¿Quién mató a los ammonites de Aragón? El paleontólogo Sherlock Holmes y los fósiles

Leandro SEQUEIROS

Catedrático de Paleontología. Profesor de Filosofía. Facultad de Teología de Granada. C/ Profesor Vicente Callao, n.º 15 (Campus Universitario de La Cartuja). E-18011 Granada. España. C/e: <lsequeiros@probesi.org>

«Dejad que el cerebro trabaje sin materiales suficientes, es como hacer funcionar una máquina a mayor presión que la necesaria. Acaba destrozándose».

[Sherlock Holmes, *El pie del diablo*]

Introducción

La tarea de los paleontólogos es muy parecida a la de los detectives: a partir de los restos de un cadáver se pretende reconstruir la historia completa de ese resto ahora fósil. Para llegar a conclusiones fiables, el paleontólogo debe acostumbrarse a utilizar un método minucioso de investigación. Un método que parte del estudio de los restos preservados en el registro fósil. Son los materiales de investigación (SEQUEIROS, 2010).

Pero esos materiales –ya lo dijo Sherlock Holmes– deben ser suficientes. Si no, llegamos a resultados absurdos y el cerebro, como una máquina, acaba produciendo fantasías sin sentido.

Nos ha parecido aquí que la metáfora de Sherlock Holmes, el personaje ficticio creado en el año 1887 por Sir Arthur Conan Doyle (1859-1930), puede ayudar al profesorado a orientar su tarea con los estudiantes de educación secundaria. Holmes es un «detective asesor» del Londres de finales del s. XIX, que destaca por su inteligencia y por el hábil uso de la observación y el razonamiento deductivo para resolver casos difíciles. Precisamente, educar en la observación y el razonamiento deductivo es un escalón inicial en el desarrollo de la inteligencia investigativa necesaria a todo ser humano (fig. 1).

Figura 1. Paleontólogos obteniendo información sobre la vida en el Jurásico marino en los alrededores de Belchite (Zaragoza). Leandro Sequeiros con sus alumnos en 1977.

Primera deducción del paleontólogo: «Los muertos hablan»

En los relatos forenses de Sherlock Holmes todo empieza con un minucioso examen del cadáver y del escenario del crimen.

«—Ya estamos con las deducciones y las inferencias –dijo Lestrade haciéndome un guiño–. Holmes, yo encuentro ya bastante difícil luchar con los hechos, sin tener que correr en persecución de teorías y fantasías.

—Tiene usted razón, –dijo Holmes con hipócrita seriedad–. Encuentra usted muchas dificultades en luchar con los

Figura 2. La historia de la Tierra está escrita en clave mineral en el registro geológico. Detalle del flysch *de Algeciras en la playa (foto tomada en 1979 con los alumnos de Geológicas de Zaragoza).*

hechos». [*La aventura del misterio del valle de Boscombe*, de CONAN DOYLE.]

Un fósil no es solamente un objeto curioso que ocupa un espacio en la vitrina del coleccionista. Es un elemento material que esconde dentro de él mismo una ingente cantidad de información que debe ser decodificada (Sequeiros, 2001). Informan sobre su biología a partir de un minucioso trabajo de observación de los hechos actuales (GARCÍA DE LA TORRE, SEQUEIROS Y PEDRINACI, 1993).

Por lo general, los estudiantes de educación secundaria tienen mucha dificultad (inherente a su inmadurez) para poder acercarse de modo objetivo a lo que hemos llamado la tozudez de los hechos. Saltan con excesiva facilidad de los hechos a la interpretación, con frecuencia irracional. El imaginario del orden preestablecido del universo, les hace caer en interpretaciones no científicas de la realidad.

El primer paso para acompañar a los estudiantes en este proceso de reconstrucción de la vida del pasado a partir de los datos del registro geológico, debe ser adiestrarlos en la competencia de observar la realidad, intentar definirla racionalmente y –dentro de sus posibilidades – facilitarla herramientas de cuantificación (fig. 2).

Sugerencias de actividades

1. Con ayuda de los TIC's se puede invitar a los estudiantes a acercarse a algunos datos de actualidad: por ejemplo, en estos días (septiembre de 2010) la prensa e internet se ha hecho eco de los nuevos yacimientos de fósiles. (En internet, la voz «yacimientos de fósiles» [http://www.google.es/#hl=es&source=hp&q=yacimientos+de+fosiles&btnG=Buscar+con+Google&meta=&aq=f&oq=yacimientos+de+fosiles&fp=e6c3a2493f92efe] tiene 240.000 entradas: trilobites gigantes, dinosaurios, insectos en ámbar.) *Que los alumnos elijan algunos de los artículos y hagan una reflexión escrita: ¿qué es lo que se trata ahí?, ¿qué son los fósiles?, ¿es fácil encontrar fósiles?, ¿cómo crees que han llegado hasta nosotros? Después, poner en común los resultados. Y hacer un póster.*

2. Visita al Museo de Paleontología de la Universidad de Zaragoza o a Dinópolis, en Teruel. Pueden incluso visitarse de forma virtual. *Los aprendices de detective paleontólogo giran la visita virtual y elaboran un informe de la visita: ¿qué has encontrado que no conocías?, ¿qué te dicen esos fósiles?*

3. En 1975, el paleontólogo Trino de Torres, realizando su tesis doctoral sobre osos de las cavernas, encontró en una sima de la provincia de Burgos, en Atapuerca, cerca de Ibeas de Juarros, una mandíbula humana a la que se supone mucha edad. *¿Qué nos dice esa mandíbula?, ¿por qué es humana?, ¿qué es lo que hacía ahí, entre los huesos de oso?, ¿no será la huella de un crimen pasional?* Éste fue el inicio de uno de los proyectos más ambiciosos de la Paleontología española: el proyecto Atapuerca, que mereció el premio Príncipe de Asturias.

4. Hacer una visita virtual al Museo del Hombre de Burgos, con los fósiles de Atapuerca (http://www.google.es/#hl=es&source=hp&q=burgos+museo+del+hombre&aq=1&aqi=g2&aql=&oq=Burgos+%22Museo+del&gs_rfai=&fp=83fdfeca1b371826).

5. *Visitar con ayuda de expertos un yacimiento fósil. Son muy ilustrativos en Aragón los de fósiles del Jurásico (entre 180 y 120 millones de años). Son particularmente ricos los de Belchite, Moneva, Ricla, Ariño, Aguilón, Albarracín, Moscardón, y un largo etcétera. Los ammonites son especialmente vistosos. Sin dañar el yacimiento, anotar cuidadosamente en el cuaderno de campo todo lo que se observa. Sin hacer todavía deducciones apresuradas recopilar la mayor cantidad de datos con esquemas, fotografías, tomas de vídeo, etcétera.*

6. Discutir con los compañeros de investigación las preguntas más sencillas: *¿Cómo han podido llegar hasta allí?, ¿qué harías para estudiarlos?*

Segunda cuestión: «¿Qué mató a los ammonites fósiles de Aragón?»

El detective Sherlock Holmes observa primero cuidadosamente el cadáver sin tocarlo. Un cadáver es un cuerpo muerto. Pero si hay cadáver con un agujero, posiblemente es porque alguien le ha disparado. Hay una relación causa-efecto. Todavía no entramos en las motivaciones del crimen.

Para el paleontólogo detective, la muerte biológica es una realidad que no se puede ocultar. Todo ser vivo tiene una fecha de caducidad. En algunas ocasiones, esa muerte se precipita por una enfermedad o un desajuste a las condiciones cambiantes del medio.

Por eso, es muy importante estudiar el escenario del posible crimen. Las causas que precipitaron la desaparición de un ser vivo del que, millones de años más tarde, puedo conocer sus trazas de actividad orgánica. Millones de años más tarde podrían saber quién mató al dinosaurio. Los paleontólogos profesionales dan hoy mucha importancia a una rama emergente de las ciencias geobiológicas que es la Tafonomía: el estudio de los procesos físicos, químicos y biológicos que afectan a un cadáver desde su muerte hasta que hoy lo podemos observar y estudiar dentro del registro geológico. Y tal vez los profesores no tengan que insistir mucho en esto. Pero deben tener muy en cuenta que el camino que lleva del fósil actual al vivo pretérito es tortuoso. Muy diversos procesos físicos, químicos y biológicos pueden haber modificado, encubierto, distorsionado y amplificado la información que puede inferirse de una simple ojeada al objeto fósil.

Algunas sugerencias de actividades

1. Esta misma tarea de reconstrucción de las causas de la muerte está siendo realizada en Dinópolis (http://www.dinopolis.com), en

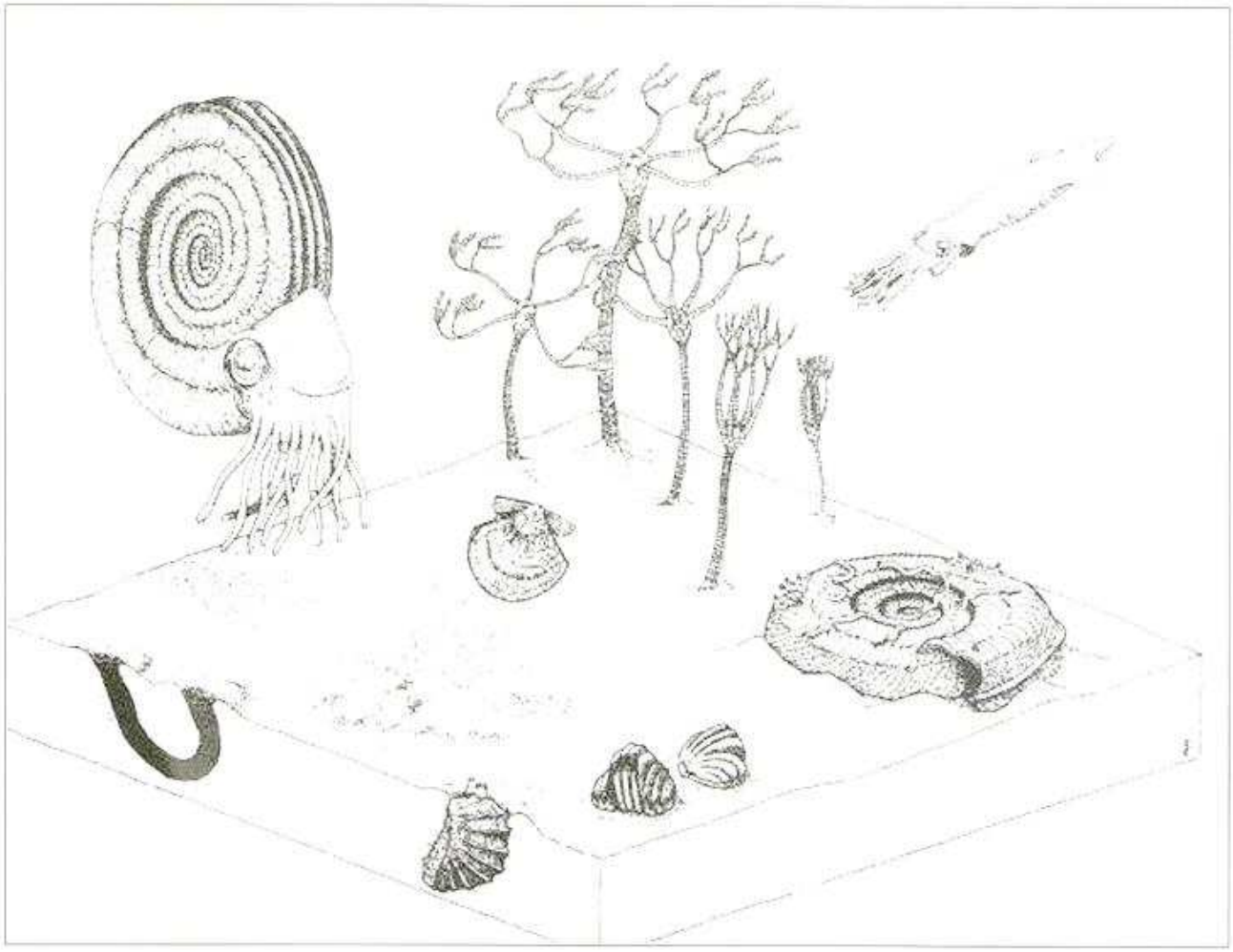

Figura 3. Reconstrucción paleoecológica de una comunidad del Jurásico Inferior margoso de Ricla (Zaragoza). Organismos depredadores: los cefalópodos (bien de concha externa, como los Hildoceras, *bien de concha interna, como los belemnites). Organismos sésiles de epifauna filtradora: crinoideos (*Pentacrinus*) y braquiópodos. Organismos libres de epifauna (bivalvos). Organismos de infauna: bivalvo perforante y rastro de artrópodos o de gusanos. Obsérvese la concha de ammonites en el fondo que está siendo colonizado por epizoos (serpúlidos, gusanos tubículas). (Tomado de McKerrow, 1978.)*

Teruel. Aquí los paleontólogos y los expertos en restauración, morfología funcional y biomecánica infieren, a partir de los restos dispersos de osamentas y huellas de actividad de dinosaurios muchas variables biológicas de los mismos.

2. Nuevas técnicas de tomografía axial computerizada aplicada a los fósiles (ZAMORA y RAHMAN, 2009) pueden ser utilizadas en clase para investigar las causas de la muerte de seres vivos del pasado. *Buscar en la revista citada estos fósiles tridimensionales. Buscar en internet nuevos datos: ¿qué podemos saber de sus partes blandas?, ¿cómo reconstruir la biología de las partes blandas que se han podrido,? ¿cómo se alimentaban?, ¿cómo respiraban?, ¿cómo se reproducían?*

3. No siempre la presencia de un fósil en una formación geológica demuestra las características del medio en que se encuentra. Un caso muy clásico es el de los ammonites, cefalópodos con concha espiral externa (http://www.telefonica.net/web2/paleontologiaernesto/Invertebrados/Ammonoidea.html). Estos moluscos tenían (como los actuales calamares y el *Nautilus* del Capitán Nemo de Julio Verne) una gran capacidad de desplazamiento por los mares (podían recorres cada año miles de kilómetros para aparearse y reproducirse) (http://www.slideshare.net/aarg/diseccin-moluscos). Pero además, una vez muertos, sus conchas vacías (o llenas de los gases de putrefacción) flotaban con facilidad. Y las corrientes marinas podían desplazarlos a miles de kilómetros de donde murieron (Sequeiros, 1978; 1982; 1984; SEQUEIROS y CARIOU, 1984; http://www.casaciencias.org/aquarium/con-pies-y-cabeza/histnat/presion.html; http://www.ampsvr.org/ampsvr/0archivos/revista/paleomina00/ammonitico%20rosso.pdf). *¿Qué sabes de la vida de los* Nautilus*? En* YouTube *hay películas sobre la vida de los* Nautilus*. ¿Cómo nadan? ¿En qué se diferencian de los moluscos gasterópodos? ¿Cuál es la estrategia vital de los caracoles y la de los Nautilus? ¿Cuáles son más eficaces?*

4. Los paleontólogos expertos han creado una compleja terminología para sistematizar estos fenómenos y los agrupan bajo una nueva disciplina: la bioestratinomía. Incluso los más expertos han creado el concepto de *tafón* (paralelo al de *taxón*) para incluir al conjunto de fósiles que han sido acumulados bajo las mismas condiciones físicas. Esto es necesario que lo sepa el profesorado. *Pero no hace falta cargar en exceso al alumnado con estas cuestiones. Es suficiente con que diferencien entre fósiles «en posición de vida», como sucede con los arrecifes de coral o algunos moluscos de infauna (como las* Pholadomya *del Jurásico de Aragón, que taladran fondos duros y quedan fosilizadas «in situ»).* La figura 3 muestra una reconstrucción de un fondo marino. *¿Cómo sobreviven las formas? Se sugiere a los estudiantes compararla con la figura 4.*

5. En la región de Almonacid de la Cuba (Zaragoza, cerca de Belchite) hemos estudiado otro escenario singular (SEQUEIROS *et al.*, 1978). La secuencia estratigráfica es muy potente para el Jurásico Inferior. En algunos niveles litológicos, constituidos por calizas areniscosas muy bioturbadas, son frecuentes los bivalvos cementados al antiguo sustrato, los que tenían gran tamaño y vivían sobre el fondo y los perforantes de infauna. *¿Conoces algún organismo de epifauna?, ¿y de infauna?, ¿qué diferentes estrategias de supervivencia tienen los de epifauna? Construye un bloque diagrama o diseña una maqueta.*

6. En el escenario de Belchite (Zaragoza) y dentro del Jurásico Inferior (SEQUEIROS y MAYORAL, 1999) los grandes bivalvos *Plagiostoma* están densamente colonizados por briozoos, serpúlidos, larvas de bivalvos y braquiópodos, equinodermos... En algunas ocasiones, la colonización se observa en el interior de la valva. Pero por lo general, es el exterior de ambas valvas juntas quien presenta tal colonización (fig. 4). En ocasiones, los epibiontes (epizoos y epifitos) se sitúan preferencialmente cerca de la comisura de las valvas. Se infiere que, al menos en parte, la colonización fue en vida de estos bivalvos, que vivían sobre el fondo (al menos en parte) y cuyos epibiontes se alimentaban que aprovechan las corrientes de agua de los sifones. *Buscar en el diccionario o en Internet estos conceptos. ¿Conoces casos concretos de seres vivos?, ¿cómo interpretarlo?, ¿crees que se adhirieron en vida del cefalópodo o después de muerto?*

Tercera cuestión: ¿Se pueden reconstruir las poblaciones del pasado?: Los individuos mueren, pero las poblaciones sobreviven y cambian con el tiempo

Los paleontólogos detectives saben que los seres vivos sólo se entienden dentro de una enti-

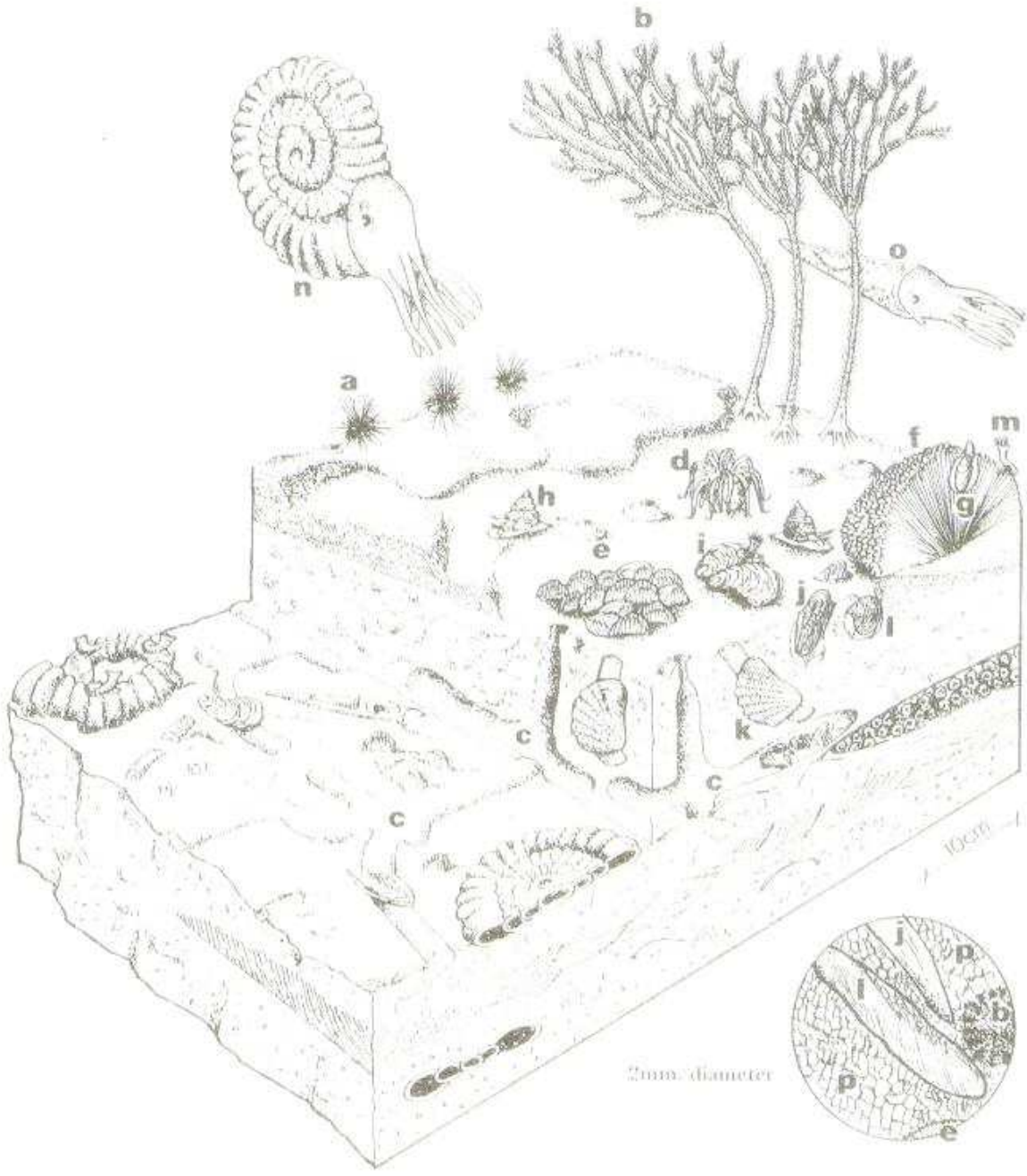

Fig. 70 Calcarenite Community

a pseudodiadematid (Echinodermata: Echinozoa — sea urchins)
b *Pentacrinus* (Echinodermata: Crinozoa)
c *Thalassinoides* (trace fossil — crustacean)
d *Oppelismilia* (Coelenterata: Anthozoa: Scleractinia)
e rhynchonellids (Brachiopoda: Articulata: Rhynchonellida)
f *Isastrea* (Coelenterata: Anthozoa: Scleractinia)
g *Lithophaga* (Mollusca: Bivalvia: Mytilonda)
h *Pleurotomaria* (Mollusca: Gastropoda: Archaeogastropoda)
i *Liostrea* (Mollusca: Bivalvia: Pteriomorphia — oysters)
j *Modiolus* (Mollusca: Bivalvia: Mytilonda)
k *Pholadomya* (Mollusca: Bivalvia: Anomalodesmata)
l *Isocrete* (Mollusca: Bivalvia: Veneroida)
m serpulid (Annelida — polychaete)
n *Liptoceras* (Mollusca: Cephalopoda: Ammonoidea)
o belemnite (Mollusca: Cephalopoda: Coleoidea)
p cement of calcite (in inset)

Figura 4. Reconstrucción paleoecológica de una comunidad del Jurásico de fondo formado por calcarenitas. (Según datos de McKerrow, 1978.)

dad más amplia, una comunidad de genes compartida que se perpetúa en la descendencia. Aunque con frecuencia hay errores de duplicación. Un hijo no es la fotocopia de los padres. Pero hay un «aire de familia» que atraviesa el tiempo. «Este niño se parece al abuelo».

En la naturaleza el parecido morfológico (que con frecuencia coincide con un patrimonio genético similar) puede perpetuarse millones de años. Es un «linaje»genético. Una rama común de semejanzas morfológicas y genéticas. Pero el Sherlock paleontólogo sólo encuentra cadáveres sin genes. Las únicas «pruebas» son de tipo morfológico. Tiene que comparar entre sí los caracteres externos para inferir si pertenecía al mismo grupo o población.

Sugerencias de actividades

1. Vamos a acercarnos a un escenario que al autor de este trabajo le es familiar: el escenario de los materiales del Jurásico de la Cordillera Ibérica, en la provincia de Zaragoza. El riguroso clima aragonés es un tormento para los agricultores, pero una bendición para los paleontólogos. En los alrededores de Ricla (Zaragoza, cerca de La Almunia de Doña Godina), en Belchite, en Aguilón y en Moneva, la ausencia de vegetación, la ausencia de una tectónica vigorosa y la acción intermitente de arroyadas ha dado lugar a un paisaje singular. El frío ha triturado la caliza y el agua de lluvia lava y disuelve las superficies. Gracias a esta acción físico-química, el paleontólogo puede observar cientos de metros sucesivos de estratos rocosos perfectamente identificables en el campo. Más de una vez nos han tildado de locos por dedicarnos a numerar con pintura resistente amarilla la larga secuencia de estratos. Sequeiros (1982, 1984) y Sequeiros y Cariou (1984) han dedicado muchos años a estudiar en detalle, nivel a nivel, las rocas sedimentarias jurásicas desde la base (el Jurásico Medio) hasta el techo (el Jurásico Superior). Cientos de páginas pétreas depositadas en un fondo marino de plataforma durante varios millones de años.

2. Tal vez los ejemplos más significativos se encuentran en aquellos escenarios prácticamente monoespecíficos que hay en el Jurásico de Aragón (bancos de ostras, racimos de braquiópodos sésiles, praderas de crinoides, bancos de Pholadomya, arrecifes coralinos, niveles de poblaciones de estrategia oportunista r [como pequeños bivalvos epiplanctónicos como *Plicatula spinosa*], niveles de *Plagiostoma gigantea* profusamente colonizadas, acumulaciones masivas de improntas de medusas).

Otras actividades sugeridas

1. En este apartado hemos citado algunas palabras científicas que, al menos, deben sonar a los estudiantes de educación secundaria. En un diccionario de familias etimológicas (http://www.ugr.es/~didlen/publicaciones/Educ_literaria_contents.pdf) buscar el significado inferido de la etimología de los conceptos de paleobiología, paleoautoecología, paleosinecología, biotopo, monoespecíficos, braquiópodos, sésiles, crinoides, oportunista, epiplanctónicos, improntas, Arqueociatos, mamíferos, dinosaurios, rudistas.

2. *En la provincia de Soria, en Torralba y Ambrona: estudio in situ de excavaciones de mamíferos del Pleistoceno. En Aragón, en el Jurásico de Ricla, Belchite, Aguilón, Moneva, etcétera. Determinados niveles del registro geológico están constituidos por lo que los geólogos llaman una lumaquela (En italiano,* Lumaquela *es «caracolillo» y se aplica a las placas pulidas para ornamentación constituidas por masas de fósiles de la misma especie): acúmulos del braquiópodo posiblemente epiplanctónico* Gibbirhinchia *en Josa (Teruel), praderas de crinoides en el Jurásico de Belchite (Zaragoza), etcétera.*

3. *Elige alguna de las poblaciones citadas. ¿Cómo organizan su vida para sobrevivir? ¿Hay selección natural? ¿Qué es la selección natural?*

4. Otro ejemplo más elaborado teóricamente es el establecido por Calvo y Gil Bazán (1997). Sistematizan los elementos que intervienen en el ecosistema complejo. Sugerimos dos tipos de actividades productivas y formativas para los estudiantes: *a) Estudio cuantitativo de los componentes de un ecosistema del pasado a partir de los restos encontrados: En el Jurásico Inferior de Ricla hemos encontrado 650 braquiópodos, 36 crinoideos, 28 ammonites, 120 belemnites, 45 bivalvos nadadores (pectínidos y* Chlamys*), 12 bivalvos de infauna, 12 bivalvos cementados al fondo (ostréidos). Establecer las interacciones entre depredadores y filtradores. b) Construcción de un bloque diagrama paleoecológico inferido de estos datos.*

El profesor McKerrow ha elaborado unos didácticos bloques diagrama (publicados en 1978) para el Jurásico que pueden ser completa-

dos y compuestos por los alumnos a partir de sus propios datos.

Más sugerencias de actividades

Presentemos algunos escenarios:

1. Uno de ellos es el de la dinámica marina hace 150 millones de años, una época especialmente compleja para la evolución del Tethys.

2. En la región sur de España, lo que se llama Cordillera Bética, se han podido inferir conclusiones sobre dinámicas biológicas, cambios de nivel del mar, alteraciones climáticas, procesos tafonómicos, ecológicos y evolutivos.

3. Con una perspectiva más amplia, hemos vuelto a estos temas años más tarde (TERRA, 1992; PEDRINACI, 2002; SEQUEIROS, 2010).

Conclusiones

Los paleontólogos novatos suelen sacar consecuencias apresuradas ¿Qué información fiable puede suministrar el registro fósil para inferir conclusiones sólidas sobre diversos aspectos de la biología del pasado? ¿Qué aspectos son más fecundos para la construcción mental del paradigma de la complejidad sistémica del planeta Tierra? ¿Hasta dónde se puede llegar en la Geología Global?

Con la ayuda del método científico inductivo, al estilo de Sherlock Holmes, se puede avanzar en el conocimiento de la vida del pasado. Es necesario superar la etapa del coleccionismo de fósiles para alcanzar el estado de investigador de los casos policiales de la vida del pasado.

Agradecimientos

Al Dr. Guillermo Meléndez Hevia (Universidad de Zaragoza) por haberme suministrado los bloques diagrama paleoecológicos de este trabajo.

Bibliografía

CALVO HERNÁNDEZ, J. M. y GIL BAZÁN, E. 1997. Consideraciones sobre la didáctica de las reconstrucciones paleoecológicas y su problemática en Educación Secundaria. *Geogaceta*, **21**, pp. 47-49.

EQUIPO «TERRA» (L. Sequeiros) 1992. *Treinta razones para aprender más geología en la Educación Secundaria*. VII Simposio sobre la Enseñanza de la Geología, Santiago, septiembre de 1992, Actas, pp. 231-240.

GARCÍA DE LA TORRE, E., SEQUEIROS, L. y PEDRINACI, E. 1993. Fundamentos para el aprendizaje de la Geología de Campo en la Educación Secundaria: una propuesta de formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1 s(1), pp.11-18.

MCKERROW, W. S. (ed.) 1978. *The ecology of fossils. An illustrated guide*. Duckworth, London.

PEDRINACI, E., SEQUEIROS, L. y GARCÍA DE LA TORRE, E. 2002. El trabajo de campo en la enseñanza de la geología. *In*: VV. AA. *Las ciencias en la escuela. Teorías y prácticas*. Editorial Graó, Barcelona, pp. 25-137.

SEQUEIROS, L., CÓLERA, I., VALENZUELA, R. y SÁNCHEZ, I. 1978. Bioestratigrafía del Jurásico (Lías y Dogger) en el Sector Belchite-Almonacid de la Cuba (Zaragoza). *Estudios geológicos*, **34**, pp. 293-298.

SEQUEIROS, L. 1982. El Calloviense de Moneva (Zaragoza). Precisiones bioestratigráficas. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, **80** (1-4), pp. 153-162.

SEQUEIROS, L. 1984. Facies y ammonites de edad Calloviense al sur de Zaragoza (Cordillera Ibérica). *Boletín Geológico y Minero*, **95** (2), pp. 3-9, 7 fig.

SEQUEIROS, L. y CARIOU, E. 1984. Síntesis bioestratigráfica del Calloviense de Ricla (Zaragoza, Cordillera Ibérica). *Estudios geológicos*, **40**, pp. 411-419.

SEQUEIROS, L. y MAYORAL, E. 1999. Estructuras bioerosivas y epibiontes del Jurásico Inferior de Belchite (Zaragoza). *Naturaleza Aragonesa*, **4**, pp. 10-20.

SEQUEIROS, L. 2001. Los fósiles «hablan»: ¿qué aporta la paleontología al conocimiento del planeta Tierra? *In*: Gámez Vintaned, J. A. y Liñán, E. (eds.) *Memorias de las VII Jornadas Aragonesas de Paleontología: «La Era Paleozoica. El desarrollo de la vida marina». Homenaje al Prof. Jaime Truyols*. Institución «Fernando el Católico», Zaragoza, pp. 27-59.

SEQUEIROS, L. 2010. ¿Quién mató al dinosaurio? Sherlock Holmes y los fósiles. Algunos escenarios para la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **18** (1), pp. 107-118.

ZAMORA, S. y RAHMAN, I. A. 2009. Fósiles «virtuales» cámbricos del Parque Natural del Moncayo. *Naturaleza Aragonesa*, **23**, pp. 12-20. [Con imágenes en 3D.]