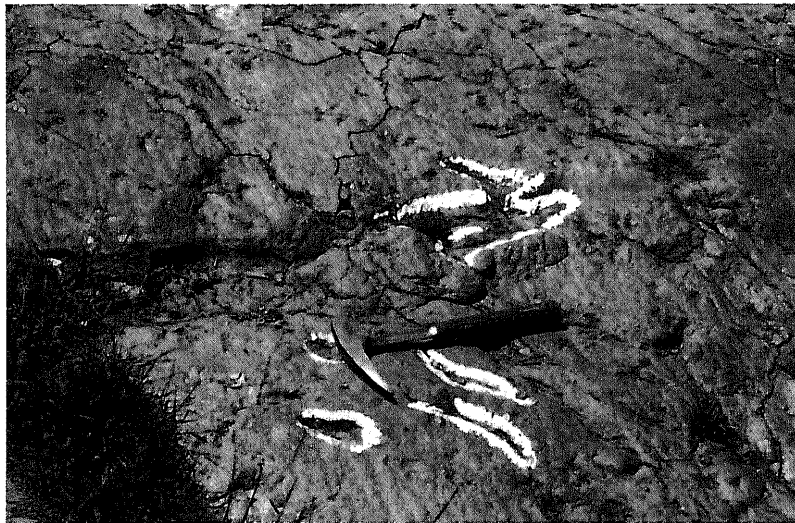
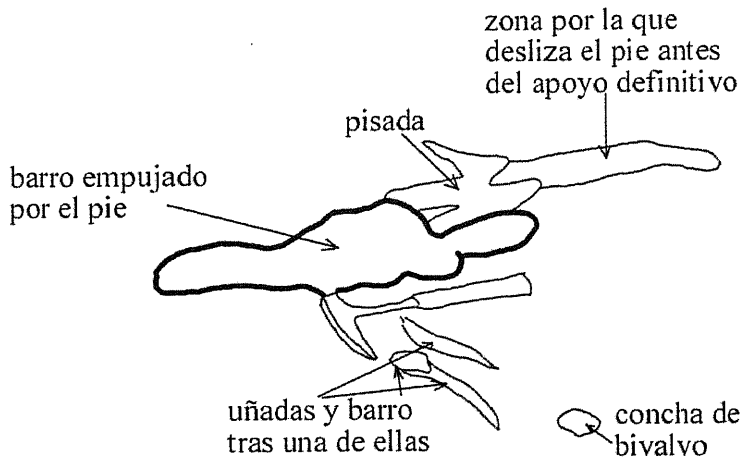


FIGURA 24A. Además del barro empujado por el pie hacia delante, se ven estrias de deslizamiento del pie antes de pisar y unñadas o estrias sin señal de la marca de los dedos. Yacimiento de La Virgen del Campo.

FIGURA 24B. *Esquema fig. 24a.*

En algunos de estos casos, se conoce el movimiento del pie y el del barro gracias a las texturas de dirección y sentido que quedan impresas, como ocurre en las icnitas del yacimiento del Contadero, en las que además se forman abanicos de flujo de salida de barro entre los dedos (Fig. 25).

Las estructuras de desplazamiento del barro hacia delante son comunes en huellas del pie de los saurópodos donde el barro cae encima de la parte trasera de la marca de la mano del mismo lado.

FIGURA 25A. *Icnita del Yacimiento de Contadero.*

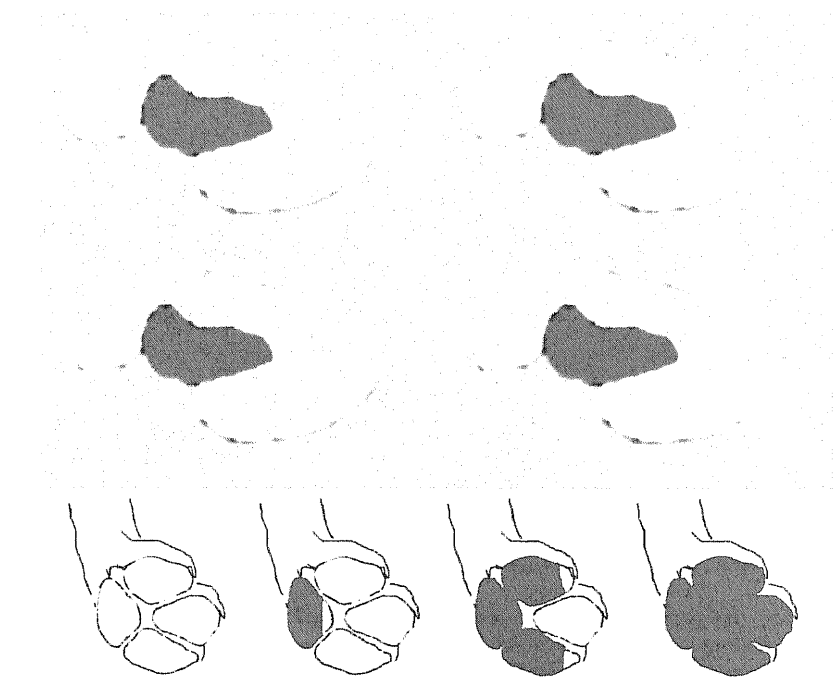


FIGURA 25B. *Deducción de las etapas de penetración del pie en el barro y movimiento tanto del pie como del barro a través de las estructuras de dirección y sentido del movimiento encontradas en la huella. Yacimiento del Contadero.*

A lo largo de la misma rastrillada es normal que las huellas se hundan más o menos. Las causas que se invocan para que esta variación se produzca son:

- Que el suelo se endurezca debido a su menor contenido en agua (deseccación parcial).
- Que por debajo de la superficie haya zonas lenticulares de material sedimentario de tamaño de grano variable (canales arenosos).
- Que la profundidad del agua varíe yendo el dinosaurio parcialmente metido en ella de manera que tienda a flotar.

También se encuentra que en algunas rastrilladas el color, o la tonalidad del mismo, del interior de las huellas es diferente al del exterior. Si se invocan alteraciones producidas en el momento de la pisada, se suponen debidas a que bajo el pie del dinosaurio, la parte deformada cambia de textura (por ejemplo se comprime y se cierran algunos poros). Al depositarse la capa superior, los poros abiertos son más propicios a que penetren en ellos algunas partículas que no penetrarán en la parte aplastada. Tras la diagénesis, es previsible que la textura y el color sean diferentes en ambos casos.

En algún caso se ha supuesto que el cambio de textura, producido por la presión de la pisada, da lugar a una variación de la textura capaz de hacer a tal sector

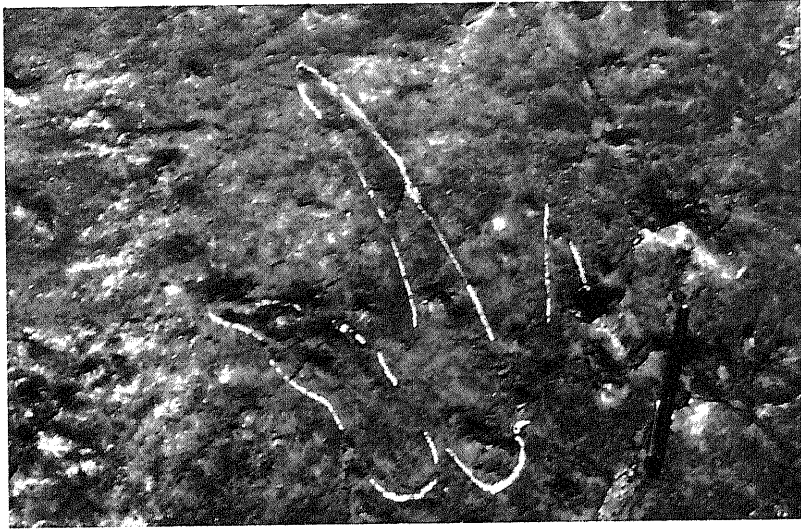


FIGURA 26A. *Variación del color entre la parte interior y la parte exterior de la huella. Yacimiento de La Virgen del Campo.*



FIGURA 26B. *Esquema fig. 26a.*

de roca más resistente a la compresión durante la diagénesis. Este ejemplo se ha invocado para los epirelieves de algunas icnitas en la provincia de Burgos, epirelieves que se encuentran en el techo de algún estrato.



FIGURA 27. *Epirelieves. Yacimiento de Regumiel (Burgos).*

Deformación en el interior de los estratos

Al penetrar el pie en el interior de las capas blandas, produce la deformación de su laminación interna, que puede encontrarse plegada e incluso fracturada si se llega a su límite de resistencia a la presión ejercida por el pie (Fig. 28, 29 y 30).



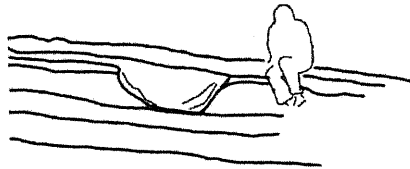
FIGURA 28. *Corte lateral de una icnita donde se aprecia el plegamiento de la laminación. Tabant (Marruecos).*



FIGURA 29. *Láminas de algas plegadas en el interior de la huella. Saucnières (Francia).*



FIGURA 30. *Vista lateral de una icnita donde se aprecia el corte neto de la laminación paralela del estrato con la pared de la huella. Costa de Asturias.*



También en las paredes interiores de las huellas, en ocasiones, se pueden observar estrías de rozamiento que indican la trayectoria de penetración del pie en la capa (Fig. 31).

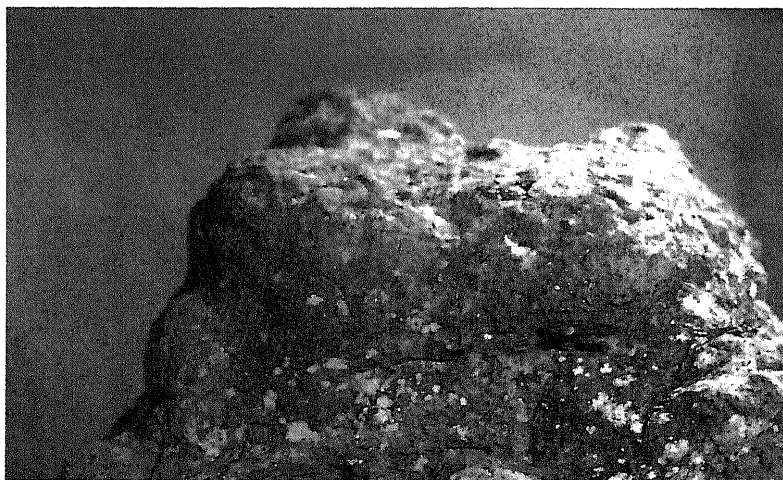


FIGURA 31. *Estrias formadas en la pared lateral de la huella al penetrar el pie en el barro. Huella encontrada suelta en el campo. Longitud aproximada 1m.*

Deformación en la base del estrato y en las capas inferiores

Si la huella en vez de atravesar un estrato y deformar su laminación, atraviesa varios deforma la estratificación, pero las estructuras son de plegamiento y ruptura igualmente aún que a mayor escala. Según la naturaleza, el espesor de las capas y la forma del pie, la huella que se imprime en suelo blando deja marcas similares en los niveles inferiores. Las marcas de los niveles inferiores se llaman calcos o subimpresiones ("undertracks" y "gosh marks").

Las improntas, como es normal, tienen menos detalles a medida que el nivel se separa de la superficie con la marca original. A pesar de ello, resultan difíciles de separar huellas y calcos a no ser que haya texturas que permitan identificarlas. Como ya se ha dicho, los ripples quedan totalmente borrados en el interior de la huella por efecto de la presión. Sin embargo, se encuentran huellas atravesadas en su totalidad por trenes de ripples sin apenas deformación de los mismos. Las crestas de las rizaduras se pueden seguir desde la superficie del estrato por el interior de la impronta sin perder su continuidad. Se trata de calcos, la presión ejercida en las capas inferiores es menor y la deformación producida en las estructuras sedimentarias (ripples) está atenuada, de forma que estas se conservan (Fig. 32 y 33).

La forma de la huella se hace más suave y difusa a medida que la deformación se atenua. Desaparece la terminación acuminada de los dedos que se hace más redondeada, y el contorno de la marca del pie tiende a hacerse redondo y la separación entre los dedos a difuminarse. Las icnitas se confunden de manera que presentan características ornitópodos los calcos terópodos, y formas redondeadas los calcos de pisadas de todos los dinosaurios.



FIGURA 32. *Calco donde se ven las crestas de las rizaduras penetrando hacia el interior. La parte superior es el relleno. La Pellejera.*

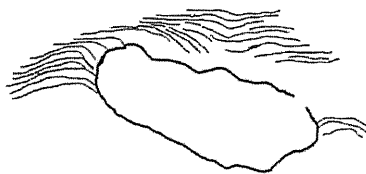


FIGURA 33. *Calco atravesado por ripples sin deformación. Los Cayos.*

En una capa, como la de la figura 34, con huellas y calcos se pueden apreciar sus diferencias mediante la observación directa en el campo.

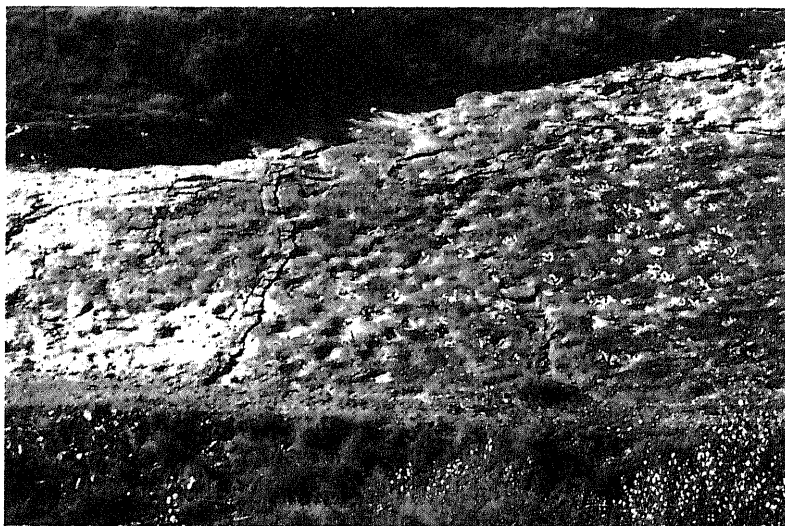


FIGURA 34. *Yacimiento con huellas reales y calcos. Lateralmente en la capa superior se pueden ver las huellas de estos calcos. La Virgen del Campo.*

El pie sale del barro

Al salir el pie del hueco que ha formado, el barro se acarrea debido a tres efectos más generales: el primero es el de mover el barro que cae encima del pie, en el caso de huellas profundas; el segundo es el debido a la adherencia del barro a la planta del pie y su arrastre consecuente; y el tercero se produce cuando las uñas se arrastran por el fondo del suelo al sacar el pie.

En movimiento del barro al elevarse el pie de la posición de apoyo se puede producir porque se arrastra el pie por el suelo, por delante de la posición de apoyo, o porque el pie ha llegado a quedar total o parcialmente enterrado (Fig. 35).

En las impresiones del yacimiento de Las Losas, las uñas se arrastran por el fondo al dejar el pie el contacto con el suelo. El arrastre deja unas estrías centrales que recorren los dedos paralelamente a su eje, y dejan detrás el barro que raden del suelo (Fig. 36 y 17). Hay veces que, como se ha visto en la figura del inicio, las uñas se hunden en el suelo durante el abandono de la fase de apoyo, si las uñas son largas, la punta sale más atrasada que el ápice del dedo, dejando una señal similar a la de un cuerno que apunta hacia atrás (Fig. 8).

Si la adherencia del barro a la piel es muy alta, se pueden pegar al mismo zonas de barro que el pie eleva del suelo, en ocasiones sin llegar a despegar. De esta manera se encuentran montículos de barro bajo las impresiones de del pie (Fig.37).

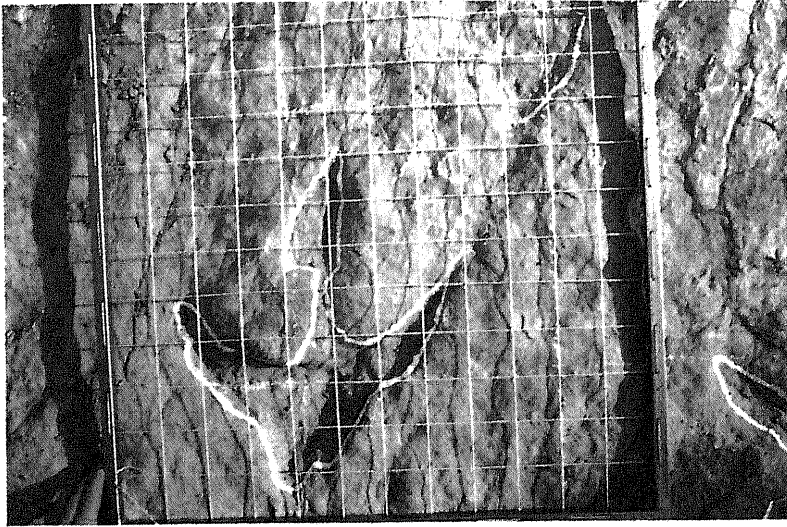


FIGURA 35. *El dedo III atraviesa el montón de barro acumulado delante de los hipos de los dedos II y IV (por la parte más estrecha que marca su impresión) durante la salida. Yacimiento de Las Mortajeras.*



FIGURA 36. *Estrías paralelas al eje de los dedos con montón de barro en su parte trasera, debidas al arrastre de las uñas durante su salida del fango. Yacimiento de Las Losas*



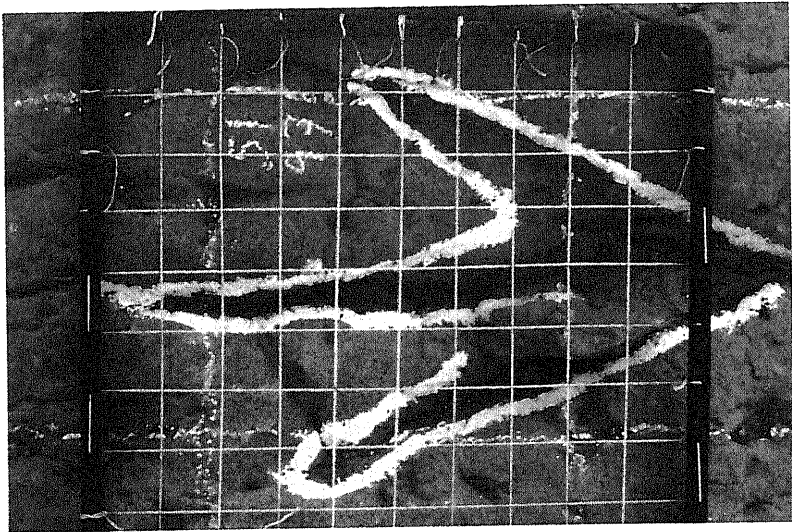
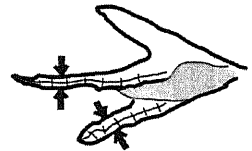


FIGURA 37. *Montón de barro en el interior de la huella.*
Obliteración de los dedos.
Yacimiento de la Virgen del Campo



El pie ha salido del hueco

Después de que el pie ha abandonado el fondo sobre el que se apoyaba, el barro puede permanecer como ha quedado tras las fases anteriores o caer hacia el interior. A esta propiedad la llamamos coherencia. Si la coherencia del barro es alta, las paredes se mantienen tal y como quedan al terminar la fase de salida. Si la coherencia es baja, los bordes laterales de la huella fluyen hacia el interior del hueco.

Si lo que se produce es la caída parcial de las paredes, las icnitas tienen menos área que la originada por el pie. Caídas de este tipo hay en la mayor parte de las huellas profundas que sobre todo se advierten en el adelgazamiento de los dedos (Fig. 38 y 37). A veces la forma resultante da la apariencia de pisada dejada por dedos cortos con uñas muy poderosas (Fig. 39).

Si el barro tiene poca coherencia, oblitera el hueco que habían dejado los dedos, de forma que estos son como unas simples rayas sobre el suelo. En este caso, la coherencia tiene que ser tan baja que pueda permitir el flujo fácil del barro (Fig. 40).

Hay casos en los que solamente cae hacia el interior una parte del lodo desplazado. El volumen de material caído depende sobre todo del volumen desplazado por el pie, por el dedo o por la uña. Hay flujo hacia la parte más profunda de sectores muy pequeños (Fig. 41) o de una gran parte de la pared que se desequilibra. En icnitas saurópodos en las que la rebaba es muy acentuada, es muy común la caída de parte de las paredes laterales como si fueran coladas de barro (Fig. 42).



FIGURA 38. *Adelgazamiento de los dedos por obliteración parcial de los mismos. Yacimiento de La Senoba.*

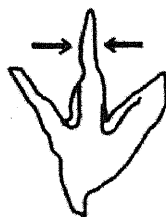


FIGURA 39. *Obliteración de la parte distal del dedo III. Apariencia de dedo corto y uña muy poderosa. Yacimiento del Barranco de Valdecevillo.*

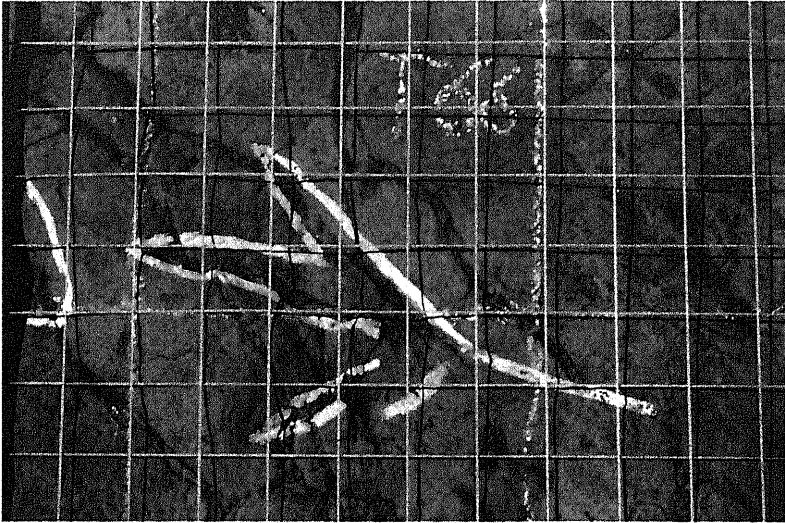


FIGURA 40. *Obliteración total y cierre de la huella plantigrada. Yacimiento de la Era del Peladillo 2.*



Existen algunas icnitas subcirculares, sin marcas de dedos, cuyo perfil es similar al de un vidrio de reloj. En el yacimiento de Peñaportillo existe una serie de marcas de este tipo, en una sucesión propia de una secuencia de marcha, que además va acompañada por la marca sinusoide dejada por la cola del dinosaurio. No son calcos porque a estas huellas se superponen rastros de dinosaurios carnívoros mucho más pequeños que pasaron posteriormente y que se imprimen perfectamente. La explicación que se propone para su formación (Thulborn, com pers.) se relaciona con la tixotropía de la arcilla, y es como sigue:

- sobre el suelo con barro camina un dinosaurio.
- la perturbación producida por la pisada deshace el castillo de naipes que formaban los minerales de arcilla por debajo de la huella.
- Al sacar el pie del barro, las arcillas dispersas fluyen hacia el interior borrando de paso cualquier marca que hubiera dejado el pie del dinosaurio (Fig. 43).

Depósito de capas superiores

Finalizada la formación de la icnita se depositan las capas superiores. Es posible que antes del depósito se produzcan procesos de erosión que modifiquen la forma y profundidad de la pisada. En la mayor parte de las pisadas visibles en La Rioja, lo que se observan son los huecos correspondientes a las huellas en las que los sedimentos posteriores son actualmente más blandos. Esto ocurre porque la inmensa mayoría de las sucesiones de estratos están en posición normal.

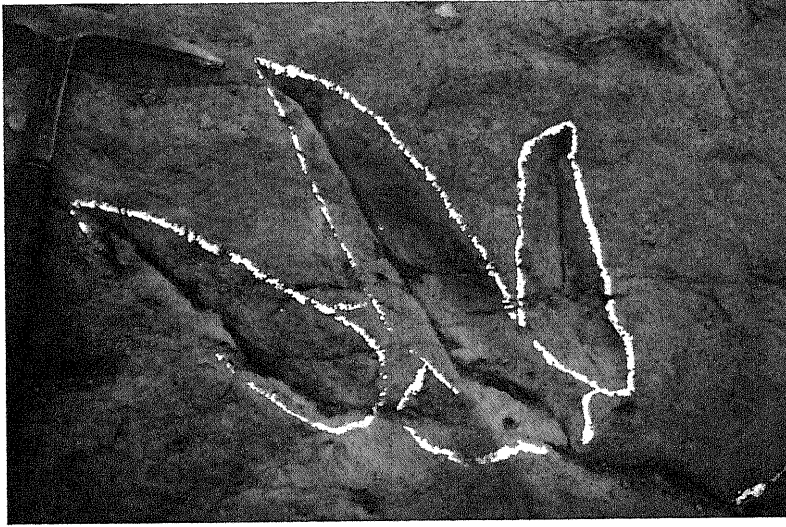


FIGURA 41. *En la figura de la derecha están señaladas con manchas oscuras los dos sectores que fluyen hacia la parte más baja de las huellas (hacia las estrías dejadas por las uñas).* Yacimiento de Las Losas.

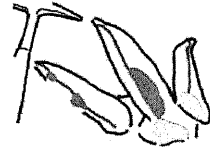
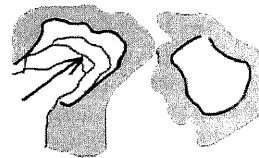


FIGURA 42. *Colada de barro hacia el interior de la huella.* Yacimiento de la Era del Pelacillo 3.



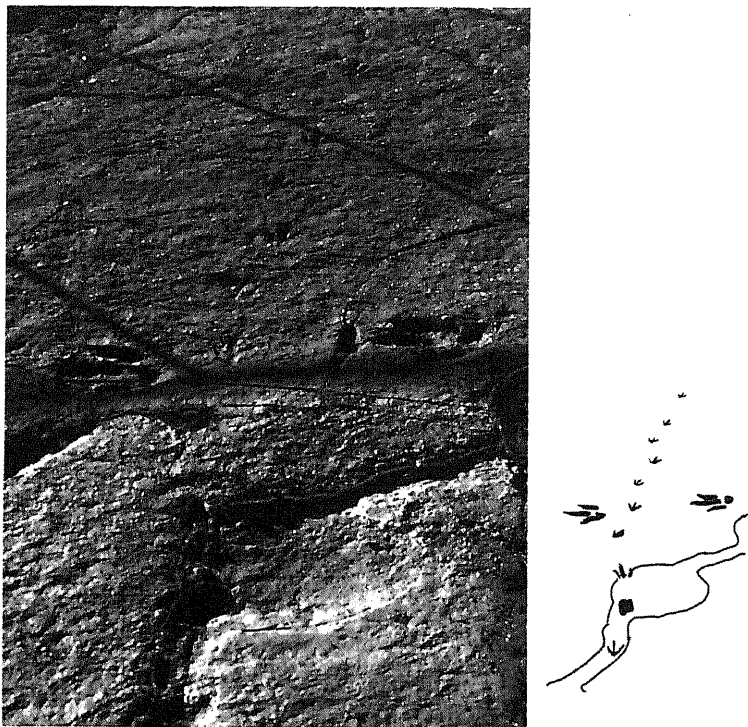


FIGURA 43. *Interior de las huellas borrado por flujo tixotrópico de arcillas. Yacimiento de Peñaportillo.*

Si ocurriese lo contrario los afloramientos serían epirelieves debidos al relleno por material más duro. De estos casos hay ejemplos que se muestran en cornisas o en algunos lugares muy concretos (Fig. 44).

Si los sedimentos duros sólo rellenan el hueco, se encuentran resaltes en la roca puesto que resisten más la erosión (Fig. 45). A veces se encuentran sueltos por el campo los rellenos enteros de las huellas

Finalmente, puede ocurrir que quede soldada a la parte superior de las rebabas alguna capa dura de la misma composición que la inferior, como ocurre con parte de las icnitas plantígradas del yacimiento de San Martín 1. En este yacimiento, sobre una capa de arenisca, anduvieron dinosaurios terópodos de andar plantígrado que dejaron huellas con rebabas laterales. Sobre la arenisca se depositó un nivel fino arcilloso, y sobre él de nuevo una capa arenosa que se unía con los puntos altos de las rebabas plantígradas. Durante la diagénesis, se soldaron ambas capas a través de los citados puntos altos de manera que actualmente quedan anclados trozos de la arenisca superior sobre las icnitas plantígradas (Fig. 46).

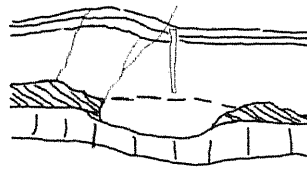
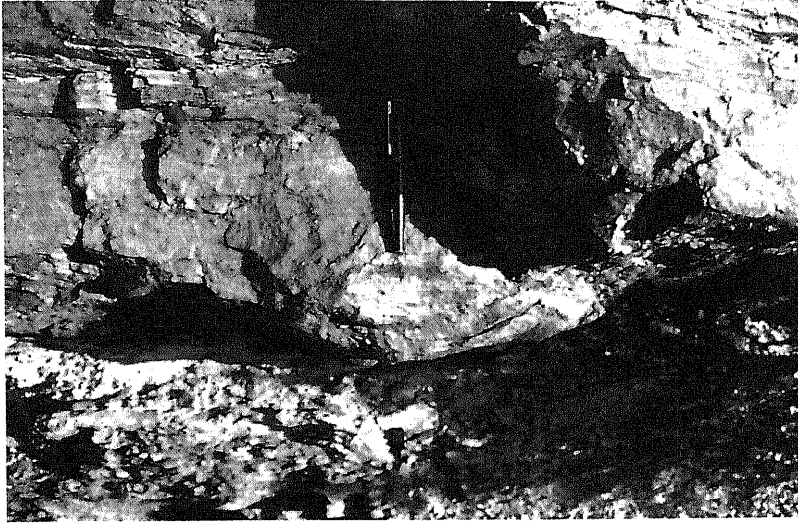


FIGURA 44. *Epirrelieves en el muro de los estratos.*
Parte superior: yacimiento de la Fábrica de Marín.
Parte inferior: Barranco de la Debesa (Torremuña).



FIGURA 45. *Ichitas rellenas por material más duro, que en el que están impresas.*

Arriba: yacimiento de La Virgen del Campo.

Abajo: Barranco de REgajo (Cornago).

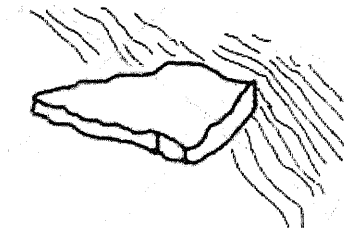
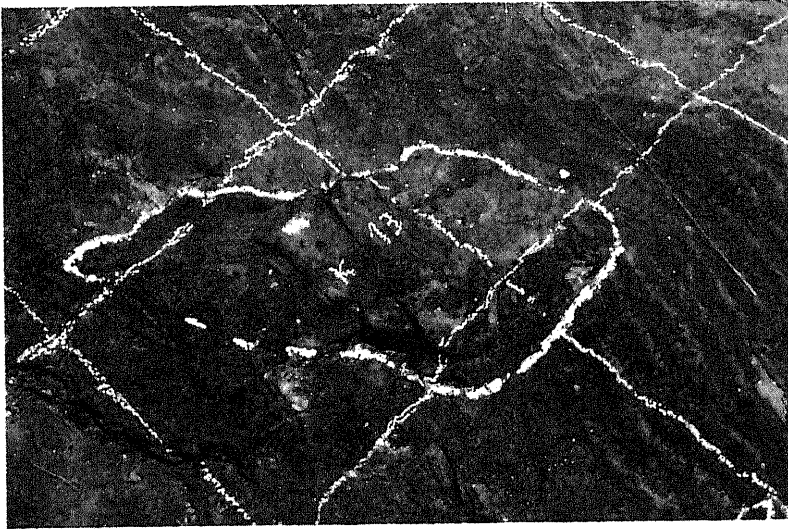


FIGURA 46. *Incitas terópodos plantígradas con la capa superior soldada por las rebabas. Yacimiento de San Martín 3.*

3. CONCLUSIONES

Las pisadas fósiles de dinosaurios resultan de la interacción entre hechos biológicos - forma de los autopodios y conducta de los animales- y geológicos.

La respuesta del suelo a la deformación producida por una pisada depende de las propiedades físicas del barro de que está constituido.

Los procesos de deformación del barro asociados a una huella continúan incluso después de que el pie sale del fango.

La clasificación de las huellas de dinosaurio tiene que tener en cuenta no sólo el animal y su conducta, sino también los procesos de deformación del estrato en los que queda impresa, porque todos ellos influyen en la forma de la icnita.

4. BIBLIOGRAFÍA

Pérez-Lorente, F., 2001.- *Paleoicnología: apuntes sobre dinosaurios y sus huellas en La Rioja*. Ed. Fundación Patrimonio Paleontológico. 227 p.

Thulborn, A., Wade, M., 1989.- A footprint as a history of movement. *Dinosaur tracks and traces*. D.D.Gillette y M.G.Lockley eds. Cambridge University Press. 51-56.

Nota.- Los datos mencionados de los afloramientos paleoicnológicos riojanos, se encuentran diseminados en muchos artículos publicados en la revista Zubía por parte de los autores de este trabajo - y se prescinde de escribir una lista larga de referencias, engorrosa e inútil en relación con este contenido. Las fotografías y dibujos también pertenecen a los autores.