

# SIGUIENDO LAS HUELLAS... EN EL CAMPO: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA

Luis Mampel Laboira; Luis Alcalá Martínez

*Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel Dinopolis (Museo Aragonés de Paleontología)*

Ángel Luis Cortés Gracia

*Universidad de Zaragoza*

**RESUMEN:** Los puzzles de pisadas han constituido un recurso muy utilizado en la enseñanza de las ciencias en las últimas décadas. La propuesta presentada en este trabajo pretende acercar al alumnado a un contexto más realista que obliga a poner en juego no solo destrezas científicas generales sino contenidos específicos de geología, en general, y paleontología, en particular. Al igual que en la investigación científica, pueden existir varias interpretaciones alternativas, pero todas deberán estar contextualizadas dentro de un marco de referencia que incluye aspectos temporales, geográficos, geológicos, evolutivos, etc. Las experiencias llevadas a cabo en el ámbito de la educación no formal ponen de manifiesto el potencial de esta propuesta, que obliga a los participantes a conectar en todo momento los aspectos metodológicos con el marco disciplinar de referencia.

**PALABRAS CLAVE:** paleontología, dinosaurio, indagación.

**OBJETIVOS:** El presente trabajo presenta las líneas principales de una propuesta didáctica dirigida al alumnado de Educación Secundaria. Está basada en la indagación como estrategia para conectar contenidos disciplinares y recursos patrimoniales a través de actividades adaptadas al ámbito escolar pero cercanas a la realidad de la investigación paleontológica. Esta propuesta permite trabajar algunas de las competencias clave de nuestro sistema educativo, especialmente las competencias básicas en ciencia y tecnología así como la competencia en conciencia y expresiones culturales. La actividad planteada se centra en un yacimiento real de huellas (huellas fósiles) de dinosaurio. Los alumnos se enfrentan a un problema real, guiados por un profesor o conductor de la actividad, de manera que pueden construir conocimiento y a la vez comprender algunas de las dificultades de la actividad científica, no siempre bien representadas en algunas propuestas diseñadas para un uso exclusivamente escolar o divulgativo.

## MARCO TEÓRICO

Los puzzles de pisadas o “Footprints Puzzles” constituyen un recurso muy utilizado para la enseñanza de las ciencias, en general, y de la paleontología, en particular, desde la década de 1960 (American Geological Institute, 1964; Matthews, Chalmer, Stevenson, Harris y Dexter, 1973). Empleados con una clara intención didáctica y más o menos modificado, han sido reproducidos y debatidos en numerosas ocasiones a lo largo de las últimas décadas (Sequeiros, Pedrinaci y Berjillos, 1996; National Academy of Sciences, 1998; Lederman y Abd-El-Khalick, 1998; Alcalá, González y Luque, 2010; Blanco Anaya y Díaz de Bustamante, 2014; entre muchos otros). En la mayor parte de las propuestas, el puzzle es usado como un recurso para trabajar en el aula aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia, la metodología científica, la formulación de hipótesis, la observación y construcción de evidencias, entre otros.

El uso de estas estrategias no está exento de críticas. Ault y Dodick (2010) señalan que la historia del “Footprints Puzzle” es un ejemplo de cómo la adhesión duradera a “enfoques de proceso” puede llegar a ocultar (oscurecer) la forma en que la conceptualización se entrelaza con la metodología. También destacan que interpretar las impresiones hechas por diferentes tipos de dinosaurios requiere un pensamiento entrenado en disciplinas específicas. Uno de estos autores (Ault, 2015) indica además que este recurso proporciona inferencias no auténticas. Funciona bien como una ficción creativa porque estimula el diálogo en clase, pero en muchas ocasiones lo que permanece es la ficción y se omite la realidad científica.

La forma en la que se encuentran los paleontólogos este tipo de yacimientos poco tiene que ver con la representada en los puzzles. De la misma manera, la forma en la que trabajan estos científicos, observan los hechos y rellenan los huecos a partir de un marco de referencia o el modo en el que realizan sus inferencias, dista bastante de lo señalado en muchas de las propuestas anteriores.

## METODOLOGÍA

Uno de los principales escenarios en los que se ha utilizado este tipo de recursos ha sido sin duda en propuestas didácticas basadas en la indagación (Hassard, 2011), así como en aquellas que pretenden el desarrollo de destrezas de argumentación y uso de pruebas (Blanco Anaya y Díaz de Bustamante, 2014). Ambas perspectivas son perfectamente compatibles y, de hecho, es a través del planteamiento de preguntas, la argumentación y la conexión de las evidencias con un marco teórico de referencia como se va construyendo el conocimiento científico a través de la indagación.

La propuesta presentada en este trabajo incluye el diseño de un nuevo puzzle de pisadas (icnitas) basado en la reproducción de un yacimiento real situado en Aguilar del Alfambra, Teruel (Mampel et al., 2010-2011). La secuencia didáctica está planteada preferentemente para la asignatura de Biología y Geología en cualquiera de los cursos de ESO y es adaptable dependiendo del nivel educativo. Para ello se ha preparado un conjunto de materiales (esquemas, preguntas y sugerencias de uso) que permiten acercar al estudiante a la realidad de la metodología científica, en general, y del trabajo paleontológico, en particular, destacando la necesidad de conectar tanto las evidencias visibles como las lagunas de información con un marco de referencia mucho más amplio. También se comentan posibles obstáculos y dificultades que podrían aparecer durante su realización.

En una situación didáctica ideal, la actividad podría ser llevada a cabo con los estudiantes en el campo, enfrentándolos al yacimiento in situ (de forma similar a lo ya realizado por los autores en contextos de educación no formal). Como esta posibilidad es remota en la mayoría de los casos, se ha optado por reproducir fielmente las características del yacimiento a través de esquemas, fotos, escalas de referencia, etc. De este modo, el yacimiento real queda bien caracterizado desde el punto de vista cualitativo (disposición de los estratos, de las huellas dentro de los mismos, forma de las huellas, zonas con vacíos de información) y cuantitativo (número de huellas, tamaño de las mismas, distancia entre ellas). Esta experiencia se podría trasladar a otros yacimientos que los alumnos tengan la ocasión de conocer mediante imágenes, esquemas o, si es posible, visitar mediante una actividad de campo. Si a la propia propuesta añadimos un entorno de trabajo conocido y problemas sobre elementos tangibles y que despierten el interés de los estudiantes (como son los dinosaurios) tenemos mayores posibilidades de emprender una experiencia de éxito.

## UN NUEVO PUZLE DE ICNITAS

El yacimiento Aguilar 3 cuenta con más de 60 icnitas, todas ellas conservadas como contramoldes en la base de un estrato calcáreo-margoso prácticamente vertical. El afloramiento principal, de 12,5 m<sup>2</sup> de exposición (a partir del cual se desarrolla la experiencia propuesta) concentra casi todas las huellas (figura 1) agrupadas en ocho rastros: tres de ellos han sido atribuidos a dinosaurios cuadrúpedos y cinco a dinosaurios bípedos.

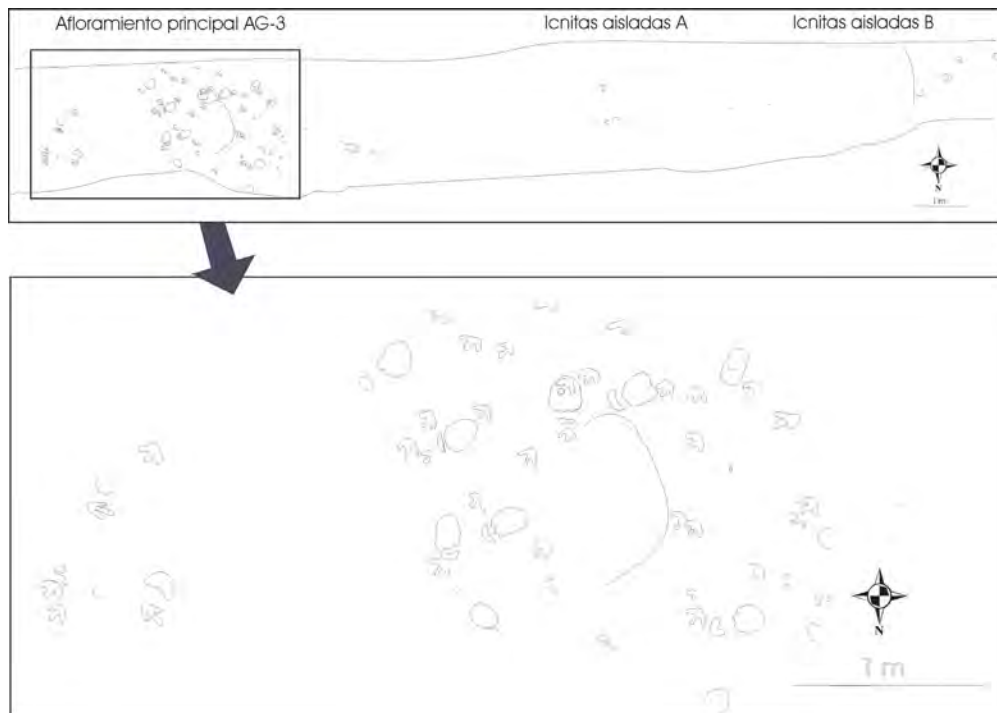


Fig. 1. Cartografía de icnitas de dinosaurio del yacimiento Aguilar 3 (arriba) y detalle del afloramiento principal (abajo). Modificado de Mampel et al. (2010-2011).

## NOS ACERCAMOS AL YACIMIENTO

¿Quién pudo dejar esas huellas? Dado que la relación entre pisadas fósiles y dinosaurios forma parte hoy en día de nuestro imaginario colectivo, es difícil (aunque no descartable) que los estudiantes no establezcan una relación causal genérica. No obstante, una primera aproximación al yacimiento nos permite plantear la primera de las preguntas contextualizadas: ¿es posible que los organismos que dejaron estas huellas caminasen sobre una superficie casi vertical? Distintos aspectos sobre la vida en el pasado, la sedimentología y la tectónica afloran en ese momento.

A partir de este punto, las preguntas que podemos realizar a los estudiantes son muy variadas y deben permitir respuestas que den prioridad a las evidencias, así como el planteamiento de diferentes hipótesis que puedan ser discutidas a partir de marcos de referencia bien fundamentados desde el punto de vista científico. Algunos ejemplos se muestran a continuación:

1. ¿Qué información proporcionan las huellas que vemos en el mapa (o afloramiento)?
2. ¿Qué tipo de animales crees que han podido dejar estas huellas?

3. ¿Se podría estimar de alguna forma el tamaño y la velocidad de paso de los animales que produjeron estas huellas?
4. ¿Cuántos animales estarían involucrados en el proceso de formación de estas huellas?
5. ¿Pasaron a la vez o algún grupo de animales pasó primero?
6. ¿Qué les pudo ocurrir a estos animales?
7. ¿Qué evidencias a favor o en contra de los planteamientos iniciales se podrían encontrar si se obtuvieran más datos del yacimiento en una segunda fase de estudio rellenando los huecos que quedan libres ahora?
8. ¿Qué nuevas evidencias a favor de vuestras hipótesis cabría esperar si se continuara excavando el yacimiento hacia el Norte?

### Necesitamos un marco de referencia

Buena parte de estas preguntas no pueden ser respondidas sin el respaldo de un marco teórico de referencia que se puede ir construyendo a medida que avanza la actividad. Independientemente de si se contextualiza el problema en una etapa concreta de la historia de la Tierra (Jurásico Tardío), es necesario reconstruir un aspecto y un ambiente (paleoambiente) muy distinto al que encontramos ahora: una superficie bastante plana y húmeda, seguramente en un lugar próximo a la orilla de una antigua playa habitado por reptiles de distintos tamaños, anfibios y una flora distinta. Algunos de estos animales, al andar por una superficie húmeda (al igual que cuando andamos nosotros por el barro por ejemplo) hundían el suelo bajo sus patas compactando y deformando el sustrato (sedimento). Con el paso del tiempo, estos sedimentos “pisoteados” quedaron definitivamente enterrados y se transformaron a lo largo de millones de años, hasta convertirse en estratos de roca dura que han conservado huellas testigo de la vida del pasado.

Tampoco es fácil dar respuesta al tipo concreto de animales productores de las huellas o la estimación del tamaño de los mismos. Parece imprescindible algún tipo de referencia para comparar la morfología de las huellas existentes con la que los científicos atribuyen a los distintos grupos de dinosaurios (figura 2). En este punto también aparecen nuevas cuestiones que rara vez se plantean fuera de estos contextos: ¿cómo podemos saber si los animales que dejaron las huellas andaban a dos o cuatro patas?, ¿las huellas “pequeñas” corresponden a un organismo de pequeño tamaño o a ejemplares juveniles de determinados grupos?

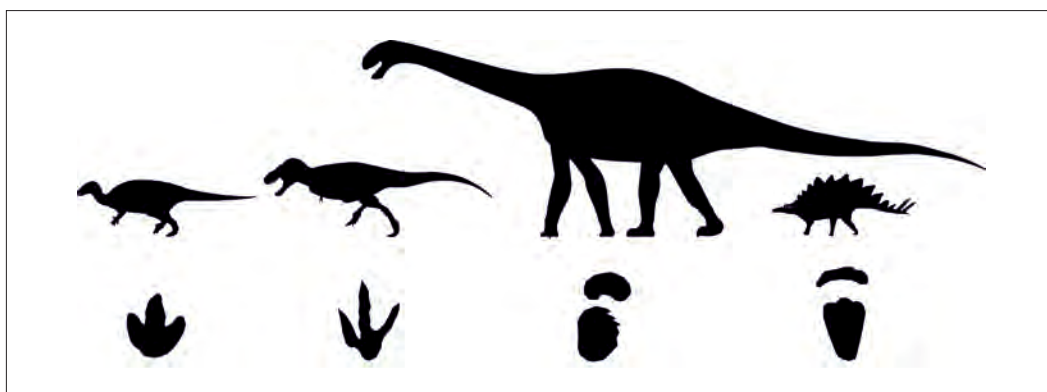


Fig. 2. Esquema básico de los tipos de huellas de dinosaurio. Siluetas extraídas de PhyloPic©. De izquierda a derecha: dinosaurio ornitópodo, terópodo, saurópodo y tireóforo estegosaurio.

El número de organismos involucrados y la secuencia de paso de los mismos requiere un proceso de reconocimiento y aislamiento de huellas según sus tipos y la determinación de rastros individuales. De forma similar a como trabajan los paleontólogos, el análisis de mapas de huellas aisladas según su forma permite realizar inferencias sobre los organismos implicados y sus rastros (figuras 3 y 4). Aún así, la realidad de un yacimiento paleontológico no presenta la claridad de huellas y rastros que muestran los puzzles de carácter didáctico y la interpretación estará plagada de dudas e interrogantes como muestran las figuras.

Las preguntas relacionadas con la falta de información o con la posibilidad de obtener nuevas evidencias permiten a los estudiantes discutir más allá de las evidencias observables y plantear nuevas hipótesis debidamente fundamentadas. Es obvio que el material que ya se ha erosionado nunca aportará información paleontológica, pero ¿y el resto del estrato que queda oculto bajo la superficie?

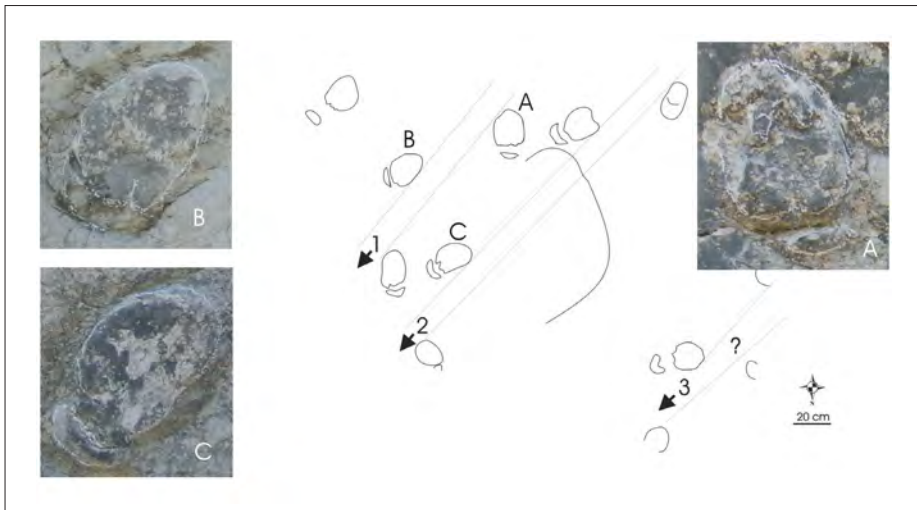


Fig. 3. Mapa simplificado con las huellas ovaladas de forma aislada y rastros propuestos.

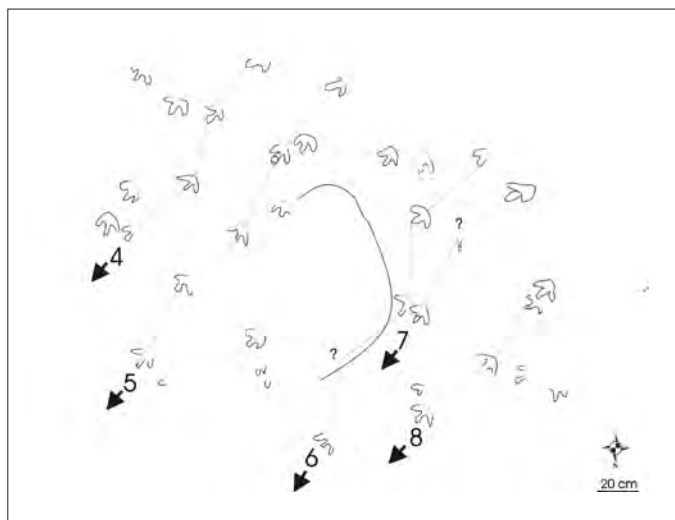


Fig. 4. Mapa simplificado con las huellas tridáctilas de forma aislada y rastros propuestos.

## CONSIDERACIONES FINALES

El diseño de una propuesta didáctica basada en la indagación usando un yacimiento real, con todas sus limitaciones, permite plantear problemas auténticos cercanos a la realidad de la investigación científica. Este tipo de problemas exigen conectar el marco disciplinar (en este caso la paleontología) con los aspectos metodológicos, lo que permite avanzar en la construcción del conocimiento científico desde una perspectiva sistémica frente a otras propuestas centradas exclusivamente en cuestiones genéricas sobre la naturaleza de la ciencia.

Las experiencias llevadas a cabo en contextos de educación no formal permiten señalar la variedad de respuestas (y nuevas preguntas) generadas por los participantes y la puesta en valor de distintas explicaciones plausibles, sin una respuesta definitiva. Mediante este tipo de actividades los estudiantes son capaces de comprender patrones emergentes, entrar en conflicto cognitivo (a través de inferencias diferentes frente a las evidencias) y a razonar tras las respuestas (argumentación y metacognición). Con este tipo de actividades se pone de manifiesto cómo a partir de estos fósiles (restos de actividad de los organismos cuando estaban vivos) se puede construir el conocimiento científico de forma sistémica ya que es necesario conectar aspectos disciplinares muy diversos, tanto conceptuales como procedimentales, además de los actitudinales relacionados con la realidad del trabajo científico.

## AGRADECIMIENTOS

Grupo de Investigación Consolidado FOCONTUR E-62 y Grupo Consolidado de Investigación Aplicada BEAGLE (Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo), miembro del Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA/UNIZAR). Proyectos CGL2013-41295-P DINO-TUR y EDU2016-76743-P (MINECO).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCALÁ, L., GONZÁLEZ, A. y LUQUE, L. (2010). Los talleres paleontológicos como recurso didáctico interactivo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(1), 119-124.
- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE (1964). *Earth Science Curriculum Project Laboratory Manual*, Boulder, CO: Johnson Publishing Company.
- AULT, C.R. JR. (2015). *Challenging Science Standards. A Skeptical Critique of the Quest for Unity*. Lanham, MA: Rowman & Littlefield.
- AULT, C.R. y DODICK, J. (2010). Tracking the footprints puzzle: the problematic persistent of Science-as-Process in teaching the nature and culture of Science. *Science Education*, 94(6), 1092-1122.
- BLANCO ANAYA, P. y DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 35-52.
- HASSARD, J. (2011). *Science as Inquiry: Active Learning, Project-Based, Web-Assisted, and Active Assessment Strategies to Enhance Student Learning*. Culver City, CA: Good Year Books.
- LEDERMAN, N.G. y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). Avoiding De-Natured Science: Activities that promote understandings of the Nature of Science. En W.F. McComas (ed.), *The nature of science in science education* (pp. 83-26). Dordrecht: Kluwer.
- MAMPEL, L., COBOS, A., ALCALÁ, L., ESPÍLEZ, E., ROYO-TORRES, R., GONZÁLEZ, A. y GASCÓ, F. (2010-2011). Icnitas de dinosaurios en Aguilar del Alfambra (Teruel, España). *Teruel*, 93(1), 41-54.

- MATTHEWS, W.H., CHALMER, J.R., STEVENSON, M.F., HARRIS, D.T. y DEXTER, W.A. (1973). *Investigating the earth*. Boston: Houghton Mifflin.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1998). *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington, DC: National Academy Press.
- SEQUEIROS, L., PEDRINACI, E. y 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.

