

PROPUESTAS DIDÁCTICAS SOBRE DINOSAURIOS EN LA COMARCA DE SALAS DE LOS INFANTES (BURGOS)

Marcos Reguero, A.¹, Torcida Fernández-Baldor, F.^{2,3}, Rocha Canas, A.¹, Izquierdo Montero, L. A.^{2,3}, Montero Huerta, D.^{2,3}, Perez Martínez, G.^{2,3}, Urien Montero, V.³.

RESUMEN

En este trabajo se desarrollan dos propuestas didácticas realizadas durante las II Jornadas Internacionales de Paleontología de Dinosaurios y su Entorno, en Septiembre de 2001, en Salas de los Infantes Burgos, España). Estas propuestas se articulan desde el Museo Paleontológico local y a un yacimiento de huellas de dinosaurios cercano al mismo. Ambos tienen un enfoque eminentemente práctico y han sido diseñadas de forma flexible, aportándose varias posibilidades de empleo tanto en el aula como en actividades de campo. Las propuestas aquí presentadas tienen su origen en la convicción de que el Patrimonio Paleontológico puede ser un recurso muy útil para desarrollar objetivos propios de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Palabras clave: Paleontología de dinosaurios, Fósiles, Enseñanza de Paleontología, Educación secundaria, Actividades prácticas.

Two didactic proposals are presented, they were done during the 2nd International Symposium About Dinosaurs Paleontology and Their Environment, in September 2001 in Salas de los Infantes (Burgos), Spain. They are proposed from a didactic point of view, so they could be used in a classroom in a direct form, and the possible excursions to the rich paleontologic heritage of the area. Some possibilities and examples are suggested on the use of the paleontologic museum of the town, from a didactic point of view. During the meeting several didactic proposals were exposed and done the local paleontologic museum, and a nearby dinosaur remains fossil quarry. This patrimony resource can be very useful to develop secondary education goals by fieldwork and classroomwork activities. We suggest several possibilities and examples that make more flexible the use of our didactic proposals.

Keywords: Dinosaur paleontology, fossils, Paleontology teaching, Secondary Education, Practical activities.

¹ IES López de Mendoza Pza. Luis Martín Santos s/n, 09002 Burgos.

² Museo de Dinosaurios de Salas de los Infantes. Pza. Jesús Aparicio, 9. 09600 Salas de los Infantes (Burgos).
Museodesalas@salasdelosinfantes.net.

³ Colectivo Arqueológico-Paleontológico de Salas, C.A.S. Pza. Jesús Aparicio, 9. 09600 Salas de los Infantes (Burgos)

0. INTRODUCCIÓN

Salas de los Infantes se sitúa en el sudeste de la provincia de Burgos, (España), (fig. 1). En su comarca se encuentran un gran número de yacimientos paleontológicos con restos de dinosaurios, fundamentalmente del Cretácico Inferior (Torcida,

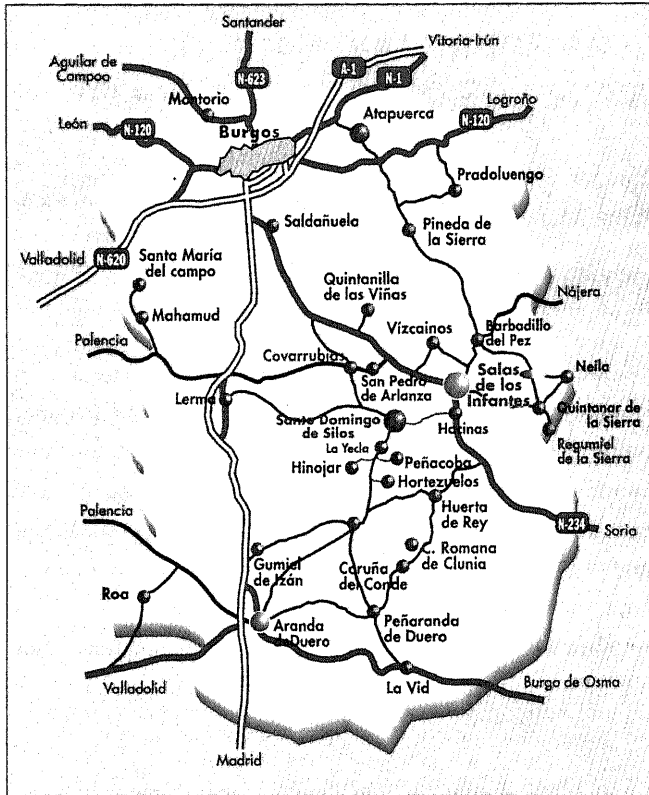


Figura 1. Localización de Salas de los Infantes.

1996), además de otros restos fósiles tanto animales como vegetales, de la misma edad. Desde el año 1999 se han realizado dos jornadas internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su entorno. En dichas jornadas, organizadas por el Colectivo Arqueológico y Paleontológico de Salas, con la colaboración de diversas instituciones, se ha dado a conocer el rico patrimonio paleontológico con que cuenta su comarca, plasmado en la apertura de su Museo.

En las últimas jornadas celebradas en Septiembre de 2001 y junto con la inauguración oficial del museo paleontológico, se desarrollaron una serie de actividades didácticas en torno a los dinosaurios, con la colaboración de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT), dirigidas a la actividad docente de profesores de Secundaria y Bachillerato. Una de las propuestas didácticas se exponen en el presente trabajo.

1. JUSTIFICACIÓN DIDÁCTICA

Varios motivos justifican, en nuestra opinión, la realización de actividades didácticas en torno al patrimonio paleontológico. Primero creemos importante que los profesores y alumnos de los centros educativos cercanos, especialmente los de la provincia de Burgos, conozcan su patrimonio geológico. En segundo lugar, porque en la práctica docente diaria es necesario realizar actividades de tipo procedimental que refuercen los conceptos de aprendizaje de la geología. Y por último, creemos que los docentes y los alumnos deben valorar la importancia de los fósiles como elementos naturales útiles a proteger no solo por su valor didáctico y científico, sino también por su importancia dentro del medio natural.

Así mismo, en estas actividades, hemos considerado la necesidad de desechar prácticas memorísticas de largas listas de taxones y edades, y en su lugar usar los fósiles como un elemento de trabajo dinámico que pueda servir incluso para explicar otros conceptos útiles en geología (tiempo geológico, tafonomía, etc.) o para acercarse al significado de la evolución de las especies.

Dentro del currículo de las materias de Biología y Geología de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato, el patrimonio paleontológico de Salas puede utilizarse para introducir algunos de los conceptos de dichas materias. Aparte de los contenidos relacionados con 4º de Educación Secundaria Obligatoria, en los que se trata el tema de la Historia de la Tierra y se introducen los conceptos de fósiles, eras geológicas, tiempo en geología y estratos, existen otros niveles donde las actividades propuestas tiene relevancia. Así, en el primer ciclo de ESO, se tratan aspectos relativos a la diversidad y clasificación de los seres vivos, relacionando sus principales características anatómicas para establecer una ordenación. A ningún docente se le escapa la poderosa atracción que ejerce el tema de los dinosaurios sobre los alumnos más pequeños, motivo por el cual puede ser usado como recurso de introducción de conceptos más complejos como la diversidad de los seres vivos o la evolución y extinción de las especies, entre ellas la desaparición de los dinosaurios en la denominada crisis finicretácica.

En la materia de Geología de 2º de Bachillerato, el patrimonio paleontológico puede ser utilizado en los temas de fósiles e historia de la tierra, para introducir conceptos de estratigrafía sencillos o de uso del método científico en paleontología y en geología, así como técnicas de trabajo de los especialistas en estos campos.

El concepto de tiempo geológico, desde el punto de vista de la ordenación secuencial más antiguo a más moderno, de diversos eventos geológicos, puede trabajarse en diversas actividades, pero sobre todo en las relacionadas con las huellas de dinosaurios, que se prestan especialmente para ello.

2. ESTUDIO DE UN YACIMIENTO DE HUELLAS DE DINOSAURIO

2.1. OBJETIVOS DIDÁCTICOS.

- Desarrollar la capacidad de deducción para poder proponer explicaciones a algunos fenómenos geológicos.
- Conocer las principales técnicas usadas por los paleontólogos para estudiar un yacimiento de icnitas de dinosaurio.
- Comprender cómo los diferentes procesos geológicos influyen en la formación de las huellas de dinosaurio.

2.2. DESARROLLO

El material que usan los alumnos es el siguiente: brújula topográfica, tizas, cuaderno de campo para el alumno con información complementaria sobre investigaciones publicadas sobre el yacimiento, cartas de ayuda y cinta métrica.

La actividad consiste en practicar en el campo los estudios que realizan los paleontólogos sobre un yacimiento de huellas de dinosaurio de este tipo. Además se pretende que los alumnos saquen conclusiones sobre el proceso de formación de huellas de dinosaurio, comparando las diversas hipótesis que se han sugerido para la formación de las huellas de esta zona. De forma breve indicamos que el yacimiento de Costalomo, se encuentra próximo a Salas de los Infantes y es un yacimiento de huellas atribuidas a un dinosaurio terópodo en forma de epirrelieves convexos, una característica que ha dado relevancia a este yacimiento. Las huellas se hallan en un afloramiento de areniscas continentales que pertenecen a la Formación Pedrahita de Muñón, de edad Valanginiense-Barreemiense (Platt, 1986). Se han propuesto diversos modelos para explicar la formación de las huellas (Platt et al., 1991, Bengoechea et al, 1993; Huerta Hurtado, 1999) pero aquí se usan dos de ellos para estimular a los alumnos a defender, de forma argumentada, cual de las hipótesis les parece más acertada.

Describimos en las fichas de información para los alumnos (anexo I) en qué consiste cada una de las hipótesis:

1º las huellas son producto de la exposición del molde a causa de una inversión tectónica.

2º Los epirrelieves se han formado como subhuellas debidas a la presión ejercida por la pisada del dinosaurio en capas inferiores a la que recibe la pisada del animal.

Se dividen a los participantes en dos equipos. Cada equipo corresponde a cada una de las hipótesis propuestas para la formación de las huellas del yacimiento de Costalomo. A cada grupo de participantes se les proporciona información sobre la hipótesis propuesta, así como sobre el proceso de formación de huellas de dinosaurio. Esta información se les proporciona a los alumnos anteriormente a la visita al yacimiento en forma de un cuaderno de campo (anexo III), en el cual se hace hincapié en estos aspectos:

- Concepto de que una icnita también es un fósil.

- Proceso de formación y preservación de una huella (mediante dibujos).

- Un diagrama de identificación icnológica. Para tratar de clasificar las huellas, e identificar a qué grupo zoológico pertenece la icnita.

- Mediciones que se pueden hacer en un rastro e inferencias de los datos: altura del dinosaurio, tamaño de la zancada, tipo de locomoción.

Los diferentes equipos tendrán que elaborar un informe final por escrito, apoyando y defendiendo su hipótesis de cómo se formaron las huellas en ese yacimiento, y buscando a la vez argumentos de porqué la otra hipótesis no les parece válida. Para elaborar su informe, tendrán que estudiar el yacimiento de una forma parecida y simulando los mismos procedimientos que desarrollaría un equipo de paleontólogos. Para ello se les pedirá que midan el rastro, lo dibujen y pinten el número de huellas encontradas así como, mediante fórmulas proporcionadas por el profesor, la altura y velocidad de desplazamiento del animal que lo produjo.

El profesor deberá valorar las diferentes ayudas proporcionadas en forma de cartas de información (Anexo II), relacionadas con algunas de las dificultades con las que se pueden encontrar. Estas cartas de ayuda se irán suministrando a los participantes a medida que lo vayan solicitando, para ir resolviendo algunas de los problemas que puedan surgir.

Se puede realizar diversas variantes sobre la actividad, en función de los aspectos didácticos que se quieran desarrollar más. Pero es importante que sean los alumnos los que elaboren sus propias conclusiones.

3. SUGERENCIAS

La documentación para completar el estudio de las huellas de dinosaurio, puede suministrarse a los participantes, a medida que va discurriendo la actividad, para tratar que los alumnos piensen y reflexionen las cuestiones, antes de leer la información.

4. CONCLUSIONES

Esta actividad y algunas más aquí no expuestas han sido utilizadas con alumnos de 1º de Bachillerato y estudiantes de Geológicas participantes en las II Jornadas de Paleontología de los Dinosaurios. En ambos casos salvando el nivel educativo, pensamos que fueron un éxito puesto que sobre todo en el caso de los alumnos de Bachillerato, fueron capaces de deducir conceptos que en una clase normal son difíciles de explicar como la idea de tiempo geológico (usando las huellas como reconstrucción temporal) y cómo algunos criterios estratigráficos nos permiten deducir conclusiones sobre la formación de las icnitas estudiadas.

5. ANEXO I. FICHAS DE HIPÓTESIS:

5.1. OBSERVACIÓN PARA LAS DOS HIPÓTESIS

Si estudias atentamente las huellas verás que a diferencia de las marcas de ganado que existen en la zona, estas icnitas, son relieves positivos, es decir sobresalen sobre la roca, a esto se le conoce como epirrelieve.

Si comparamos con las pisadas actuales del ganado de la zona, podemos ver que éstas son relieves negativos, es decir son hundimientos en el terreno. Luego ha tenido que pasar algo para que veamos las huellas sobresaliendo sobre la roca.

5.1.1. 1º HIPÓTESIS. INVERSIÓN DE LAS CAPAS, MOLDES HACIA ARRIBA

Una de las propuestas de los investigadores es que las huellas, tienen esta forma debido a que son moldes que han quedado expuestos boca arriba debido a una inversión tectónica, tal como se muestra en la figura 2.

5.1.2. 2º HIPÓTESIS. LAS ICNITAS SON SUBHUELLAS DEBIDAS A LA PRESIÓN EJERCIDA POR LA PISADA DEL DINOSAURIO.

Cuando el dinosaurio pisa sobre el sedimento, su peso ejerce una presión en la arena que hace que ésta se compacte, y en cambio el sedimento que está fuera de la pisada esté más suelto.

Puede existir debajo de la arena una superficie más dura que permite ver la presión que ejerce la pata del dinosaurio. En esta zona se produciría una subhuella (no la huella original) que sería un epirrelieve. Si a continuación se produce erosión de la arena, será más fácilmente erosionable la arena menos compactada, la más suelta que está alrededor de las huellas. La parte más compactada quedará sin erosionar.



Figura 2. Huerta Hurtado P. (1999). Proceso de formación de Huellas en Costalomo por inversión de capas.

6. ANEXO II. FICHAS DE AYUDA A LOS PARTICIPANTES PARA LAS ACTIVIDADES:

6.1. AYUDAS

1º AYUDA:

Los geólogos usan criterios para saber si están mirando la parte de arriba o de debajo de un estrato. A la parte de abajo la llaman muro y a la de arriba techo.

¿Cómo podemos saber si estamos en la parte de arriba o de abajo de un estrato?

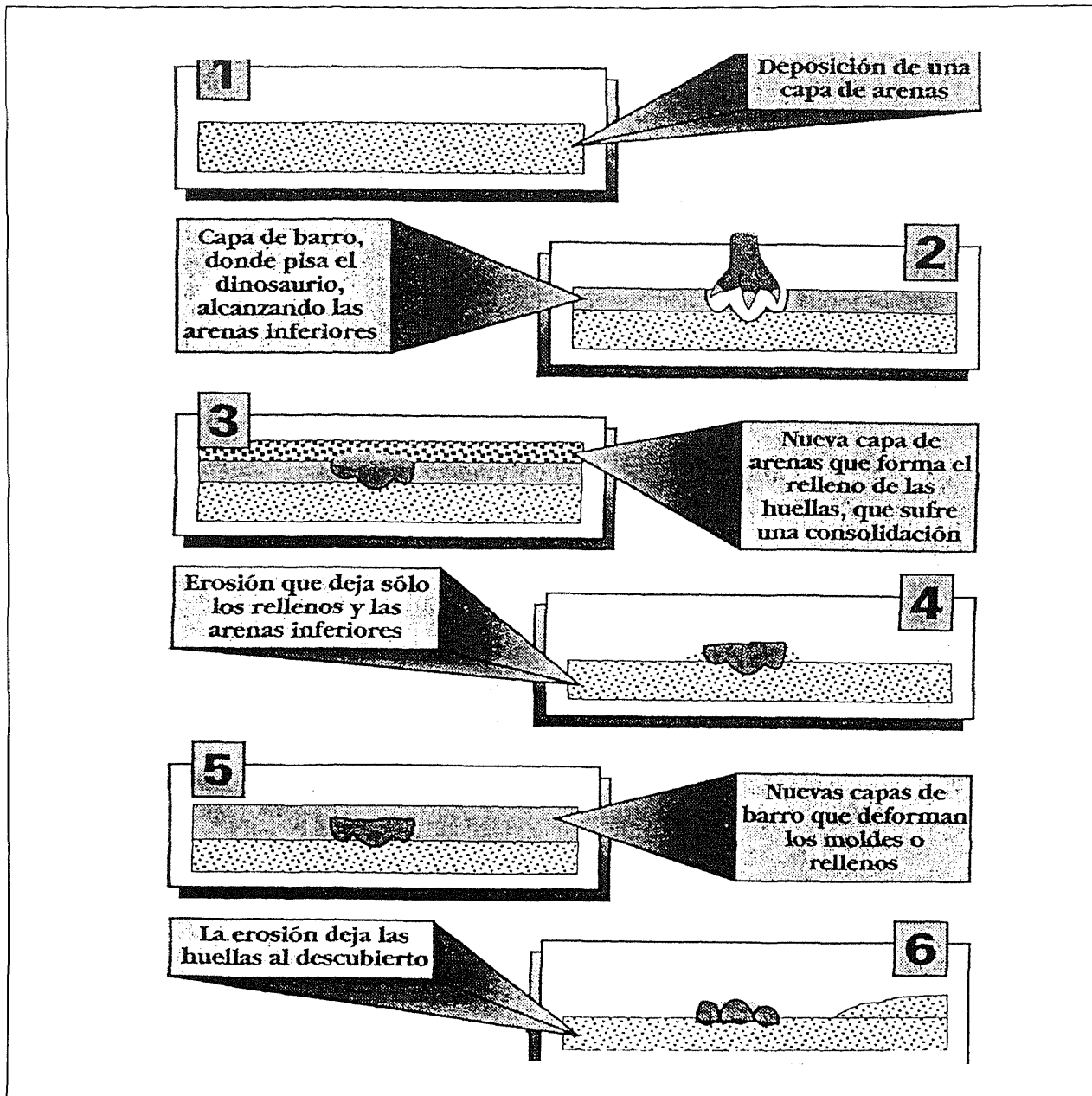


Figura 3. Huerta Hurtado P. (1999). Procesos de formación de Huellas de Dinosaurio por relleno de moldes.

2ª AYUDA:

Si te das una vuelta por los alrededores, podrás ver algunas huellas recientes formadas por las pisadas del ganado. ¿En qué zonas piensas que se forman las huellas en cualquier tipo de suelo, o crees que solamente se forman en aquel que tenga algunas condiciones especiales como humedad, tipo de suelo, etc.?

3º AYUDA:

Un criterio para saber si estamos arriba o debajo de un estrato, es que normalmente, los granos más gruesos se depositan antes que los finos, al ir perdiendo velocidad la corriente de agua que los deposita. Luego abajo estarán los finos y arriba los gruesos.

4º AYUDA:

Otro criterio para saber si estamos en la parte superior o inferior de un estrato son los llamados *ripples*, que son las rizaduras producidas o por el agua o por el viento en la arena, y desde luego siempre se forman sobre la superficie es decir sobre el techo del estrato.

5º AYUDA:

Quizás, al pasear por una playa, te hayas fijado en que la superficie de la arena tiene, en algunos sitios, una especie de orificios, algunas veces acompañados de montoncitos de arena o limo en uno de sus lados. Se trata de tubos realizados por organismos muy diversos (la mayoría gusanos de tipo anélido y bivalvos) que viven en la arena y se alimentan de la comida que hay en el agua durante la marea alta.

Estos tubos y sus orificios de salida también pueden fosilizar. Los paleoicnólogos le llaman burrows o madrigueras. Seguro que si te das una vuelta por el yacimiento puedes encontrar alguno de ellos.

Y recuerda: los orificios actuales están en la superficie (=parte superior) de un futuro estrato.

6º AYUDA:

Si observas la fotografía, a esta estructura se la conoce como estratificación cruzada. Se forma cuando la arena se acumula a favor de una pendiente, como en una duna producida por viento o por una corriente de agua (“ripple”). A medida que una nueva duna o un nuevo “ripple”, se forma, erosiona y se deposita sobre la anterior, haciendo que sus líneas de estrato queden cortadas.

7º AYUDA:

Desde luego, si observas donde se marcan tus propias pisadas verás que no todos los materiales valen. Como puedes comprobar tus huellas se marcan más en la arena del camino y en el barro del charco que en el resto del terreno. De todas las rocas que observas en la zona ¿dónde es más probable que aparezcan las huellas?



Figura 4. Ripples en arena de playa

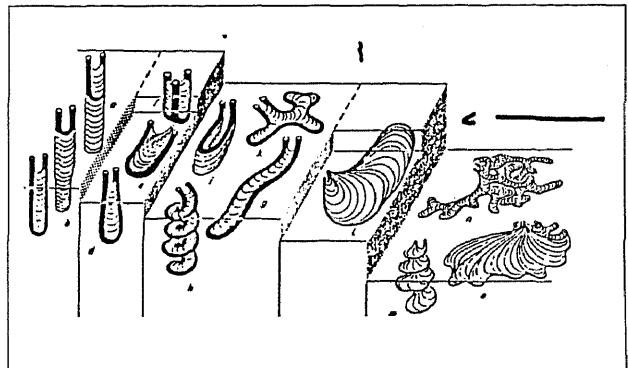


Figura 5. Seilacher, A. 1967. Burrows, marcas en el sedimento por acción de seres vivos.

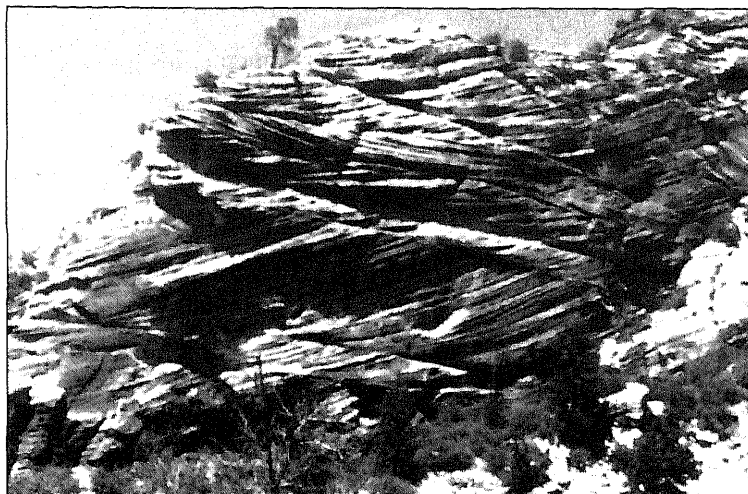


Figura 6. Estratificación cruzada. Foto J.A.Pascual

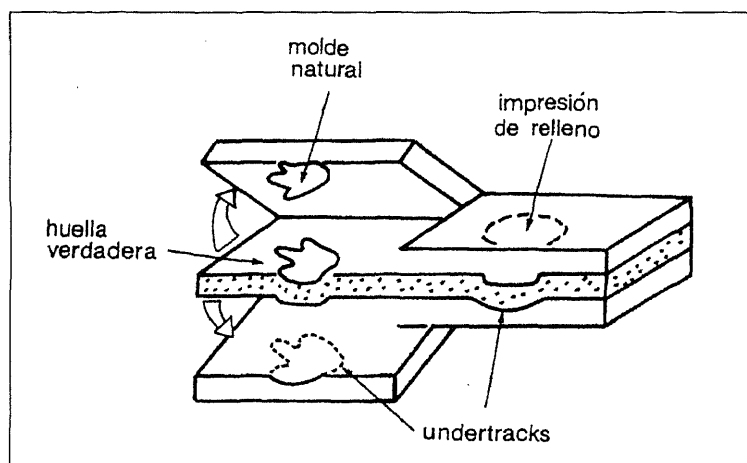


Figura 7. Proceso de formación de contramoldes. José Luis Sanz (2000).

8º AYUDA:

Si sales al camino cercano al yacimiento, seguro que hay huellas del paso de los vehículos. Esto nos puede ayudar de varias maneras:

- Si hay huellas de vehículos, es que éstos pasan a menudo por aquí, ¿por qué nos las hay alrededor?

- Algunas zonas del camino están con más huellas del paso de vehículos que otras; ¿Puedes dar una explicación a este hecho?

Toda tu vida estás viendo diversos tipos de coches grandes, pequeños, y de todas las marcas posibles. Seguro que viendo las huellas de los neumáticos algo puedes decir del coche que pasó por allí anteriormente.

9º AYUDA:

Al pisar un animal sobre el sustrato se deforman también los sedimentos situados por debajo, dando lugar a la formación de lo que conocemos con el nombre de subhuella, cuya forma en caso de aflorar aparece menos nítida que la huella original.

7. ANEXO III: ALGUNOS EJEMPLOS DE LA INFORMACIÓN DEL CUADERNO DE CAMPO DE LOS ALUMNOS:

7.1. ALTURA DE LA PATA

Se considera esta altura desde los dedos hasta la articulación de la pata en la cintura pélvica. Hay autores que consideran que los dinosaurios no terminaban de crecer por lo que tendrían gran cantidad de cartilago sin fosilizar. Para medir la altura se usan estas expresiones, que proporcionan unos cálculos bastante aproximados a la altura real de la pata de estos animales.

- para dinosaurios bípedos pequeños ($l < 25$ cm) $h = 4,5 l$
 - para dinosaurios bípedos grandes ($l > 25$ cm) $h = 5,5 l$
 - para dinosaurios cuadrúpedos $h = 4 l$
- (l: longitud de la icnita; h: altura estimada de la pata).

7.2. MEDIDAS A TOMAR EN UNA HUELLA

Se pueden tomar varias medidas aquí tienes en un esquema las más importantes:

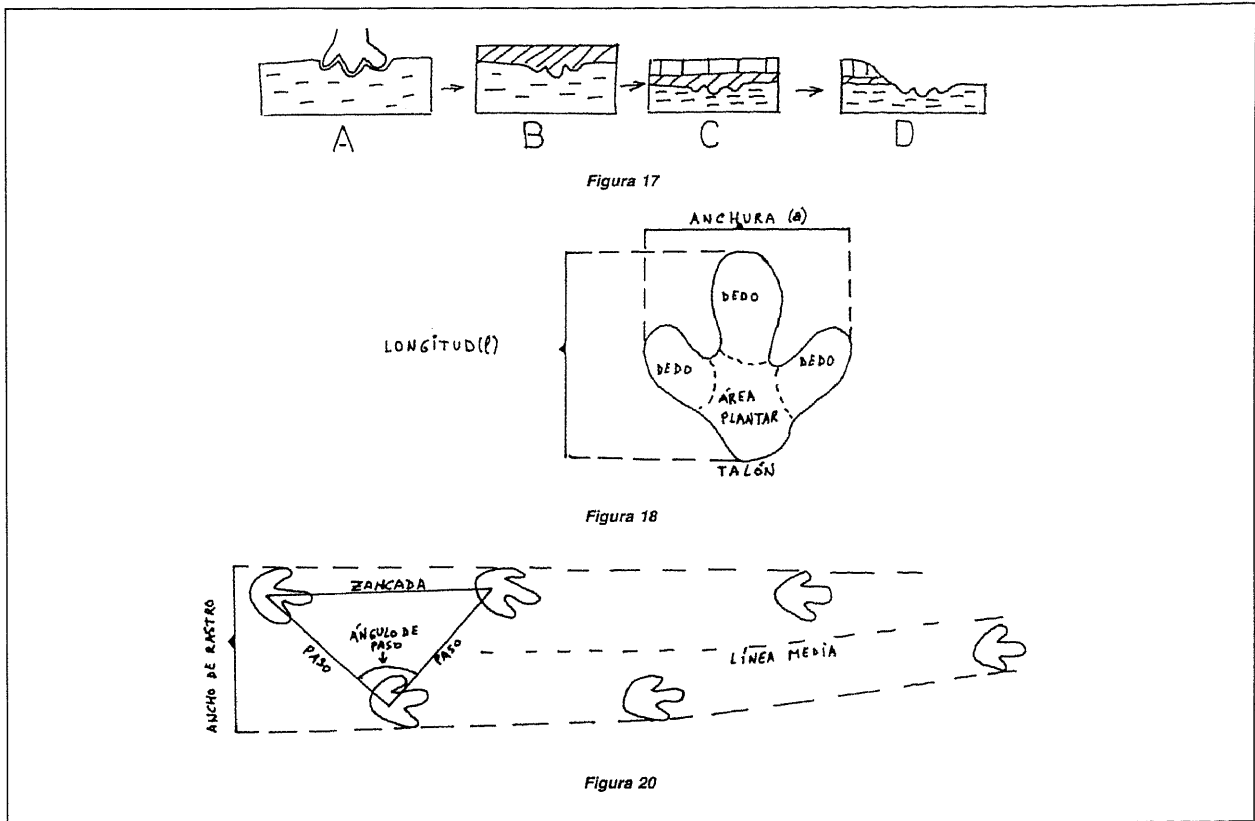


Figura 8. Medidas a tomar en una huella de dinosaurio. Torcida Fernández-Baldor, (1996)

7.3. PROCESO DE FORMACIÓN DE UNA HUELLA

La pisada de un animal provoca una impronta en el sedimento (A), la posterior sedimentación cubre la huella (B), de forma que esta se preserva como una discontinuidad entre dos estratos (C), la erosión posterior puede dejar al descubierto la icnita en forma de molde o de contramolde.(D)

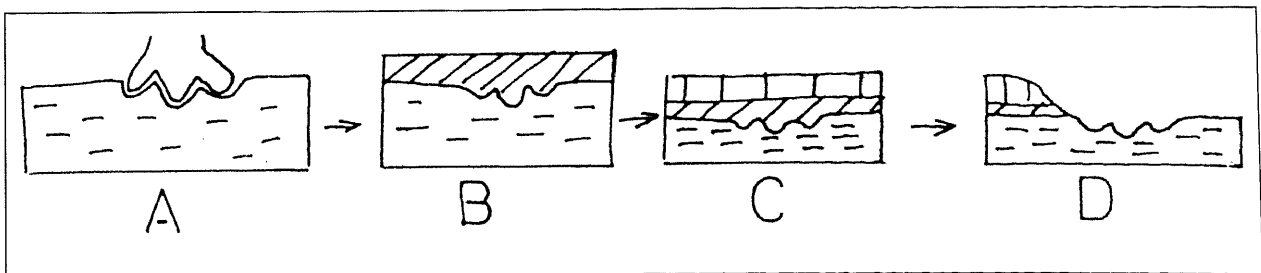


Figura 9. Proceso de formación de una huella fósil de dinosaurio (Torcida Fernández-Baldor, 1996)

7.4. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL DINOSAURIO

A mayor velocidad, mayor medida de zancada. Entendemos por zancada z la distancia entre dos marcas consecutivas del mismo pie. Para calcular la velocidad un especialista en biomecánica, R. Alexander se basó en compararlo con datos de animales actuales. Para ello dedujo que la velocidad V de un dinosaurio viene dada por la ecuación:

$$V = 0,25 \times g^{0,5} \times z^{1,67} \times h^{-1,17}$$

Donde g es la aceleración de la gravedad, z la longitud de la zancada y h la altura de la extremidad.

7.5. DIAGRAMA DE IDENTIFICACIÓN DE HUELLAS DE DINOSAURIO

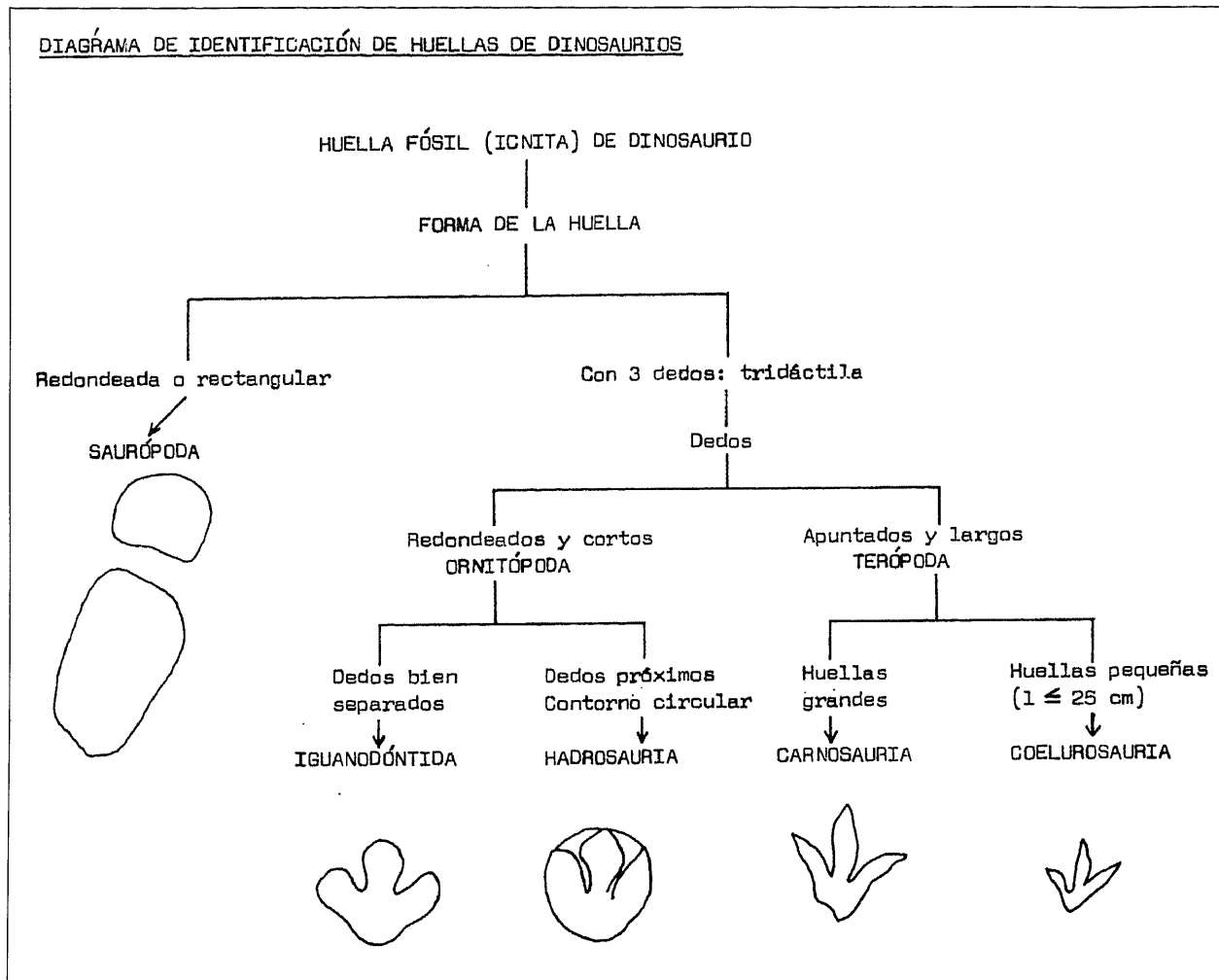


Figura 10. Clave de identificación de huellas de dinosaurio Torcida Fernández-Baldor, 1996.

7.6. DIAGRAMA DE IDEAS PARA PODER ESTUDIAR LAS ICNITAS

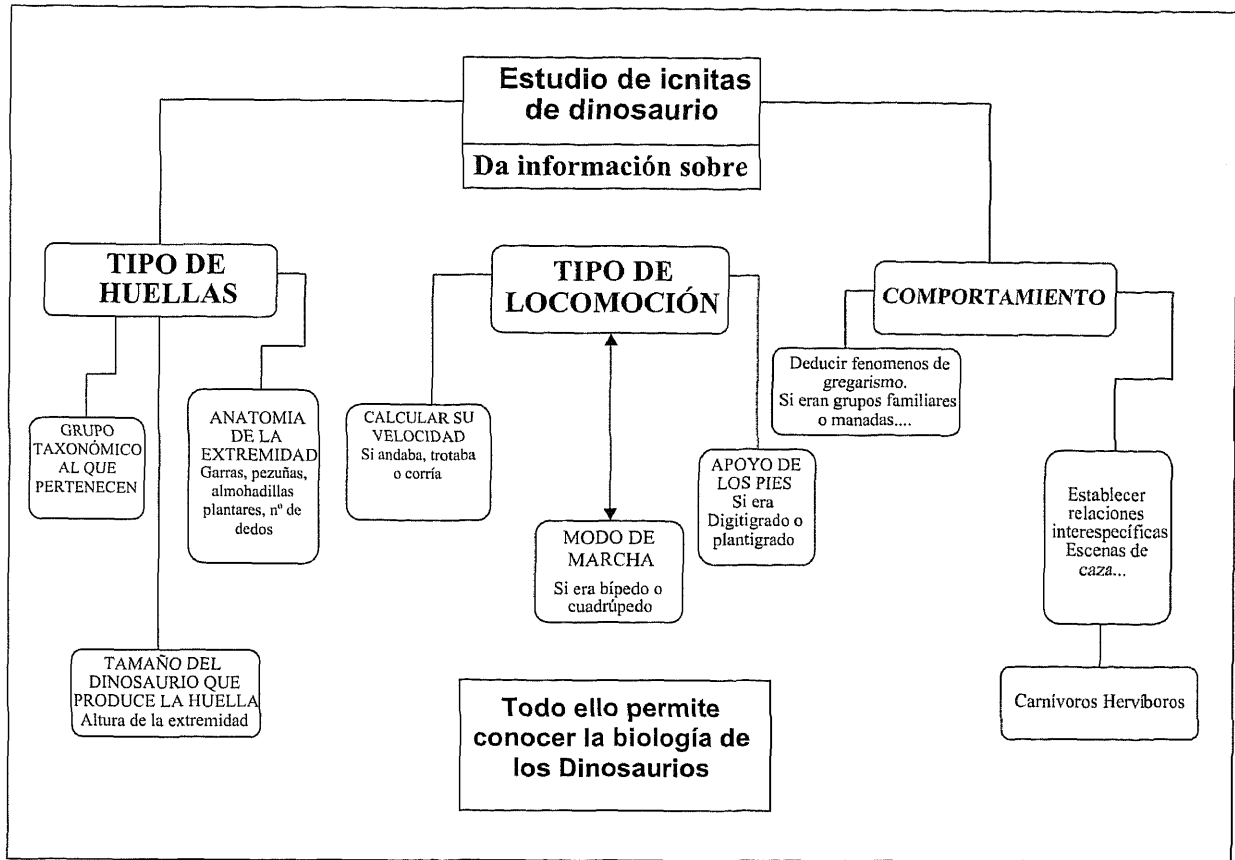


Figura 11. Diagrama de ideas para estudiar huellas de Dinosaurios. Torcida, F. y Bengoechea A. (1996)

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bengoechea, A., Izquierdo, L. A., Martínez, J. M., Montero, D., Torcida, F., Urién, V., 1993. Icnitas de dinosaurios en el sureste de la provincia de Burgos. *Bol. Geol. y Min.* (104,3), 243-258.
- Huerta Hurtado, P. 1999. Procesos de formación de huellas en Costalomo (Salas de los Infantes Burgos). En *Actas de las I Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. Salas de los Infantes (Burgos, España). 1999. 361-369.
- Platt, N. H., 1986. *Sedimentology and tectonics of western Cameros Basin. Province of Burgos, Northern Spain*. Tesis univ. Oxford, 1-125.
- Platt, N.H., Meyer, C. A., 1991. Dinosaur footprints from the Lower Cretaceous of northern Spain: paleoecological context. *Paleogeograf., Paleoclimatol., Paleoecol.* (86), 321-333.
- Sanz, J. L. 2000. *Dinosaurios*. Ed. Martínez Roca. Madrid, 1-299.
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology.* (5), 413-428.

Torcida, F. 1996. Actividad didáctica de Paleontología de campo: La era del Peladillo (Igea). En *Excursiones Geológicas por la Rioja*. F. Pérez-Lorente ed. Instituto de Estudios Riojanos. *Ciencias de la Tierra*. (19), 43-57.

Torcida, F., Bengoechea, A. 1996. *¿Dinosaurios en la Rioja?* Vídeo y Guión didáctico. Inédito 1-12.

9. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Anguita, F., Moreno, F. 1993. *Procesos Geológicos externos y Geología Ambiental*. Edit. Rueda, Madrid. 1-311.

Clemente P., Alonso, A. 1990. Estratigrafía y Sedimentología de las Facies continentales del Cretácico Inferior en el Borde Meridional de la Cuenca de los Cameros. *Estudios Geológicos*, (46), 257-276.

Fernández Martínez, E., Suárez Andrés, J. 1998. Pon un Fósil en tu vida ¡y sácale partido! (propuesta de recurso para el aprovechamiento didáctico de los fósiles). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. (7.3), 138-144.

Sequeiros, L., Pedrinaci, E., Berjillos, P. 1996. Cómo Enseñar y aprender los significados del tiempo geológico: algunos ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. (4.2), 113-119.