

Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza: Conceptos Generales

J. Meco Cabrera

Resumen

Se ha enfocado la didáctica de las ciencias de la naturaleza como una exigencia en la preparación para afrontar la realidad del mundo en que vivimos. Los contenidos científicos se desarrollan en los *curricula* de las diferentes asignaturas que se agrupan en la cátedra de Ciencias Naturales y como el modo de exponerlos depende del carácter, la preparación y circunstancias del profesor y sus alumnos, se ha pretendido resaltar los criterios básicos, menos mutables y que pueden servir de guía para justificar cada acto didáctico. Por ello se analiza el proceso de fabricación de las ciencias, el resultado o estructuración de esas ciencias de la naturaleza y los planteamientos actuales de su enseñanza en los distintos niveles educativos con especial atención al nivel básico. Así se aboca en un paradigma válido para su didáctica.

1. El proceso de fabricación de las Ciencias de la Naturaleza

El proceso de fabricación de las ciencias se suele conocer con el nombre de método científico y sobre él existen numerosos estudios publicados. Sin embargo, su aplicación a las ciencias de la naturaleza, ha sido muy poco tratada aunque lo merecía porque presenta rasgos muy peculiares. Estos rasgos pueden agruparse en tres etapas o divisiones: la observación, la interpretación y la comunicación, que de hecho vienen entramadas de tal modo que pueden ser en parte simultáneas.

La observación, en sentido amplio, y de los naturalistas incluye la manipulación previa o pre-observación y unas técnicas más o menos complicadas tales como medidas y manejo de instrumentos, experimentos o trampas (en su parte no interpretativa), la dicotomía o discernimiento y el coleccionismo con su normativa.

Sin la observación no hay ciencia y como la ciencia es factura del hombre, la observación viene condicionada por las limitaciones del ser humano. La visión del entorno no es igual para todos los seres vivos. Los insectos ven otros colores, los murciélagos oyen otros sonidos. Con estas menciones sólo se pretende resaltar el hecho de que la observación está realizada a través de un aparato que es el propio cuerpo del hombre. El hombre es quien crea la ciencia, su aparato obligado de observación y objeto a su vez, de atención de esas ciencias de la naturaleza en lo que tiene de materia.

La observación no debe estar viciada por ideas preconcebidas, con ello dejaría de ser observación para ser interpretación. Esto es más frecuente en la ciencia cotidiana de lo que pudiera pensarse en un principio. La observación correcta no es un don con el que se nace sino un logro de la madurez del pensamiento. Naturalmente, si hay científicos que ven lo que quieren ver, esto es mucho más acusado en los niños y en los estudiantes. Una anécdota que puede ser muy clara es la de aquellos niños que ante la petición de una descripción de un ave fotografiada, señalaban que era de «sangre caliente», lo cual, evidentemente, no se podía observar en la fotografía. Pero, es que además, ignoraban totalmente las características del pico, las garras y el plumaje con sus rasgos y colores. Los niños acudían a su memoria para recordar cómo les dijeron que eran las aves. La misma fe conmovedora y fuera de lugar, es la que depositan los estudiantes en sus compañeros cuando copian en los exámenes. Ello no es más que una manifestación de su falta de hábito de observación y de lo erróneo de su entrenamiento, porque observar es pensar controladamente, con un destino, el de la aprehensión de un objeto natural.

Las técnicas de observación alcanzan en muchos casos una complejidad considerable, baste citar la construcción y manejo de un microscopio electrónico. La dicotomía o método dicotómico, en el que se basan las sistemáticas zoológica, botánica y mineralógica y paleontológica, es acorde con el funcionamiento de la mente. Discernir, que equivale a pensar correctamente, es lo mismo que dividir o separar. Sin embargo, en estas ciencias, hay ya un camino señalado para dividir con lo que la observación se simultanea con la interpretación. El coleccionismo, para ser útil a la ciencia, científico, ha de cumplir determinados requisitos. El coleccionismo caprichoso, cuando lo es de objetos naturales, interfiere con el primero y es peligroso en lo que se presta a la confusión en pueblos no muy cultos. En la correcta toma de datos del coleccionismo la localidad de procedencia debe venir expresada de tal modo que cualquier otro pueda acudir al lugar de origen. Con los fósiles además del lugar-espacio hay que anotar el lugar-tiempo. Además existe la asignación de tipos y sus variantes (sintipos, holotipos, paratipos, topotipos, etc.) para el material colectado. La colección ha de tener otras

garantías que sólo el científico puede darle. La colección ha de estar siempre disponible para su revisión.

El lenguaje científico no es otra cosa que la técnica de un vocabulario aplicado a la observación. En algunos casos resulta difícil precisar dónde termina la observación y comienza la interpretación.

Así como sin observación y sin comunicación científica no hay ciencia, sin embargo, sin interpretación sí puede haberla. E incluso con una interpretación «errónea», si es que todas no lo son en alguna medida. En la interpretación cabe la máxima originalidad. Las hipótesis son ensayos o pruebas de interpretación. Los experimentos son técnicas de observación que corroboran o niegan una hipótesis.

Si la interpretación aporta una novedad a la ciencia de tal magnitud que cambia la explicación general de lo conocido, se produce la evolución de la ciencia. Estas interpretaciones generales cambiantes son los paradigmas de KHUN, y es el caso del pensamiento de DARWIN y otros notables de la ciencia. La ciencia diaria no revoluciona la interpretación general pero continuamente la renueva en aspectos parciales. Aunque la interpretación se desprende directamente de la observación necesita, evidentemente, de la máxima información porque la ciencia es una tarea colectiva. Lo inmenso de esa tarea y la multitud de especializaciones obligan a trabajar en colaboración para lo cual se constituyen los proyectos de investigación. Trabajar en colaboración no significa renunciar a la originalidad individual sino al contrario, potenciarla sumándola a otras, desde luego no es hacer todos lo mismo, no sería económico, entendiéndolo por economía la más adecuada utilización de toda clase de medios. Tampoco se trata de sumar pareceres al estilo de los que quieren ganar votos, sino de examinar una realidad desde diferentes puntos de vista derivados de una alta preparación en diferentes especialidades. La información obtenida es utilizable debido a la estricta normativa que constituye la comunicación.

La comunicación científica es obligatoriamente escrita. Sin comunicación escrita no hay ciencia. Es por tanto un paso obligado en el proceso científico. Es el producto final de un esfuerzo científico y el inicio de los siguientes esfuerzos. Es la memoria colectiva o extra-corpórea. Para evitar el caos en la recepción y en la utilización de toda la información acumulada, para facilitar la incorporación de los nuevos aportes al conocimiento se precisa que la comunicación esté regulada por una serie de normas. La originalidad queda aquí marginada. Las propias reglas de ortografía forman parte de esa comunicación. Hasta tal punto es vital la comunicación que, internacionalmente, se valora el rendimiento de un científico por el número de sus publicaciones al año. Se establece en tres un buen rendimiento. La calidad no se enjuicia, se le supone como a los militares el valor, y además el hacerlo para *valorar el rendimiento* sería contradicto-

rio pues el proceso científico deja ese papel a los especialistas que en sucesivas publicaciones irán desechando del edificio de la ciencia los malos ladrillos colocados anteriormente. No se consideran publicaciones científicas los artículos en la prensa diaria y se calibran como comunicaciones orales.

Los idiomas utilizados en la comunicación científica son, en cierto modo, aquellos que se lo han merecido por su contribución a la ciencia. De hecho, se emplean el inglés, francés, alemán, italiano, español, con una mayor o menor preponderancia en una u otra especialidad, a veces también el portugués, el catalán. En definitiva lenguas de Europa. El ruso, japonés y chino se suman a la ciencia colectiva mediante grandes equipos de traductores. Además en las ciencias de la naturaleza fue muy importante el latín, el idioma culto de la Europa del siglo XVIII, fecha de nacimiento de la ciencia moderna. Hoy, para los nombres científicos existe el acuerdo internacional de la utilización del latín. Las diagnósis o descripciones originales de la mayoría de las especies están redactadas en latín. Por eso, entre las capacidades que poseen los científicos figura en primer lugar la de *utilizar publicaciones al menos en dos idiomas diferentes del propio*. Utilizar publicaciones es una capacidad independiente de hablar o escribir el idioma. Es este nuevo esperanto científico una práctica tan habitual que, descendiendo a detalles, los autores disponen de tarjetas postales impresas en varios idiomas para solicitar, o agradecer, el envío de publicaciones que les interesan para proseguir su tarea. La moderna técnica de la fotocopiadora ha supuesto una revolución en la comunicación científica semejante a la del automóvil en el transporte.

Para facilitar la comunicación, el manejo de la memoria colectiva, últimamente se están introduciendo los ordenadores. Por eso se exige a los autores que en cada una de sus publicaciones incluyan las palabras clave. Clave o llave, las *key words*, *mots clés*, *parole chiave*. Llave que permite la entrada, el acceso a la información. Esto aún está en sus inicios, y la llave más utilizada por ahora es la bibliografía o lista de publicaciones consultadas que los autores obligatoriamente incluyen en cada publicación.

Todo está normalizado en la comunicación. La bibliografía se ordena alfabéticamente por apellidos de los autores, éstos serán escritos con letras mayúsculas, se aconseja la inicial para los nombres propios, pero si se escribe completo irá con otro tamaño de letra. Los trabajos del mismo autor irán ordenados cronológicamente pero figurará solamente el año. Los títulos de los trabajos tenían hasta hace muy poco un tipo de letra distinto si se trataba de un libro o de un artículo en una revista. Ahora el tipo de letra distinto se usa para el título del trabajo sea revista o libro, y el título de la revista entre comillas. El volumen o tomo irá en *negrita*, las páginas no. Figurará también la ciudad donde se publica.

La normativa alcanza asimismo a los pre-impresos, en los que están reguladas las medidas de los márgenes, los subrayados para nombres científicos; simple para el género y la especie (letra cursiva), doble para el autor del nombre específico (en versalitas), etc. El dibujo científico tiene también sus normas y es diferente del dibujo artístico y del técnico. Así con él se resaltan aquellos rasgos que quizás no son los más patentes pero sí son precisamente los que se han utilizado para diferenciar una especie de otra. La fotografía científica obliga a una determinada «pose» de los objetos que precisamente recibe el nombre de norma. Así la norma occipital en el estudio de los cráneos. Los mapas geológicos reservan colores para ciertas épocas o materiales. Hay todo un protocolo para la ordenación de los autores de un trabajo, para los agradecimientos a los colaboradores. Las palabras de los títulos se ciñen a los conceptos, hay un estilo literario propio de los trabajos científicos. Se busca la utilidad y la concisión, se huye de la publicidad o propaganda al estilo comercial o para impresionar. A pesar de ello o precisamente por ello los títulos suelen ser impresionantemente largos. Las introducciones expresan la necesidad y el interés del tema. Los resúmenes cortos y en uno, dos o tres idiomas. Las conclusiones netamente expresadas. Toda esta normativa encuentra quizás su máxima expresión en las tesis doctorales.

La tesis doctoral es la que capacita legalmente para dirigir los proyectos de investigación. Las investigaciones previas y la propia tesis requieren un director. En general hay dos clases de tesis: las que abren caminos de investigación y las que siguen caminos más o menos trillados. La investigación actual se articula hoy mediante los proyectos de investigación y las tesis.

Merece destacarse entre la normativa de la comunicación científica la que se refiere a la nomenclatura de las especies y que es propia sólo de las ciencias de la naturaleza. Está recopilada en códigos internacionales (Códigos internacionales de nomenclatura zoológica y botánica). Tiene su punto de partida en la nomenclatura binomial o lineana. Y, como fecha de nacimiento, el primero de enero de 1758, cualquier nombre científico y anterior a esa fecha no tiene validez. La obra de ADANSON publicada en 1757 con un sistema binomial de nomenclatura científica queda excluida de la ciencia en lo que a nomenclatura se refiere por ser anterior a ese 1758 en el que vio la luz la X edición de la obra de LINNE *Systema naturae per regna tria natural, recundum classes, ordines, genera, species, cuna characteribus, differentis, synonymis, locis*.

Cada especie se denomina por dos nombres: el genérico y el específico, en latín o latinizados. La letra inicial del nombre genérico se escribe siempre con mayúscula y la del nombre específico siempre con minúscula. Pero hasta hace unos años esto no era así pues si el nombre específico derivaba de un nombre propio se escribía con mayúscula. Esta norma fue derogada unos años antes para la zoología que para la botánica.

Bibliografía

- COMES, P. (1974) *Técnicas de expresión*, Oikos-Tau, Barcelona.
- HARRE, R. (1979) *El método científico*, H. Blume, Madrid.
- KHUN, T.S. (1978) *Segundos pensamientos sobre paradigmas*, Tecnos, Madrid.
- MARTINELL, J. (1982) *Clasificación, Sistemática y Taxonomía*, «Reseñas Malacológicas II» Soc. esp. Malac. Madrid.
- WENDT, H. (1968) *Antes del diluvio. La novela del mundo de los fósiles*, Noguer, Barcelona.

El nombre del autor de la especie debe figurar a continuación del nombre de la especie e irá entre paréntesis si el nombre genérico ha variado y sin paréntesis si se sigue atribuyendo al mismo género. Se recomienda citar a continuación el año en que se describió la especie por primera vez en una publicación. Entre el nombre del autor de la especie y el año no debe figurar una coma. Los nombres científicos no llevan jamás acentos, etc., etc.

Estos son los rasgos más notables del procedimiento de fabricación de nuestras ciencias de la naturaleza. Cuando se han descrito en diversos trabajos los pasos del método científico no suele incluirse la comunicación como uno de ellos y sin embargo es condición sin la cual no existiría la ciencia.

Conociendo el método científico actual es cuando se aprecia mejor una visión de la historia de la ciencia. Esta se basa en los escritos que nos han llegado con las observaciones, técnicas de observación e interpretaciones del pasado. La historia muestra casos extraordinarios como el de ERATOSTENES que, en un viaje, observó diferencias en la sombra de los rayos solares y de ahí calculó, con mucha precisión, el radio de la tierra, o, como el del Profesor BERINGER que publicó fósiles que no eran sino muñecos enterrados previamente por sus alumnos. ERATOSTENES no tenía prejuicios. BERINGER pensaba que existía una *vis plastica*.

2. La estructuración de las ciencias de la naturaleza

Se hace preciso estructurar el cúmulo de observaciones incorporadas a la ciencia mediante la comunicación. La estructuración de las ciencias es inseparable de la interpretación. Es artificial y pretende adaptarse lo mejor posible a lo que para el hombre constituye la realidad de la naturaleza. Ya en un principio se distinguen dos grandes áreas: la de la materia viva o área de la biología y la de la materia inerte o área de la geología. La materia inerte es el soporte de la materia viva. Ello implica ya graves problemas, pues las condiciones o requisitos de un ser vivo no están bien definidas. Es más, al proceder la materia viva de la inerte por evolución, se relacionan íntimamente. Pero ¿es la vida anterior a la materia? En todo caso las ciencias de la naturaleza estudian sólo la materia tanto si es viva como inerte. Un puente entre ambas áreas lo constituye la paleontología.

Estructuración de la geología

La geología es una ciencia reciente y en cierto modo inglesa. La contribución de Lord LYELL es decisiva. La geología extraterrestre ha comenzado en nuestros días con las primeras muestras lunares. La conexión con otras ciencias se realiza mediante numerosas disciplinas mixtas tales como la geoquímica, la geofísica, la geobotánica, la ecología y presenta importantes relaciones con la filosofía, la antropología, la arqueología y con técnicas como la ingeniería, el comercio y la política.

La geología está estructurada por grados de complejidad, de lo pequeño a lo grande. El conjunto de las observaciones particulares y sus técnicas de observación para cada nivel de complejidad constituyen sus divisiones: cristalografía, mineralogía, petrología, estratigrafía y cartografía (con sus ciencias auxiliares respectivas). La cartografía entendida no sólo como la realización de mapas sino como compendio de toda la geología de una zona.

La interpretación general, idea argumental, «melodía» o paradigma de la geología es hoy la tectónica global de placas.

Estructuración de la biología

La biología o conocimiento de la materia viva, se estructura también por niveles de complejidad u organización. Sus escalones: la bioquímica, la histología, la anatomía y fisiología, la botánica y la zoología, y, la ecología, con sus ciencias asociadas (genética, embriología, etc.). De este modo se agrupan las observaciones y técnicas de observación utilizadas.

La vida colectiva o común, que se propaga y diversifica, utiliza la materia como soporte. La muerte es una reincorporación de la materia utilizada al medio inerte. Algo semejante a un fuego que avanza quemándolo todo. Las características de la materia viva, su morfología, metabolismo, movimientos, crecimiento, reproducción y adaptaciones, responden a una capacidad de recepción y utilización de energía; energía estelar o cósmica.

La interpretación general, idea argumental o paradigma de la biología es la evolución abiótica y la evolución biológica.

La botánica responde a la necesidad prioritaria de clasificar el mundo vegetal. La fijación de los límites de lo que es un vegetal puede resultar difícil de precisar. Para la clasificación botánica se precisa una instrumentación que es proporcionada por la taxonomía y que aboca en la nomenclatura. La nomenclatura binomial utilizada es la

de LINNE oficialmente inaugurada en 1758 aunque había tenido ya un prelude en *Genere plantarum* de 1737 en la que se introduce como rasgo clasificatorio el número de estambres y estilos de cada flor (sistema sexual) por ser el criterio más práctico. Se llega ahora al problema de definir la especie, problema aún no bien resuelto, pues en muchos casos, la especie se concreta en la práctica en aquello que es así considerado por el especialista. La especie es la «unidad» de categoría taxonómica. Las categorías taxonómicas supraespecíficas más señaladas son el género, la familia, el orden, la clase y el tipo o división, pero existen toda una serie de categorías intermedias (subtipos, superfamilias, tribus, etc.). Las categorías taxonómicas infraespecíficas son muy discutidas (las subespecies y razas). La clasificación se realiza mediante el uso del método dicotómico y se han escrito numerosas claves botánicas por regiones geográficas. Hay además una botánica aplicada que ha tenido gran desarrollo, en agricultura, ingeniería forestal, farmacia, etc.

La idea argumental de la botánica se sitúa en el marco de la evolución de las plantas, con preferencia en la evolución del aparato reproductor y en los mecanismos o adaptaciones conseguidos por los vegetales para superar su problema básico que es la inmovilidad, en contraste con los animales, en que lo habitual es el ir al encuentro de la pareja.

La zoología, en su estructuración, es paralela a la botánica pues responde a la necesidad prioritaria de la clasificación de todos los seres animales y, por lo tanto, utiliza el mismo sistema de categorías taxonómicas y de nomenclatura, con ligeras variantes en la normativa. Su idea argumental es, en consecuencia, también la evolución, pero aquí ésta se detecta preferentemente en el desarrollo embrionario (de ahí los taxones: diblásticos, triblásticos, acelomados, deuterostomas, etc.) y en sus pasos la segmentación del cigoto, la formación de las hojas blastodérmicas o embrionarias y la organogénesis o diferenciación de los órganos, aparatos y sistemas. El desarrollo embrionario es una pauta o modelo para ordenar paralelamente y de menor a mayor complejidad el mundo animal.

Tanto la botánica como la zoología disponen además como pauta que avala a la del desarrollo embrionario, la documentación fósil, proporcionada por la paleontología, que permite comprobar cómo ese orden de menor a mayor complejidad ha sido también seguido a lo largo del transcurso del tiempo.

La paleontología presenta un carácter mixto entre la geología y la botánica-zoología. Se trata realmente de una paleobotánica y una paleozoología que tienen que trasladar sus criterios taxonómicos a los restos que nos han llegado del pasado. Pero estos restos son inseparables, para su interpretación, de una posición estratigráfica. La especie paleontológica, en contraste con las actuales, es cambiante en el tiempo.

Tiene la especie paleontológica una dimensión temporal. Este tiempo paleontológico está materializado, se puede «tocar». Todo ello condiciona la metodología paleontológica que se concreta en la comparación de los hallazgos con lo conocido (anatomía comparada), tomando la actualidad como modelo (actualismo) para interpretar y, finalmente, situando el hallazgo en el tiempo materializado a partir del principio de la superposición de los estratos y de la correlación estratigráfica.

La zoología, la botánica y la paleontología contienen una riqueza tal en especies que ha obligado a estas ciencias a estructurarse en especialidades atendiendo a los grupos taxonómicos (ictiología, herpetología, ornitología, mastología, entomología, etc.) o atendiendo a las técnicas de observación (palinología).

3. La enseñanza de las ciencias de la naturaleza

La totalidad de la enseñanza atraviesa en estos momentos en España un período de gestación de renovación. Las enseñanzas básicas, con los programas renovados, las medias con el Bachillerato General Experimental, la Universidad con la Ley de Reforma Universitaria y la reforma de la formación del profesorado no universitario en proyecto.

El mundo actual impone una educación diferente. Las circunstancias no son las mismas que antes. En la educación, los conocimientos y desconocimientos son condicionantes básicos, pero además es necesaria la adquisición de hábitos de conducta. La educación puede restringirse, en su meta, a la eliminación del mal-trato propio, de los semejantes y del entorno. El mal-trato propio deriva de una alimentación inadecuada, por falta de medios o de criterios para elegir los alimentos, de una higiene incorrecta con una toxicidad en grado alarmante, de una escasa actividad corporal despreocupada del deporte, de una sexualidad mal comprendida, de un desenfoco del entretenimiento y de una planificación forzada del trabajo. El mal-trato a los demás comienza por la mala opinión y continúa por la opresión, la violencia y la guerra. El mal-trato del entorno procede de su infrutilización y del abuso. Pero, la enseñanza sólo aporta la difusión de los conocimientos, no puede forzar voluntades. El conocimiento del cuerpo y del entorno constituyen la meta de las ciencias de la naturaleza.

Esta realidad se recoge en los Programas Renovados del Ministerio de Educación y Ciencia para la Educación General Básica que está dividida en tres ciclos. Los bloques

Bibliografía

- AGUEDA, J. et al., (1977) *Geología*, Rueda, Madrid.
- BERKALOFF, et al., (1973) *Biología y fisiología celular*, Omega, Barcelona.
- CAILLEUX, A. (1964) *Historia de la Geología*, Manuales Eudeba, Buenos Aires.
- CRUSAFONT, M., et al., (1976) *La Evolución*, B.A.C., Madrid.
- FONT QUER, P. (1982) *Iniciación a la Botánica*, Fontalba, Valencia.
- GADNER, et al., (1979) *Anatomía*, Salvat, Barcelona.
- GRASSE, P.P. et al., (1976) *Zoología*, Toray-Masson.
- HILL, R.W., (1980) *Fisiología animal comparada*, Reverté, Barcelona.
- HUILLON, C., (1976) *Embriología*, Omega, Barcelona.
- HURLBUT, Jr. C.S., (1976) *Manual de Mineralogía de Dana*, Reverté, Barcelona.
- JUNQUEIRA, L. C. y CARNEIRO, J., (1981) *Histología básica*, Salvat, Barcelona.
- LEHNINGER, A. (1972) *Bioquímica*, Omega, Barcelona.
- LLIMONAX (1975) *Mundo Vegetal*, Salvat, Barcelona.
- MELLENDEZ, B. (1977) *Paleontología*, Paraninfo, Madrid.
- MELLENDEZ, B., y FUSTER, J.M. (1978) *Geología*, Paraninfo, Madrid.
- OPARIN, A.I., (1970) *El origen de la vida sobre la Tierra*, Tecnos.
- PETIT, y PREVOST, G., (1974) *Genética y Evolución*, Omega, Barcelona.
- SCIENTIFIC AMERICAN (1976) *Deriva continental y tectónica de placas*, H. Blume.
- SINNOTTE, E. (1965) *Botánica: principios y problemas*, México.
- STRASSBURGER, et al., (1977) *Tratado de Botánica*, Marín, Barcelona.

Bibliografía

- BAYO, E. (1976) *Cómo orientar el futuro de sus hijos*, Danae, Barcelona.
- MINISTERIOS DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (1981) *Programas renovados de educación preescolar y ciclo inicial*, Ed. Escuela española, Madrid.
- (1981) *Programas renovados de la E.G.B.: ciclo medio*, Ed. Escuela española, Madrid.
- (1982) *Programas renovados de la E.G.B.: ciclo superior*. Ed. Escuela española, Madrid.
- (1983) *Universidad Información*, Madrid.
- (1984) *Estudiante Universitario: Orientación, Información, Futuro*, Fundación Universidad-Empresa, Madrid.
- MUÑOZ, A. (1981) *El ciclo inicial en la educación básica*, Aula XXI, Santillana, Madrid.
- (1981) *El ciclo medio en la educación básica*, Aula XXI, Santillana, Madrid.
- TUENTE, C. (1981) *Todos los estudios y carreras*, Planeta, Barcelona.

temáticos del Preescolar y Ciclo inicial se refieren al conocimiento de sí mismo (conocimiento del cuerpo, cuidado del cuerpo, el cuerpo en movimiento), al conocimiento del medio (descubrimiento de la naturaleza, las plantas, los animales, el agua, la tierra, los minerales, el sol, los caminos, el clima) y desenvolvimiento en el medio (el juego, las diversiones, el trabajo). Los bloques temáticos del ciclo medio son los mismos: conocimiento de sí mismo, conocimiento del medio y desenvolvimiento en el medio, tratados con mayor detalle e incorporando en el conocimiento de sí mismo la reproducción y la nutrición. En el ciclo superior, que aún no está en vigor en cuanto a la aplicación de los programas renovados, los bloques temáticos siguen siendo el conocimiento de sí mismo y el conocimiento del medio y se ha sustituido el desenvolvimiento en el medio por el desarrollo científico y tecnológico (conservación del medio ambiente, exploración espacial, el mundo microbiano, la electricidad, el petróleo) y una sistematización de las ciencias experimentales.

La renovación de las enseñanzas medias ha comenzado de una forma experimental en cuarenta centros del país, dos de ellos en Tenerife y uno en Gran Canaria. En esencia la renovación pretende impartir una educación política, acorde con la posición de España en la democracia al estilo europeo y unos conocimientos que preparen el camino a futuras profesiones aún no diseñadas, para disminuir el paro en la certeza de que las especializaciones incapacitan para otras actividades. Por ello las capacidades deseables para un bachiller hacen referencia a la comunicación en la emisión y captación de mensajes, el razonamiento lógico, la visión crítica e integradora, el dominar técnicas comunes, los hábitos de trabajo y métodos de estudio, y el actuar con creatividad y en equipo. Para ello distribuye los conocimientos en tres áreas: el área instrumental (lengua española, idioma moderno, matemáticas, cultura física, educación para la convivencia y religión), el área de las ciencias de la materia y del hombre (ciencias experimentales y sociales) y el área tecnológica y artística.

La posición de las ciencias de la naturaleza en la universidad se concreta en las Facultades de Geología y Biología y, recientemente en Ciencias del Mar. Otros estudios, con cierta afinidad, como farmacia, medicina, veterinaria, geografía, historia, física, química contienen en sus *curriculums* algunas asignaturas coincidentes y en nuestras Escuelas Universitarias de Formación del Profesorado se imparten la geología y biología generales y la didáctica de las ciencias naturales.

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas tiene secciones dedicadas al estudio de las ciencias de la naturaleza, tales como el Instituto de Geología, que suponen, junto con la investigación realizada en la universidad, la aportación realizada por España al crecimiento de estas ciencias.

3.2. La religión y la enseñanza de las Ciencias Naturales

El criterio general es que nada tiene que ver la una con la otra. Sin embargo, en la práctica tres son los posibles puntos de encuentro: La naturaleza como prueba de la existencia de Dios, el relato bíblico de la creación y, moral y naturaleza.

Las ciencias de la naturaleza principian en una observación sobre una materia inerte o viva a la que se pueden aplicar una serie de técnicas. La religión por el contrario, trata de las relaciones humanas con Dios. La no existencia o existencia de Dios no puede demostrarse. Si se pudiera demostrar no existiría la fe, y Dios sería, de algún modo un hecho medible. Es decir no sería Dios. El hombre no está capacitado para juzgar si el universo está ordenado. Es algo fuera de sus posibilidades. La grandeza de esta mínima parcela del universo que podemos observar, habla a ciertos hombres de un rastro del ser de Dios. A Dios se le puede aceptar o no. Si se le acepta, se puede a su vez aceptar o no que ha querido hablar y que es o no Jesucristo. Una vez aceptado, caso de nuestra cultura, es sólo el diálogo amoroso, la oración perenne, lo que caracteriza al creyente.

El Génesis es un relato poético de la naturaleza y si se encontrase oposición entre ciencia y religión por causa del relato bíblico de la creación, o no se ha entendido bien la ciencia o no se da a la religión la dimensión que le corresponde. Ambas no pueden encontrarse, no tienen el mismo objetivo, pertenecen a ámbitos diferentes. La limitada y poderosa ciencia actual puede asombrarse de la poesía del Génesis, escrito hace unos milenios por un pueblo de pobres medios materiales. El dilema Adán y Eva o los pitecántropos no está bien planteado. Es Adán el símbolo, al menos de la virilidad y Eva el de lo femenino. Sus hijos Caín y Abel simbolizan bien a esta humanidad siempre en guerra. Es ahora la ciencia la que dice que el hombre procede del barro por química y evolución. La oposición entre ciencia y religión es obra de la torpeza histórica.

Finalmente, algunos temas propios de las ciencias de la naturaleza son también objeto, desde diferentes puntos de vista y campos de actuación, de la moral propia de las confesiones religiosas. Y, por nuestro ambiente y ciñéndonos únicamente a la moral cristiana se suele concretar en el modo de enseñar la sexualidad. Para los cristianos, el mensaje de Jesús tiene que ser válido para todas las épocas y todos los pueblos. El propio Jesús se manifiesta abiertamente y repetidamente en contra de lo que sólo son costumbres y tradiciones que se quieren hacer pasar por ley de Dios. La moral es reflejo de las costumbres humanas y por lo tanto susceptible de cambio.

Bibliografía

ARMENDARIZ, L.M. (1966) *La creencia cristiana y la evolución* in *La evolución*, B.A.C. vol. 258, pp. 827-852, Madrid.

ARNALDICH, L. (1966) *La Biblia y la evolución* in *La evolución*, B.A.C., vol. 258, pp. 792-807, Madrid.

CAMPS, G. (1966) *Los datos bíblicos y el número de los primeros progenitores* in *La evolución*, B.A.C. vol. 258, pp. 808-826, Madrid.

COLOMER, E. (1966) *Teilhard de Chardin: Evolución y cristianismo* in *La evolución*, B.A.C. vol. 258, pp. 853-911, Madrid.

SCHOKEL, L.A. y J. MATEOS (Traducción de), (1984) *Nueva Biblia Española*, Ed. Cristianidad, Madrid. (2.ª reimpresión).

3.3. Un paradigma de la didáctica de las ciencias de la naturaleza: la dosis

La aplicación didáctica del método científico aboca en la teoría de la dosis. La dosis es una idea, una abstracción de toda la actividad posible a realizar por un profesor de ciencias de la naturaleza en la transmisión de sus conocimientos, un marco que encuadra o sitúa cada acción didáctica. Por tanto no se debe interpretar como una receta a seguir en cada explicación, sino por el contrario, pretende explicar la razón de ser de cualquier modo de actuar elegido libremente por el profesor.

La dosis es un proyecto didáctico, en el dominio de las ciencias de la naturaleza, que se propone como paradigma de su didáctica. Tiene por modelo el método científico y contiene ejercicios de observación, de interpretación y de comunicación-información. Entronca con los paradigmas correspondientes (geológico y biológico, zoológico o botánico) y pretende cierta epistemología.

La realización de una dosis puede tener lugar durante una o varias sesiones de duración variable. Así una dosis referente al cuidado de una planta puede llevar escasos minutos diarios durante meses. Y, en lugar o lugares más adecuados a su temática: en clase, en el laboratorio, en el jardín de la escuela, en una excursión, en un campamento.

Los ejercicios de observación pueden incluir técnicas, la utilización de aparatos de experimentación. La creación de técnicas de observación es muy deseable. En ciertos casos, especialmente en las primeras edades, pueden anteponerse ejercicios de manipulación previa. Y más frecuentemente, ejercicios posteriores a la observación o simultáneos, de clasificación dicotómica o discernimiento.

La interpretación debe desprenderse directamente de lo observado y los ensayos de interpretación o invención de teorías constituyen la finalidad de estos ejercicios.

La información es parte de la comunicación y componen la memoria colectiva. Los ejercicios de información incluirán la consulta de diccionarios, enciclopedias o libros de texto. Así se entronca con el paradigma correspondiente y se sitúa cada tema en relación con la estructuración de la ciencia, lo que permite valorar si el argumento de la clasificación dicotómica es acorde con esa estructuración.

En la comunicación, al contrario que en la interpretación, la originalidad queda muy marginada, hay que cumplir la exhaustiva normativa existente. Los ejercicios lo serán de vocabulario, etimología, dibujo y fotografía científicos, elaboración de resúmenes y redacciones, exposición oral, sin rechazar el uso de los nombres científicos y de la referencia bibliográfica.

Los ejercicios de la dosis se realizarán individualmente y/o en equipo.

Los ejercicios de comunicación jamás podrán confundirse con un examen. Por el

contrario, cualquier valoración tendrá que considerar la capacidad de observación, de interpretación, de obtener información y la posesión de la normativa de la comunicación, todo ello en un grado aceptable para cada nivel educativo.

3.4. Posibilidades didácticas del entorno: nuestra Gran Canaria

Dada la finalidad de las ciencias de la naturaleza, el entorno puede constituir la sede ideal para el desarrollo de su enseñanza y contribuir a una mejor educación integral. El propio medio natural, el hombre en su aspecto corporal y su impacto en ese medio, son temas esenciales de estas ciencias.

3.4.1. El entorno natural

Las posibilidades didácticas de nuestro entorno derivan de la realidad insular y atlántico-africana, el trópico de cáncer, y de poseer la historia volcánica más dilatada de la tierra, más de veinte millones de años sin extinguirse, y en la que han quedado registradas las influencias climáticas nord-atlánticas, saharianas y guineanas.

Las costas, sus playas y farallones, las dunas, los productos de la pesca, se prestan bien para numerosas actividades didácticas. Asimismo el interior, con sus conos volcánicos, sus productos lávicos y los efectos de la erosión; su peculiar vegetación de cardones y tabaibas, la laurisilva, el fayal-brezal y los pinares. Por otra parte, su fauna autóctona, de gran interés, es más bien escasa y poco aparente. Las introducciones de fauna y flora extrañas han sido habituales.

3.4.2. La naturaleza acotada

Al lado de un meritorio jardín botánico, el «Viera y Clavijo» se nota la ausencia de parques zoológicos y de acuarios. En otras islas y no en Gran Canaria, existen además parques naturales.

El «Palmitos Park» con una fauna ajena totalmente a nuestro archipiélago es, por contraste, una atracción muy visitada, responde a una iniciativa particular y hay que considerarlo, en cuanto a la didáctica, con la precaución de no contribuir a dar una visión desenfocada de la naturaleza canaria, sumándola a las tentativas distorsionadas.

Bibliografía

GIL PÉREZ, D. (1983) *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias*, «Enseñanza de las Ciencias», vol. I, pp. 26-33, Barcelona.

Bibliografía

ARAÑA, V. y J.C. CARRACEDO (1979) *Los volcanes de las Islas Canarias*, Ed. Rueda, Madrid.

BACALLADO, J.J., et al., (1984) *Fauna marina y terrestre del archipiélago canario*, Edirca, Las Palmas.

BRAMWELL, D. y Z. BRAMWELL (1974) *Flores silvestres de las islas Canarias*, Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas.

KUNKEL, G. y M.A. KUNKEL (1974) *Flora de Gran Canaria*, Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas.

MECO, J. (1977) *Paleontología de Canarias*, Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas.

MECO, J. (1979) *Paleocostas de Canarias*, Ed. Museo Canario, Colección Temas Canarios, Las Palmas.

ras de ciertos «atractivos turísticos» disparatados como la plantación de cocoteros, los poblados del oeste americano, las bailarinas hawaianas, etc.

Junto a esto, en Gran Canaria se dispone de uno de los museos más antiguos de España. El Museo Canario, creado hace poco más de un siglo por el Dr. Gregorio CHIL y NARANJO, es una entidad privada. Ello constituye un anacronismo. Ningún país culto deja hoy en manos privadas no solventes el patrimonio científico. Ciertamente que el carácter privado fue causa de su nacimiento pero hoy le hace correr el riesgo de perecer. De hecho sobrevive, en extraño maridaje, con subvenciones insuficientes de organismos públicos. En cuanto a las ciencias de la naturaleza, ya desde su fundación tenía entre sus miras «*el origen y formación geológicas del archipiélago*». Sin embargo, la carencia de un equipo científico ha ido dejando languidecer este aspecto. El Museo Canario se ha ceñido más a los aspectos históricos y arqueológicos, por lo que en la actualidad no sabe qué hacer con las colecciones de la naturaleza que ha ido suprimiendo de sus instalaciones al público, y seguirá procediendo así hasta suprimirlas totalmente. Se hace pues necesario en Gran Canaria ese museo de ciencias naturales que fue alumbrado por el Dr. CHIL y dejado morir por sus conciudadanos. Contrasta con ello el nuevo y pujante museo de ciencias naturales de nuestra vecina Santa Cruz de Tenerife.

Las principales colecciones de geología que se encuentran hoy en el Museo Canario son:

- Colección general de minerales (almacenada, no consultable).
- Colección Hausen de rocas canarias (almacenada, no consultable).
- Colección de fósiles característicos de Inglaterra (donada por el Sedgwick Museum de Cambridge al Cabildo de Gran Canaria, en depósito en el Museo Canario, instalada al público, va a ser retirada y almacenada).
- Colección de fósiles neógenos y cuaternarios marinos del Sahara (en depósito, estudiada por J. MECO para la tesis de L. ORTLIEB presentada en la Universidad «Pierre et Marie Curie» de París y publicada en Francia por el O.R.S.T.O.M).
- Colección de fósiles neógenos y cuaternarios marinos de Andalucía (en depósito, estudiada por J. MECO para la Tesis doctoral de C. ZAZO presentada en la Universidad Complutense de Madrid).
- Colección de fósiles neógenos y cuaternarios marinos de Canarias (en depósito, Tesis doctoral de J. MECO presentada en la Universidad Complutense de Madrid). (El material de las tres tesis está almacenado).
- Otras colecciones menores de procedencia diversa.

Estas valiosas, e inutilizadas, colecciones paradójicamente constituyen parte importante de la esencia del museo. No es fácil tener conceptos claros de cuál es la

importancia y misión de un museo. Desde luego no es un mausoleo nostálgico, ni un relicario, ni un puesto de feria o curiosidades, ni una cajita mágica de fabricar cultura. Tiene, por el contrario, como misión principal la custodia y disponibilidad de las colecciones científicas, siendo una especie de notaría de las ciencias. No puede haber lugar en él para colecciones caprichosas, ni aunque alcanzaran valor monetario en algún momento, y que no se pueden sistematizar en concordancia con la estructuración de la ciencia. Naturalmente la custodia y disponibilidad de unas colecciones científicas, y por tanto su manejo, requieren un personal cualificado. Por eso un museo sin equipo científico es impensable, y desde luego, muerto o afónico. Sólo si hay un equipo científico viene a continuación la necesidad de un equipo pedagógico pues el museo funciona a tres niveles: el de los estudiosos, que realizan tesis y proyectos de investigación, el de los estudiantes con sus específicas necesidades y el de turistas y aficionados.

Quedan así los museos entroncados en el método científico y en la enseñanza de las ciencias y por lo tanto constituyen un poderoso instrumento educativo, siempre que cumplan los requisitos de un verdadero museo y se programe su utilización didáctica con «recorridos» con argumento.

3.5. Panorámica de la bibliografía en castellano sobre didáctica de las ciencias de la naturaleza

En los últimos años se ha despertado un gran interés por la didáctica. Muestra de ello es la celebración de tres simposios nacionales sobre enseñanza de la geología (Madrid 1980, Gijón 1982 y Barcelona 1984) asimismo la aparición de una nueva revista titulada «La Enseñanza de las Ciencias» en 1983 editada por los I.C.E. de la Universidad Autónoma de Barcelona y de la Universidad de Valencia. La revista «Bachillerato» en 1979 dedicó un cuaderno monográfico (el n.º 3) a la enseñanza de las ciencias naturales. Publicaciones que recomendamos muy vivamente.

Sin embargo, en las publicaciones más antiguas, se suelen tratar conjuntamente la biología y la geología y con frecuencia también con la física y la química. La casi totalidad de los autores se limitan a exponer con mayor o menor acierto unos contenidos, es decir, a desarrollar unos programas, pero titulando sus obras de un modo u otro como didácticas. Por el contrario contenidos expuestos muy didácticamente no tienen esas pretensiones, al menos expresadas en el título. De otros libros, su condición didáctica, como material didáctico, debe darse por supuesta al tener como finalidad su utilización como textos en las enseñanzas básicas y medias. Es frecuente

Bibliografía

AGUIRRE, E. (1965) *Realidad y posibilidades de los Museos de Ciencias Naturales*, «Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural» (Geología), vol. 63, pp. 237-249, Madrid.

(1981) *La Geología en los museos de Ciencias Naturales* «Primer Simposio Nacional sobre Enseñanza de la Geología», pp. 345-354, Madrid.

BURGOS DELGADO, C. e I. GUALLAR SANCHO (1984) *La investigación pedagógica en los museos. Aspectos metodológicos*, «Guiniguada» vol. I, pp. 33-42, La Laguna.

RODRIGUEZ DORESTE, J. (1967) *El Museo Canario. Breve reseña histórica y descriptiva*, Ed. El Museo Canario, Las Palmas.

SÁNCHEZ MORO, R. y F. ANGUIA VIRELLA, (1981) *El papel de los museos en la enseñanza de la Geología*, «Primer Simposio Nacional sobre Enseñanza de la Geología», pp. 355-362, Madrid.

Bibliografía

GALLEGO DIAZ, J.A. (1973) *Didáctica de las Ciencias Naturales* in *Diccionario de Pedagogía*, Labor, Barcelona.

GEORGE, K.D. et al., (1977) *Las ciencias naturales en la educación básica. Fundamentos y métodos*, Santillana, Madrid.

I.E.P.S., (1979) *Ciencias de la naturaleza: hacia una nueva didáctica*, Narcea, Madrid.

LANDETE AGUIAR, A. (1972), *Didáctica de las ciencias de la naturaleza*, Anaya, Salamanca.

LILLO, J. y L.F. REDONET, (1979) *Recopilación bibliográfica sobre ciencias naturales*, «Revista Bachillerato» n.º 11, supl., cuaderno monográfico n.º 3, pp. 60-73, Madrid.

MARTÍN C. y M. ÁLVAREZ, (1979) *Didáctica de las Ciencias Naturales*, Magisterio Español, Madrid.

MONLLOR, E. (1964) *Historia natural y su metodología*, Ecir, Valencia.

MORROS SARDÁ, J. (1964) *Ciencias de la naturaleza y su didáctica*, Geología, Santiago Rodríguez, Burgos.

NAVARRA, J.G. y J. ZAFFORONI, (1980) *La Enseñanza de las Ciencias Naturales*, Cecsa, México.

SPANDL, O. P. (1978) *Didáctica de la biología*, Kapelusz, Buenos Aires.

VALLS, V. (1965) *Metodología de las Ciencias Naturales*, Losada, Buenos Aires.

VIDAL BOX, C. (1961) *Didáctica y metodología de las Ciencias Naturales*, «Revista Enseñanza Media» n.º 234, Madrid.

también identificar la didáctica con el desarrollo de prácticas de campo y laboratorio. Los títulos que se relacionan en el margen suelen traer amplia bibliografía y a ella remitimos.

Agradecimientos

Estos apuntes han sido redactados en estrecha colaboración con los alumnos de Didáctica de las Ciencias Naturales del curso 1983-84 de la Escuela Universitaria del Profesorado de Las Palmas (Universidad de La Laguna) y han sido consultados los profesores J. MARTEL, E. REPETTO, L.D. FERNÁNDEZ ALONSO, A. ALONSO MEDINA, A. BARRY y A. MESTRES. Todos ellos lo han hecho posible.