

## ¿Qué paleontología conviene enseñar?

por Claude BABIN

Laboratoire de Paléontologie et Stratigraphie du Paléozoïque - Faculté des Sciences - Université de Bretagne Occidentale -  
6, Avenue Le Gorgeu - 29283 BREST Cedex - France, et GRECO 130007 (CNRS)

### SUMMARY

The teaching of palaeontology has suffered from being often reduced to a systematic treatment of fossils, i. e. to an only morphological and nomenclatural study. The moment is opportune to rehabilitate palaeontology and that for two reasons. First its contribution to the present geological debates is not small. On the other hand, it can no longer be ignored by the biologists who cope with the problem of evolution. Primarily, the students have to be reconciled to palaeontology and this implies that teaching would remove and its modern aspects emphasized. Paradoxally, this renovation implies a rehabilitation of the systematics, but it will be a critical and dynamical systematics cleared of nomenclatural encyclopaedism. In other respects, it is necessary to combine harmoniously this systematical interest with general problems like those of morphofunctional analysis, palaeoecological approach, ways of evolution, stratigraphical and palaeogeographical implications. It is also necessary to fit the practical works with the magisterial lectures. An objective example, the Trilobites, is finally given to illustrate the purpose.

### RESUMEN

La enseñanza de la paleontología se ha visto a menudo reducida a una presentación sistemática de los fósiles, es decir, a un estudio solamente morfológico y de nomenclatura. El momento actual es oportuno para rehabilitar la paleontología, y esto por dos razones. En primer lugar, por su gran contribución a los debates geológicos actuales. Por otro lado, no puede ser ignorada por más tiempo por los biólogos que se enfrentan con el problema de la evolución. Ante todo, debe reconciliarse a los estudiantes con la paleontología, lo cual supone una búsqueda de renovación en la enseñanza de esta disciplina, poniendo de relieve sus aspectos modernos. Paradójicamente, esta renovación implica una rehabilitación de la sistemática, pero la de una sistemática crítica y dinámica, no la de un enciclopedia nomenclatural. Además, es necesario combinar armoniosamente esta parte sistemática con problemas generales concernientes al análisis morfofuncional, a las aproximaciones paleoecológicas, los problemas de la evolución, las implicaciones estratigráficas y paleogeográficas. También es preciso establecer un diálogo permanente entre la parte práctica y la parte magistral de esta enseñanza. Un ejemplo objetivo, el de los Trilobites, sirve aquí para ilustrar la concepción propuesta.

### RESUM

L'ensenyament de la paleontologia s'ha vist sovint reduït a una presentació sistemàtica dels fòssils, és a dir, a un estudi solament morfològic i de nomenclatura, i això per dues raons. En primer lloc, per la seva contribució als debats geològics actuals. Per altra banda, no pot ser ignorada més temps pels biòlegs que s'enfronten amb el problema de l'evolució. Abans de res, però, s'ha de reconciliar als estudiants amb la paleontologia, la qual cosa suposa una recerca de renovació a l'ensenyament d'aquesta disciplina, posant de relleu els seus aspectes moderns. Paradoxalment, aquesta renovació implica una rehabilitació de la sistemàtica, però d'una sistemàtica crítica i dinàmica, no la d'un enciclopedisme nomenclatural. A més, cal combinar harmoniosament aquesta part sistemàtica amb problemes generals que concerneixen l'anàlisi morfofuncional, les aproximacions paleoecològiques, els problemes de l'evolució, les implicacions estratigràfiques i paleogeogràfiques. També caldria establir un diàleg permanent entre la part pràctica i la part magistral d'aquest ensenyament. Un exemple objectiu, el dels Trilòbits, ens serveix aquí per a il·lustrar la concepció proposada.

La enseñanza de la paleontología viene pasando desde hace unos años por un período de crisis que al parecer procede de varias causas. Muchos paleontólogos invocan los maleficios de una moda que, como tal, esperan que sea transitoria o a la que imaginan poder exhortar con sus quejas. Ciertamente es que los rápidos progresos de las Ciencias de la Tierra han introducido nuevos conceptos (tectónica de placas, por ejemplo) cuyo corolario es la valoración de nuevos enfoques que favorecen un particular desarrollo de ciertas disciplinas (geoquímica, geodinámica). Bien es verdad que semejante evolución no se hace sin perjudicar a los aspectos más clásicos de la geología, pudiendo así hallarse afectada la paleontología.

También resulta cierto que, demasiado a menudo, la ciencia de los fósiles ha desempeñado el único papel de prestación de servicios a los demás geólogos (determinación de fósiles para datación de los terrenos). Se ha encaminado así hacia una pérdida de su identidad para convertirse en mero instrumento. Además, en el campo de la datación sufrió la competencia de la radiocronometría, aunque los resultados de esta última, mucho más costosos, no han llegado a la seguridad ni a la precisión de los obtenidos por el estudio de los fósiles.

Sin embargo, la más elemental objetividad obliga a que cualquier observador reconozca que la investigación paleontológica no está anquilosada, y el examen de los trabajos publicados a lo largo de los dos últimos decenios persuadirá al crítico más exigente de la realidad de esta evolución o, mejor dicho, de esta renovación.

Por eso, el considerar que la reducción de la paleontología en la enseñanza es la ineluctable salida de la desintegración de la geología o el ineludible resultado de alguna negra coalición de especialidades jóvenes y ambiciosas aliadas contra una hermana mayor, me parece una explicación un tanto simplista.

Conviene, ciertamente, no menospreciar cada uno de los datos de tal contexto —¿Quién, por lo demás, podría deplorar la emergencia de nuevos campos de investigación y su pujanza? Con todo, el diagnóstico de este retroceso procede a mi modo de ver de causas más profundas y graves. Una inadecuación de la enseñanza de la paleontología durante varios decenios es, en mi opinión, lo que seguramente más ha contribuido a desacreditar nuestra disciplina entre varias generaciones de estudiantes. La enseñanza de que hablo es

aquella que redujo la paleontología a un estudio sistemático de los principales grupos y a una árida enumeración de fósiles estratigráficos. Invitado a aprender claves de nomenclatura, a recordar instantáneamente la identidad genérica, cuando no específica, de los fósiles y a atribuirles un nivel estratigráfico preciso, el estudiante conservaba el resabio amargo de un memorismo poco enriquecedor. Los manuales clásicos de paleontología publicados hasta el periodo de los años sesenta ilustran en su mayoría esta concepción de una enseñanza que así adquirió la fama de áspera. Este enciclopedismo había de repeler varias generaciones de geólogos, convencerles de su reducido interés y paradójicamente persuadir a buen número de ellos de su capacidad para determinar, ex abrupto, sobre el terreno, la mayoría de los fósiles recogidos para atribuir, con toda tranquilidad, una edad precisa a los terrenos estudiados. Seguimos sufriendo los efectos de este anticuado enfoque: ciertos viejos geólogos de campo afirman con sorprendente serenidad que resulta necesario y suficiente el aprender a identificar cien o doscientos fósiles «clásicos» para practicar una estratigrafía eficiente. En cuanto a las generaciones siguientes, por el contrario, han despreciado ampliamente los datos paleontológicos, lo que no deja de infundir fragilidad en el cimientamiento de numerosas especulaciones estructurales y paleogeográficas.

De modo paralelo, los biólogos, muchos de los cuales han perdido de vista desde hace unos años la importancia de la sistemática y de los estudios morfológicos al entregarse también a las delicias de nuevas disciplinas (genética, biología molecular), ignoran con soberbia la paleontología. Así, nuestra disciplina se les antoja arcaica a unos, marginada y anacrónica a otros, postura incómoda debido a su ubicación en la frontera entre Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Vida.

Paradoja sin embargo: desde hace unos años, numerosas revistas de divulgación científica vienen consagrando múltiples artículos a la paleontología, a la de vertebrados sobre todo y muy particularmente a la de los homínidos. Este mayor interés del público se explica desde luego por la importancia de los descubrimientos recientes en un campo que nos toca directamente, como es el de los orígenes del hombre. No quito que tal incentivo por los fósiles y por los problemas de la evolución se extiende a otros grupos y que esto podría ser beneficioso para toda la paleontología. Tampoco quiero ignorar que esta nueva pasión del público por los fósiles conlleva también su aspecto inquietante: me refiero al desarrollo de ese mercantilismo que conduce al saqueo de numerosos yacimientos. Dada esta situación, es nuestro deber utilizarla lo mejor posible para nuestras preocupaciones y creo que, a menudo, puede revelarse como globalmente positiva si los especialistas no vacilan en hacerse cargo de los muchos clubs y asociaciones de aficionados con el fin de encarrilar y utilizar aquellas energías entusiásticas de los neófitos.

Resumiendo, el contexto actual es el siguiente: por un lado el desdén de un gran número de científicos para con la paleontología, por el otro el interés creciente de un público culto por sus objetivos y, eventualmente, por sus métodos. La oportunidad parece pues propicia para intentar rehabilitar nuestra disciplina dentro de la comunidad científica, basándonos en la renovación del interés exterior. Esto sólo se podrá conseguir a partir de los cimientos de una enseñanza renovada de la paleontología. Esta enseñanza deberá privilegiar el estudio de los métodos y de los conceptos, reduciendo el campo atribuido a la sistemática. No significa esto que sea preciso abandonar todo acceso a una clasificación, y aclararé

este punto sin temer abogar por la sistemática; pero, en nuestra enseñanza, ésta no debe recibir más lugar del que merece, o sea, manifestarse como medio y no como fin.

Mi tema no consistirá pues en reflexiones originales; sólo pretende ser un breve balance de las dificultades actuales de la enseñanza de la paleontología, con el fin de desembocar en proposiciones de métodos, los cuales en su mayoría ya son aplicados por muchos de nosotros, pero conviene generalizarlos y afinarlos por medio de un experimento crítico y una reflexión colectiva.

Por motivos didácticos, que por tanto simplifican de modo exagerado las interferencias de las distintas partes de mi trabajo, me propongo examinar los principales aspectos de la paleontología que deben ser considerados en nuestra enseñanza. Ilustraré a continuación por medio de un ejemplo mi concepción de este enfoque pedagógico.

## LA SISTEMÁTICA

Sistemática, nomenclatura, clasificación, taxonomía. Tales palabras evocan para cada cual listas de nombres cuyo aprendizaje constituye un ejercicio estéril, y los estudiantes, a priori cohibidos, temen el tener que acometerlas. Esta visión desfavorable hallábase apenas exagerada, bien es verdad, cuando la enseñanza de la paleontología se limitaba, en lo esencial, a la exposición de diagnosis de familias y géneros. Reducción de una disciplina a un enfadoso psitacismo...

En descargo de la paleontología, recordemos que otras disciplinas incurrieron en el mismo defecto. Todas las Ciencias Naturales conocieron necesariamente esta etapa en un momento en gran parte de la actividad de los naturalistas se consagraba al inventario de las faunas y de las flores, de las rocas y de los minerales. Pero la enseñanza de las ciencias llamadas exactas tampoco rechazó el ejercicio de la memoria, con la repetición mecánica de fórmulas, reglas, leyes y ecuaciones. Al margen de las críticas que se le puedan dirigir, este proceso se revelaba posible mientras el volumen de los conocimientos permanecía limitado y, por consiguiente, asimilable. La impetuosa aceleración de los descubrimientos a lo largo de los últimos decenios hace, de ahora en adelante, caduco tal proceso de adquisición de un conocimiento. Frente a este crecimiento del contenido, los métodos deben ser renovados. Las mismas estructuras de las enseñanzas se han dislocado; la agrupación y, por consiguiente, la reducción de las antiguas disciplinas ha sido necesaria para permitir que emerjan las recién llegadas. Esta (r)evolución ha sido bastante analizada en múltiples escritos, siendo inútil el insistir ahora.

Sea lo que fuere, reconozcamos que se han confundido muy particularmente en paleontología —¿por pereza, necesidad o falta de interés pedagógico?— los tratados sistemáticos, indispensables instrumentos para la investigación, con manuales didácticos. Así, se le dio a la memoria un exagerado privilegio a expensas de la reflexión y en perjuicio de la transmisión de un mensaje paleontológico.

Entiéndaseme claramente, no es mi propósito el rechazar el esfuerzo de memoria. Por el contrario, sin la intención de dormirme más en los problemas generales que interesan a otros especialistas, me aplico —siempre que se me ofrece la ocasión— a defender con fuerza el ejercicio de memorización, ya que éste implica laudable disciplina. Más vale pues, siendo indispensable tal esfuerzo, cumplirlo aprendiendo poesías o descripciones de fósiles antes que páginas de la guía telefónica. En dicho ejercicio, además, la paleontología no

carece de originalidad. Favorece una forma particular de la memoria visual, como es la que consiste en saber nombrar un objeto ya observado. Este reconocimiento supone ciertos procesos asociativos de imágenes y palabras y requiere así otros circuitos cerebrales que los requeridos por el recitado de listas, versos o fórmulas. Pero, sobre todo, tal alegato no será nunca suficiente frente a la rechifla y a los defensores del laxismo mnemónico. Toda reflexión encaminada al preciso conocimiento de objetos y/o de conceptos necesita el ejercicio de memorización. Fuera de esto, todo viene a ser palabrería. Soy escéptico frente a ciertas afirmaciones perentorias que oponen un «enfoque sistemático... multidimensional, integrando la complejidad, la complementariedad, las interdependencias y la duración» a una «enseñanza fragmentada, lineal, secuencial, causalista... demasiado descriptiva que estriba muy a menudo en el análisis y la clasificación» (P. Meyer y J. de Rosnay, «Le Monde», 25 Noviembre 1980). ¿Inconsciencia o demagogia? ¿Deberemos, por haber practicado un exceso durante demasiado tiempo, incurrir por reacción irreflexiva, en un exceso inverso? ¿Cuál sería la eficacia de esta consideración directa de las interdependencias entre elementos de características precisas no analizadas? ¿Querrá suponerse que un enfoque inmediatamente global de fenómenos complejos corresponde al proceso lógico para la mayoría de las mentes? La historia de la Ciencia nos enseña lo contrario. A partir del momento en que prevaleció el esfuerzo de análisis fue cuando verdaderamente nació el razonamiento científico. Se puede pensar que un mismo proceso debe corresponder al desarrollo individual del pensamiento, ya que según la expresión haeckeliana «la ontogenia recapitula la filogenia».

Terminemos aquí; doy el pleito por concluido. La sistemática paleontológica no puede ser totalmente eliminada de nuestra enseñanza y la primera diligencia deberá consistir en convencer a los estudiantes. No temamos explicar que toda bioestratigrafía sutil exige determinaciones fiables de los fósiles, que cualquier intento de filogenia supone el conocimiento detallado de las formas consideradas, que cualquier síntesis paleoecológica y/o paleobiogeográfica necesita una clara aproximación taxonómica. Pueden emitirse dudas, por ejemplo, acerca del real interés de ciertos trabajos paleoecológicos que estriban en determinaciones genéricas o incluso supragenéricas, cuando resulta patente que las exigencias ecológicas de especies congénicas difieren la mayoría de las veces. Todo esto confirma la evidente necesidad de una sistemática continuamente mejorada. Linné lo había presenciado explícitamente cuando escribía en su «Systema naturae» (1735) «la verdadera Ciencia en la historia natural estriba en el orden metódico y en la nomenclatura sistemática». Más allá de las controversias sobre las concepciones descriptivas y nomenclaturales del sistema linneano, de la taxonomía numérica adansoniana o de la sistemática cladista hennigiana, de la que será forzoso hablar, el docente deberá subrayar la impericia de una paleontología que se concibiera ignorante de la sistemática. Recordaré a este particular la frase de P. Hupé (1960) según el cual «poner un nombre a un fósil es acto grave».

Prevenido con esta certidumbre, el estudiante se halla en condiciones de acometer positivamente el estudio de la sistemática. Entonces es cuando conviene no cohibirlo con una avalancha de taxones, cuyo resultado sería un definitivo rechazo de la paleontología. Mostremos que la incesante inflación de la nomenclatura (fig. 1) es el tributo al dinamismo de la investigación y que resulta a un tiempo de la multiplicación de las investigaciones en el campo y del perfecciona-

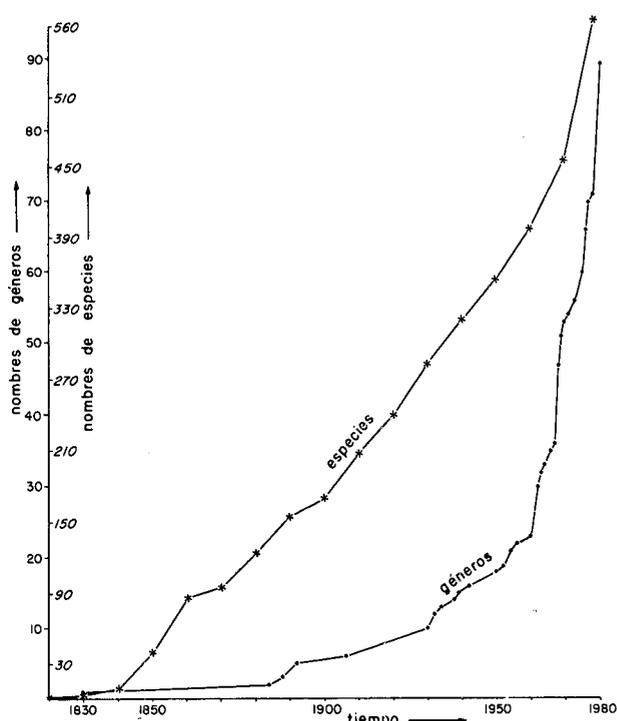


Fig. 1. Ejemplo de la rapidez del aumento del número de los taxones: nombres de los géneros y de las especies de los Chonetáceos (Braquiópodos del Paleozoico) desde 1820. (Según P. R. Racheboeuf, 1980).

miento técnico de los métodos de estudio. Recordemos que la estimación del número de especies que han existido desde el Cámbrico varía entre 50 millones y 4 mil millones, y que sólo 200.000 se hallan descritas, lo que significa que, a pesar de los azares de la fosilización, queda mucho por conocer. Este inevitable crecimiento de la taxonomía permite subrayar la vanidad del absurdo deseo de un saber sistemático exhaustivo y justificar la especialización de los paleontólogos.

Es necesario, en resumidas cuentas, convertir en directriz esta aparente contradicción: necesidad absoluta de la práctica de la sistemática e imposibilidad de un conocimiento taxonómico preciso generalizado. En efecto, a partir de tal comprobación, claramente expresada, es por donde debe elaborarse toda la estrategia de la enseñanza de la sistemática en Paleontología. Esta estrategia comporta los dos modos de enfoque complementarios clásicos: uno teórico y otro práctico. Cada uno de estos dos procesos ofrece intrincaciones con diversos aspectos evocados más abajo (morfología, evolución...) lo cual me permitirá ser sucinto.

El aspecto teórico de esta enseñanza, que corresponde a la clase magistral, debe consagrarse a problemas generales, eliminando lo más posible, cuando no completamente, las descripciones. Las discusiones sobre la concepción de los taxones deben ocupar aquí un amplio lugar. La noción de especie en particular merece un estudio especial, realizado a la luz de los numerosos trabajos y abundantes reflexiones que le consagran ahora muchos paleontólogos. La sistemática tipológica debe ser concretamente comparada con la que depende de los métodos cuantitativos y poblacionales; esto exige información acerca del enfoque estadístico y una ilustración precisa (fig. 2) analizada con espíritu crítico. Esta

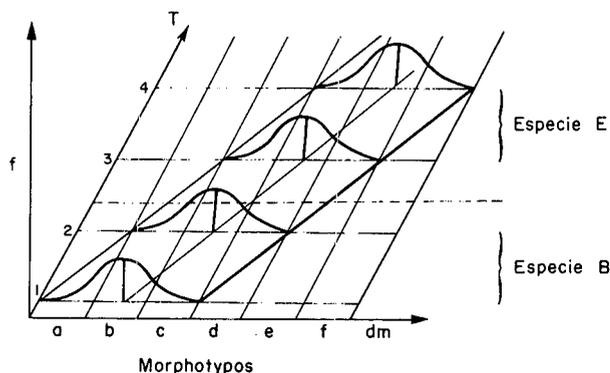


Fig. 2. Esquema de una evolución anagenética y noción de especie en ese caso (la especie B se transforma progresivamente en la especie E pasando por los estadios b, c, d, e (subespecies o «transients») (según H. Tintant, 1972).

exposición introduce otras discusiones acerca de los artificios de la jerarquía de los caracteres, los fenómenos de especiación (cronoespecies y «transients»...). Conduce a la necesidad de un código de nomenclatura internacional, a su significado y a su utilización.

En el curso de este examen sistemático, la consideración de ciertos grupos debe dirigirse a una información sobre las nuevas técnicas de investigación, que han ensanchado o renovado el campo de la clasificación. La irrupción de la microscopía electrónica de barrido en la micropaleontología ofrece un ejemplo excelente de ello: elaboración de una nomenclatura precisa para los nanofósiles, afinación de la de microobjetos (Conodontos, Acritarcos, dientes de micromamíferos, ...), emergencia de nuevos problemas para ciertos grupos (dificultades de las correlaciones para las esporas entre las determinaciones antiguas realizadas por microscopía fotónica y estas nuevas observaciones).

Este estudio sistemático no debe descartar el aplicar la presentación de ejemplos de fósiles enigmáticos. Este ejercicio peligroso, ya que la mayor parte de las veces necesita la consideración crítica de varias interpretaciones, es con todo muy incentivo. Subraya por un lado la cantidad de problemas que siguen planteándose para la sagacidad de los investigadores y muestra por otra parte que muchos de estos organismos enigmáticos ofrecen una evolución que les confiere un papel de marcadores bioestratigráficos no desdeñable.

La parte práctica de esta enseñanza estriba evidentemente en el estudio morfológico de fósiles. Sobre esto volveré más adelante. Pero esta actividad debe, por lo que ahora nos ocupa, conducir a una iniciación sistemática. Por las razones ya expuestas, ésta debe estibar en un número limitado de taxones. Esto implica, por una parte, una elección juiciosa del material, y atribuye por otra parte, un significado comprensible a los nombres de los taxones elegidos, que serán, por lo general, del rango del género o de la familia. La precisión de esta acepción puede eventualmente expresarse por una colocación entre comillas; así «*Monograptus*» designará un conjunto de formas que los especialistas reparten entre los géneros *Pristiograptus*, *Lobograptus*, *Monoclimacis*, *Saetograptus*, etc... Con tales convenciones, la sistemática permanece como un aprendizaje memorístico y permite orientarse, al tiempo de una primera acometida, dentro de los grupos esenciales. La adquisición del vocabulario nomenclatural no será ampliado más allá de tales designaciones

genéricas, puesto que se corre el riesgo de inculcar un amontonamiento de vocabulario intrincado e ineficaz ya que gran parte del mismo está destinado a la restricción o a la desintegración al progresar la sistemática. Conviene pues abandonar la mayoría, cuando no el conjunto, de las «determinaciones» específicas, dado que la identificación de una especie depende del análisis preciso hecho por un especialista e implica, incluso a estas alturas, una parte de subjetividad no despreciable.

La parte práctica de esta enseñanza relativa a los problemas de la sistemática debe igualmente iniciar al enfoque poblacional mediante ejercicios adaptados sobre conjuntos de fósiles demostrativos.

En definitiva, estas diferentes aproximaciones permiten que el estudiante entre en contacto con una sistemática resueltamente moderna que evita una memorización excesiva y que se convenga, sin embargo, de la importancia fundamental de este aspecto de la paleontología.

## ESTUDIO MORFOLÓGICO

El fósil es un objeto. Es objeto imperfecto ya que sólo es parte, o huella de una parte, de un organismo más o menos complejo. El análisis morfológico es primeramente descripción, pero ésta conduce a la interpretación y a la determinación (cf. más arriba). A las prácticas y a los ejercicios dirigidos les corresponde aquí la parte más importante de la enseñanza. Esta actividad, sin embargo, debe ser coordinada lo mejor posible con las clases teóricas para que las bases necesarias para las interpretaciones hayan sido previamente adquiridas.

Las prácticas propuestas revisten diversos aspectos. El procedimiento clásico sigue siendo fundamental. Consiste, para el estudiante, en examinar las características macroscópicas y microscópicas de los diversos grupos. Este examen implica la realización de dibujos y de esquemas, ejercicio que es a menudo mal acogido. Es necesario, aquí también, persuadir al principiante de la importancia del dibujo exacto y preciso, que no es dibujo artístico y que cada cual lo puede realizar correctamente sometiéndose a cierta disciplina. El dibujo es el que, a fin de cuentas, da testimonio de la realidad de una buena observación y permite que se conserve lo esencial. Dicha actividad supone evidentemente nociones básicas sobre los grupos estudiados. Estas, únicamente descriptivas, no pueden ser el objeto de disquisiciones magistrales aburridas. La solución más elegante consiste en distribuir textos cortos e ilustrados que dan un resumen de los rasgos morfológicos principales e introducen la necesaria terminología. Aquí también el especialista hace uso de un vocabulario impresionante: 400 a 500 términos, por ejemplo, para describir los caracteres de los Braquiópodos, y los tratados especializados contienen verdaderos léxicos de tales panoplias nomenclaturales. Se impone un aligeramiento drástico, y el docente debe mostrarse particularmente atento para realizarlo en los grupos de los que es especialista. La elaboración de fichas permite que el estudiante ordene sus esquemas y se oriente tanto en la terminología como en la sistemática.

Estas prácticas exigen por otra parte bases suficientes de Botánica y Zoología. Este aspecto de la formación de los estudiantes depende desgraciadamente de otras disciplinas que la moda actual tiende a sacrificar, hasta la extinción, en aras de otras disciplinas más recientes de la Biología. En estas prácticas conviene cerciorarse de los conocimientos

adquiridos para evitar que nuestras razones se manifiesten desprovistas de sentido. Una solución eficaz consistiría en la asociación de las disciplinas concernientes a temas precisos. Hemos tratado de llevar a cabo semejante experiencia en la Universidad de Brest, asociando, en una misma unidad de enseñanza consagrada a la evolución de los Vertebrados, a zoólogos y paleontólogos. La rigidez de numerosas estructuras universitarias es desgraciadamente poco favorable a la extensión de semejantes colaboraciones pedagógicas.

El estudio morfológico debe ir más allá de la mera observación apuntada en dibujos. Puede a veces acarrear dificultades de interpretación, espacial por ejemplo en el caso de la arquitectura compleja de ciertos microorganismos examinados en láminas delgadas (Foraminíferos). La realización de maquetas, de modelos, puede entonces revelarse muy útil. El estudio por la microscopía electrónica que ya no es posible eludir se hace sobre documentos fotográficos de microestructuras, microornamentaciones, microfósiles. Debe concederse un lugar no despreciable a la morfología comparada que por medio de los polimorfismos, de las homeomorfías, de las adaptaciones, de las asociaciones de comensales, introduce a numerosos problemas relacionados con la paleoecología, la evolución, etc...

Estos últimos aspectos son los que más particularmente deberán ser objeto de algunas disquisiciones en las lecciones consagradas al estudio morfológico: análisis morfofuncional, paradigmas, variaciones estructurales... serán los aspectos más particularmente acometidos.

En definitiva, este análisis morfológico presenta varias finalidades: aprendizaje de una terminología simplificada relativa a los principales grupos, conocimiento de los caracteres cardinales para la sistemática y dentro de éstos, aproximación a una interpretación morfofuncional, a veces evidente pero a menudo conjetural.

## LA PALEOECOLOGÍA

Aunque la literatura antigua contiene a veces alusiones a interpretaciones ecológicas de los organismos fosilizados, ha sido recientemente cuando este aspecto de la paleontología ha progresado. Nuestra enseñanza no debe pues desdeñarlo, ya que ilustra la vitalidad y el ensanchamiento de la investigación paleontológica, sin dejar de proyectar una luz muy singular sobre las dificultades del razonamiento inherentes a la misma naturaleza de la información aportada por los fósiles.

En este campo, el papel de las clases teóricas es predominante, pues al nivel de enseñanza donde nos ubicamos (los tres primeros años de la enseñanza universitaria) el tiempo atribuido a las prácticas no permite completar verdaderas indagaciones paleoecológicas. El análisis morfofuncional, llevado a cabo sobre algunos ejemplos, introduce con la mayor precisión a la autoecología (nivel del individuo). Viene a completarla la observación en el campo de fósiles «in situ». Esta se relaciona con el enfoque sinecológico (nivel de las poblaciones de la comunidad), ilustra las nociones de biocenosis y de symmigas; amplía la descripción del ambiente circundante por el examen del contexto sedimentario; permite que se profundice al estudio de los icnites, que el trabajo de laboratorio no puede sino abordar. Algunos esquemas pueden completar este trabajo de campo que sigue siendo necesariamente elemental.

La enseñanza magistral puede, en cambio, en algunas horas, dar al estudiante una aportación sustancial referente a

los métodos y resultados de la paleoecología. Varias obras generales y cantidad de publicaciones conceden actualmente un lugar significativo a dicha disciplina. Así pues, es cómodo escoger ejemplos demostrativos en esta literatura cada día más abundante.

Una introducción crítica sobre la metodología permite discutir sobre la concepción uniformitarista, la validez de las restituciones, la conducta de los muestrarios y de su fiabilidad, el significado de la información paleontológica y su tratamiento cuantitativo.

Algunos ejemplos concretos permiten luego circunscribir el razonamiento autoecológico: formas de transporte, exigencias y adaptaciones con respecto a diversos parámetros del ambiente circundante, nivel trófico. En otras lecciones deberán exponerse algunos ejemplos complementarios mediante el examen de cada uno de los grandes grupos sistemáticos. Pueden consagrarse disquisiciones más largas a la sinecología. Deben presentarse y discutirse ejemplos de dinámica de poblaciones, de estructura y evolución de las comunidades, de reconstituciones (fig. 3). Este examen crítico puede por fin conducir a la discusión de entidades ecológicas importantes para el geólogo (el sistema arrecifal ofrece un caso particularmente interesante) y a un vistazo sobre la evolución de los grandes ecosistemas durante el Fanerozoico. Resulta posible mostrar aquí que los problemas vienen a intrincarse con los de la evolución y de la paleoecología.

## EL PROBLEMA DE LA EVOLUCIÓN

«Problema de los problemas» según Simpson, la evolución sigue siendo objeto de estudios y reflexiones notablemente renovadas, desde hace algunos decenios, por los progresos de la genética, la biología molecular y la ecología. En este concierto de voces, la de la paleontología es sin embargo privilegiada porque aporta las pruebas más indiscutibles de la realidad de la evolución. Así pues, el estudiante espera generalmente que nuestra enseñanza se acerque rápidamente a este amplio problema que constituye una de las finalidades de la reflexión paleontológica. Aquí habrá también que lamentar que la separación de las disciplinas frene a menudo la institución de una enseñanza que podría asociar biólogos y paleontólogos.

Desarrollar el tema desde el principio significa exponer primero el estado de los conocimientos actuales en lo tocante al origen de la vida. Hacer una breve incursión en el campo de la biogénesis, antes de considerar el significado de los fósiles precámbricos, pone de manifiesto el beneficio que pueden sacar el bioquímico y el paleontólogo a partir de la confrontación de sus experiencias y de sus observaciones. Finalmente, la actividad organizadora de la materia viva conduce, a través de la inmensidad de los tiempos precámbricos, hasta las faunas ediacarianas, debido a cuya originalidad merece que se les preste atención antes de llegar al examen de los organismos del Fanerozoico. Este capítulo resulta por lo general apasionante para el auditorio estudiantil y sería una pena despreciarlo.

Fiel al método que consiste en tratar el tema a partir del ejemplo, creo que resulta posible ofrecer, a propósito del estudio de la mayoría de los grupos, un examen crítico de documentos que ilustren las modalidades de la evolución. Exponer los grandes trazos de la evolución tanto de los Vegetales como de los Vertebrados, pasando por la de los Braquiópodos, la de los Moluscos, Trilobites, Equinoder-

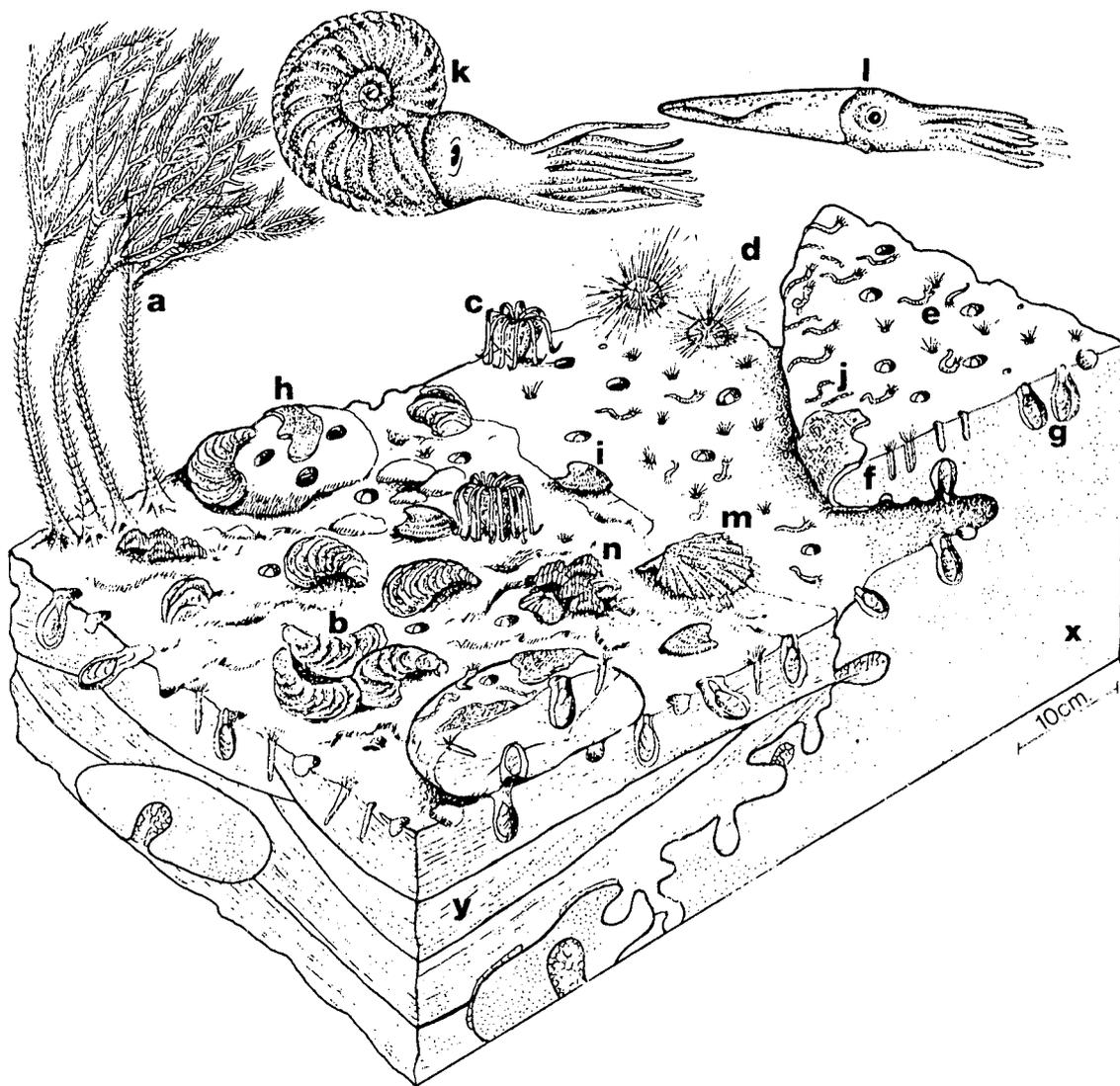


Fig. 3. Ejemplo de reconstrucción de una paleocomunidad (comunidad de una superficie endurecida durante el Jurásico). a. *Pentacrinus* (Crinozoa); b. *Liostrrea* (Bivalvia); c. *Montlivaltia* (Anthozoa); d. erizos de mar (Echinozoa); e. serpulidos (Annelida); f. anelidos excavadores; g. *Lithophaga* (Bivalvia); h. Briozoo; i. «*Patella*» (Gastropoda); j. Foraminíferos formando costra; k. *Amaltheus* (Ammonoidea); l. Belemnito (Coleoidea); m. *Pseudopecten* (Bivalvia); n. *Tetrarhynchia* (Brachiopoda); x. «bedrock»; y. sedimento jurásico endurecido (según B. W. Sellwood in McKerrow, 1978).

mos, etc... permite introducir, a partir de ejemplos escogidos, las nociones de tasa de evolución, extinción, radiación adaptativa, paligenesia, proterogenesia, paedomorfosis, gerontomorfosis, etc... Este método permite incluso presentar a menudo interpretaciones de gradualismo filético, mostrar lo que son los fenómenos de anagénesis y de cladogénesis, discutir la concepción de los equilibrios puntuados. Este panorama esquemático de la evolución de cada gran grupo plantea por fin problemas más amplios, como el del origen de estos grandes conjuntos estructurales. La documentación ha llegado a ser no despreciable en torno a este tema (cf. para los Invertebrados por ejemplo, M. R. House, 1979).

Al final de esta revisión sistemática de ejemplos que ilustran las modalidades de la evolución, la importancia y amplitud del tema debatido exigen, a mi modo de ver, que se

consagren algunas lecciones a una síntesis del problema. Es entonces el momento de considerar los mecanismos del proceso evolutivo, confrontando los datos de la paleontología con las enseñanzas de la biología moderna a propósito, particularmente, de los fenómenos de especiación, de la variabilidad y de la dinámica de poblaciones. Por último, se presenta la oportunidad de comentar las grandes teorías que quieren ser explicativas de la evolución. Semejante enfoque me parece muy favorable para una breve exposición de la historia de las Ciencias y de las ideas, aspecto demasiado despreciado en la enseñanza de las Ciencias, por lo menos, si he de tener en cuenta el ejemplo francés. La presentación de estas teorías deberá hacerse sin temor a subrayar las debilidades de cada una de ellas y deberá conducir a evidenciar la actualidad del debate.

## LA BIOESTRATIGRAFÍA Y LA PALEOBIOGEOGRAFÍA

Los aspectos anteriormente desarrollados dependen esencialmente de la paleobiología. Pero también conviene mostrar el impacto de nuestra disciplina en las Ciencias de la Tierra, lo cual además justifica su inclusión casi total en éstas, dentro de la enseñanza universitaria. En realidad, esta parte de la enseñanza de la paleontología parece efectuarse por lo común en el marco de las enseñanzas de la estratigrafía en la sección de métodos e instrumentos. Sin embargo, sea cual sea el espacio concedido a estas cuestiones, conviene no menospreciar su discusión. Sólo el paleontólogo al cabo de análisis dialécticos, está capacitado para apreciar cuales son los fósiles estratigráficos y cuales son los fósiles de facies. Sólo él tiene capacidad para establecer biozonaciones fiables, que tengan en cuenta las dificultades inherentes a la determinación de los fósiles y aquellas vinculadas a las modalidades evolutivas. Conviene mostrar al estudiante —la mayoría de las veces futuro geólogo— con qué precauciones debe ser utilizado el instrumento paleontológico. Resulta necesario, a partir de algunos ejemplos, señalar qué inexactitudes potenciales comportan unas correlaciones precipitadas, basadas en la ignorancia de las heterocronías, de la importancia de las lagunas, de los fenómenos migratorios, etc...

Las prácticas también deben hacerse cargo de estas preocupaciones estratigráficas. El estudio de cada grupo deberá acompañarse de la indicación de una distribución en el tiempo. Géneros-índices (definidos con la acepción comprensiva anteriormente establecida) merecen una atención más particular (citemos por ejemplo *Didymograptus*, *Hildoceras*, *Hippurites*, etc...). Conviene lograr, mediante una elección juiciosa, que el estudiante conozca marcadores estratigráficos notables sin excesiva acumulación memorística, o sea, sin bajar al nivel de la especie, índice de la zona, cuya determinación, según queda dicho, depende del especialista. También cabe dedicarse a presentar asociaciones características de las faunizaciones. Los ejercicios propuestos para el control de conocimientos prácticos no consistirán pues en la identificación de uno o dos fósiles característicos, aislados de todo un contexto, sino más bien en el análisis crítico de algunos lotes que comprenderán formas contemporáneas de diversos grupos. Acompañados por columnas estratigráficas concretas o elaboradas con vistas al ejercicio, estos lotes de fósiles permiten, a parte de la movilización de la memoria, una reflexión fructuosa y la interpretación de problemas geológicos (polaridad de las series, lagunas, ...), presentados en las columnas propuestas. Los trabajos de campo deben iniciar particularmente en la recolección de los fósiles capa a capa.

La paleobiogeografía se halla implicada en los problemas de correlaciones y se debe introducir igualmente mediante los estudios de paleoecología. Deberían hacerse algunas disquisiciones necesarias, ilustradas con ejemplos, a propósito de diversos grupos con el fin de mostrar la creación de provincias faunísticas desde las edades cámbricas (caso de los Trilobites). El interés paleoclimático de las provincias florísticas merece especial atención. Por fin, la consideración de la repartición de las faunas, continentales en particular, desde el Jurásico subrayaría toda la importancia de la contribución paleontológica en el debate movilista moderno (tectónica de placas).

## UN EJEMPLO DE ESTUDIO DE UN GRUPO: LOS TRILOBITES

He expuesto hasta aquí, de modo temático, algunas de las ideas que, según mi opinión, han de considerarse como directrices en una enseñanza renovada de la paleontología. No obstante, he indicado repetidas veces que estas nociones esenciales pueden ser presentadas en el marco de un enfoque sistemático. Este enfoque, que concibo como completamente distinto del método tradicional cuyo carácter anacrónico ya he subrayado, difiere también del enfoque únicamente temático, el cual temo que deje cierto desorden en la mente del estudiante insuficientemente conocedor de la clasificación. La mayor parte del curso puede, pues, estribar en la base de una visión sistemática, desde los Vegetales hasta los Vertebrados, constituyendo el estudio de cada grupo una ilustración más particular de algunas nociones para las cuales resulta más demostrativo el grupo. Indicaré a partir de una sencilla enumeración, el beneficio que se puede así sacar del examen de un grupo testigo con el ejemplo de los Trilobites.

Trilobites (véase para documentación A. Martinsson, 1975).

— Morfología y clasificación: el estudio debe haber sido realizado anteriormente en sesión de prácticas.

— Aspectos de la fosilización: fragilidad y desarticulación de las exuvias; conservación de la cara ventral y reconstitución anatómica (*Triarthrus*); fosilización y extracción de las larvas.

— Ecología y adaptaciones: discusión sobre el modo de vida (bentónico, nectónico, planctónico); adaptación de los ojos; adaptaciones ligadas al enrollamiento; situación en la cadena alimenticia; interpretación de ciertas icnitas (*Cruziana*).

— Modalidades evolutivas: origen anelidiano y problema de los eventuales antecedentes precámbricos; apogeo, declive y extinción; fenómeno de especiación (el caso de *Phacops rana* y la noción de equilibrios puntuados, Eldredge, 1971); ontogénesis y evolución (paeodogénesis, gerontomorfosis); realización de las adaptaciones, de la pigidiación.

— Interés estratigráfico: véase el estudio en las prácticas.

— Paleobiogeografía: provincialismo de las faunas de Trilobites en zonas de intercambio; implicaciones estratigráficas.

Esta idea sumaria —no exhaustiva— de las nociones introducidas por el estudio de un solo grupo permite apreciar todo el beneficio que se puede obtener de semejante presentación, que combina sistemática y enfoque temático; por consiguiente, me parece atractiva y fructuosa al mismo tiempo.

Para concluir diré que, según creo, la paleontología debe conservar (o hallar de nuevo) cierta autonomía en los cursos universitarios y no dejarse reducir al papel de apéndice más o menos parásito de las Ciencias de la Tierra. Es pues necesario que su enseñanza cobre nueva consideración. Esto implica que se abandone de modo definitivo una presentación únicamente sistemática, preocupada por descripciones morfológicas y nomenclaturas taxonómicas. Nuestra enseñanza debe estar atenta a la investigación paleontológica moderna, la cual manifiesta un notable dinamismo.

Para combinar de modo correcto los enfoques sistemático y temático conviene repartir de modo equilibrado prácticas y clases teóricas y coordinar sus respectivos desarrollos. Ciertos problemas generales como los que atañen a paleoecología y bioestratigrafía exigen algunas definiciones y reflexiones generales que merecen, con un fin de eficacia, ser

expuestas antes del estudio sistemático que habrá de ilustrarlas. El amplio problema de la evolución, por lo contrario, debe ser acometido, según mi parecer, en las generalidades, después de la presentación de situaciones y procesos particulares aparecidos a lo largo del análisis sistemático. Este es el orden que personalmente adopto en mi asignatura y que publiqué (1971, 1980) a manera de ensayo. Tal enseñanza no se dirige por supuesto a una especialización hacia la investigación paleontológica. Se trata de una introducción a la paleontología. Es el que se brinda al conjunto de los estudiantes en Ciencias de la Tierra (y mi deseo es que fuera brindado a los de Ciencias de la Vida) durante sus dos o tres primeros años universitarios. Necesariamente limitada por la carlanca de los horarios (50 horas de lecciones y 100 horas de prácticas poco más o menos en la experiencia descrita), esta enseñanza debe, sin embargo, aportar mediante ejemplos demostrativos un panorama general de los grandes conjuntos biológicos fosilizados y de los problemas que éstos someten a nuestra sagacidad. Demostraremos así el interés formador de una ciencia que sabe, como debe ser, conciliar conocimiento y reflexión.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a M. J. Fernández (Brest) su ayuda en la traducción al español de mi texto francés.

## BIBLIOGRAFÍA

- BABIN, C. (1971): «*Eléments de Paléontologie*», Armand Colin Ed., Paris, 408 p.
- BABIN, C. (1980): «*Elements of Palaeontology*», John Wiley, Ed., London, New York, 446 p.
- ELDREDGE, N. (1971): «The allopatric model and phylogeny in Paleozoic invertebrates.» *Evolution*: 25: 156-167.
- HOUSE, M. R. ed. (1979): «The origin of major Invertebrate groups.» *Systematics Association*, Sp. vol., n.º 12, 515 p., New York, London.
- HUPE, P. (1960): «Les zones stratigraphiques.» *Bull. trim. Serv. inf. géol. (S. I. G.) du Bur. Rech. géol. min.* 49: 1-20.
- McKERRON, W. S. éd. (1978): «*The ecology of fossils*», Duckworth, London, 384 p.
- MARTINSSON, A. (1975): «Evolution and morphology of the Trilobita, Trilobitoidea and Merostoma.» *Fossils and Strata*, n.º 4, Oslo, 467 p.
- MEYER, P. & de ROSNAY, J. (1980): «Point de vue. Le rouge et le vert» *Le Monde*, mardi 25 novembre 1980, p. 15, Paris.
- RACHEBOEUF, P. (1980): «Chonetacés (Brachiopodes) siluriens et dévoniens du Sud-Ouest de l'Europe. Systématique, Phylogenie, Biostratigraphie, Paléobiogéographie, *Thèse inédite*, Univ. Bret. Occid., Brest, 294 p., 35 pl.
- TINTANT, H. (1972): «La conception biologique de l'espèce et son application en stratigraphie.» *Mém. B. R. G. M.*, n.º 77, 1: 77-87.