

Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico

Jordi de Manuel Barrabín
Ramon Grau Sánchez

En este artículo pretendemos analizar las concepciones más comunes y significativas que aparecen en el aprendizaje de la biología. Profundizaremos en su origen y su importancia y mostraremos ejemplos relativos a diferentes ámbitos del pensamiento biológico. Finalmente, abordaremos el papel que juegan las ideas previas en los procesos de aprendizaje de conceptos propios de la biología.

Palabras clave: Ciencias experimentales, Enseñanza de las ciencias, Alumnado, Biología, Pensamiento biológico, Aprendizaje, Concepto

"La hormiga también respira por pulmones, pero son pequeñitos."

"El animal muerto queda completamente enterrado, después se deshace y las plantas se aprovechan con sus raíces para comer."

"La adaptación es el conjunto de la mutación con la selección, ya que frente a un cambio en el exterior, de una forma accidental se produce una mutación que, por azar, resulta beneficiosa y poco a poco, mutación tras mutación, la especie va adaptándose al medio."

Éstas fueron algunas respuestas dadas por estudiantes de distintos niveles educativos, frente a diversas *situaciones problema* que fueron planteadas para conocer su pensamiento espontáneo en relación a diferentes conceptos biológicos. Es evidente que existe un conflicto en el significado de los conceptos científicos implicados.

¿POR QUÉ GENERAMOS IDEAS ESPONTÁNEAS?

Parece lógico responder que se originan en los aprendizajes informales derivados de experiencias propias de la vida cotidiana. Pero en realidad la situación no es tan sencilla. El pensamiento humano no se rige tanto por criterios formales de razonamiento como por criterios pragmáticos o funcionales; en el fondo está guiado por criterios de supervivencia. En esta línea, las concepciones sirven para comprender, predecir y explicar sucesos y fenómenos naturales. Se trata de verdaderas *teorías personales* (Claxton, 1987) que suelen tener un significado muy diferente del que la ciencia (y el profesorado de ciencias) da a dichos conceptos. La fuerte resistencia al cambio que muestran estas ideas parece justificarse bajo la funcionalidad que aportan a la vida cotidiana.

Un repaso a la bibliografía existente sobre el origen de las concepciones, aporta indicios sobre cuales son las causas del pensamiento espontáneo del alumnado. Pozo y otros (1991) proporcionan una clasificación de los distintos orígenes de estas ideas:

1. *Origen sensorial: concepciones espontáneas*

Algunas concepciones parecen generarse en la percepción de fenómenos, procesos y observaciones realizadas a lo largo de la vida cotidiana. Cuando no se es experto en un área hay tendencia a confundir las causas con los efectos. Hay evidencias de que esta confusión se da en el alumnado cuando intenta dar una explicación a sus percepciones. Así, por ejemplo, en un pensamiento dominado por lo perceptivo, es de *sentido común* pensar que los microorganismos y los "gusanos" que aparecen en la carne cuando se descompone, provienen de la misma carne que se está pudriendo (no han visto otro posible origen).

Es frecuente que el alumnado se plantee explicar los fenómenos naturales a partir de un pensamiento causal simple, utilizando reglas de razonamiento basadas en la contigüidad espacial y temporal de causas y efectos. En esta línea se puede entender que, en su mayoría, los chicos y chicas razonen creyendo que gran parte de las enfermedades se deben al contagio (contigüidad espacial). O bien que den explicaciones lamarquianas cuando interpretan situaciones evolutivas, ya que la necesidad de cambiar y el cambio experimentado por el organismo muestra una contigüidad temporal mucho mayor que los cambios genéticos producidos al azar en las poblaciones y la posterior actuación de la selección natural (razonamiento propio de explicaciones darvinistas).

2. Origen social: concepciones inducidas

Estas concepciones aparecen por influencia del entorno social y cultural inmediato del alumnado. El sistema educativo no es el único camino de transmisión cultural, por tanto los chicos y chicas llegan al aula con creencias, que han sido socialmente inducidas, sobre muchos fenómenos naturales. Dicho entorno no se limita a la familia y a la escuela, sino que también incluye a los medios de comunicación (cómic, películas y sobre todo a la televisión). Diversos estudios destacan, como una de las fuentes de las ideas previas del alumnado, la influencia del medio cultural que se transmite esencialmente a través del lenguaje. El lenguaje cotidiano interfiere con el lenguaje científico porque utiliza muchos términos científicos ("hay que *adaptarse* a las circunstancias", "¡qué *respiración* más agitada!", "agua de origen *mineral*"...) con un significado bien distinto. Este hecho debe tenerse en cuenta cuando diseñamos procesos de aprendizaje que pretendan acercar significado cotidiano y científico: será preciso determinar y explicitar previamente las diferencias entre ambos significados.

En este mismo apartado debemos destacar la importancia de los libros de texto u otros materiales de aprendizaje en el desarrollo o fortalecimiento de las concepciones inducidas. El uso de terminología ambigua o de forma incorrecta puede crear confusión (el uso de nutrición y alimentación como sinónimos, frases como "los seres vivos consiguen adaptarse al medio"...). Otras veces son los esquemas quienes inducen a error: esquemas de la fotosíntesis representando una hoja de donde entran y salen gases, representaciones de la circulación sanguínea con la mitad de la sangre de color rojo y la otra mitad de color azul, o dibujos bidimensionales de la célula.

3. Origen analógico

En algunas áreas de conocimiento el alumnado puede no disponer de ideas específicas generadas con anterioridad. Cuando se plantean tareas en estos ámbitos, las personas acostumbran a desarrollar analogías con ideas o esquemas de conocimiento provenientes de otras áreas, que ayudan a comprender e interpretar la nueva situación. Los chicos y chicas conocen bien su propio cuerpo y tienden a dar, por analogía, explicaciones a fenómenos naturales basándose en su propio funcionamiento. Es posible que muchas interpretaciones antropomórficas de procesos naturales (dotar de capacidades propias de los humanos a otros animales así como a las plantas) o teleológicas (los cambios que se producen en los organismos se hacen con la *intención* o *finalidad* de mejorar o sobrevivir) derive del establecimiento de dichas analogías.

CONCEPCIONES COMUNES EN BIOLOGÍA

A lo largo de la historia, la biología ha presentado importantes cambios en el significado dado a los conceptos científicos. Los experimentos de Redi y de Pasteur, combatiendo las concepciones relacionadas con la generación espontánea; la formulación de la teoría de la evolución, frente al fijismo y creacionismo; el establecimiento de la circulación sanguínea con dos circuitos propuesto por Harvey subvirtiendo la idea del "espíritu vital" (mezcla de sangre y aire); la propuesta del mecanismo de la evolución por selección natural de Darwin y Wallace, frente al desarrollo de los órganos por uso y desuso y la herencia de los caracteres adquiridos, postulada por Lamarck, son sólo algunos ejemplos de la historia de la ciencia que muestran la complejidad del proceso de construcción del conocimiento científico y que ilustran sobre la dificultad del pensamiento biológico.

Alumnos y alumnas provenientes de contextos muy diversos, de diferentes culturas y medios sociales, se encuentran con las mismas dificultades en el aprendizaje de los conceptos científicos. Se ha propuesto la existencia de obstáculos epistemológicos en el desarrollo del aprendizaje de las ciencias que impedirían la construcción del conocimiento y su avance posterior para aprender nuevos conceptos científicos. El parecido, paralelismo para algunos autores, entre las interpretaciones de alumnos y alumnas y la visión que la ciencia ha tenido del mundo, de la vida y de su funcionamiento a lo largo de la historia, puede representar un camino de aproximación a los obstáculos que se presentan en el aprendizaje de los conceptos científicos. Así, el repaso de la historia de la biología nos puede ayudar en la identificación de los problemas con los que se enfrenta el alumnado para construir los significados científicos. Determinar cuáles fueron las dificultades por las que atravesó esta ciencia en la génesis del conocimiento, podría permitir la localización de puntos de conflicto en el aprendizaje de conceptos en biología.

Concepciones los seres vivos (clasificación, forma y funciones)

Contenidos referentes a la teoría celular, al concepto de ser vivo, a los diferentes reinos de organismos y a su clasificación, así como a la morfología y fisiología de éstos, son tratados en diversos momentos de la enseñanza primaria y secundaria. Entre estos conceptos, los más generales e inclusivos (ser vivo, célula, animal, planta) requieren una especial atención, ya que a partir de ellos a menudo se estructuran y secuencian la mayor parte de los contenidos de la biología. Muchos de estos conceptos son considerados frecuentemente por el profesorado como triviales, o bien se dan por sabidos, pero en realidad la mayor parte del alumnado tiene ideas alternativas sobre ellos.

Es común identificar *ser vivo* con *animal*, y además asociarlo fundamentalmente al movimiento (Lucas y otros, 1979). En diversas investigaciones (Brumby, 1982; de Manuel, 1994) se constata que para explicar y definir ser vivo el alumnado suele utilizar criterios de comportamiento (se mueve, parece que respira, come), más que criterios fisiológicos (obtiene energía del medio, crece, presenta reacción a ciertos estímulos) o morfológicos y estructurales (tiene células, tiene órganos internos, está constituido por materia orgánica). Algunos estudios, y la práctica cotidiana, muestran también que es poco frecuente considerar el *ser humano* como un organismo animal (Bell, 1981). Muchas representaciones proporcionadas por diversos medios de comunicación ofrecen una idea antropocéntrica de la vida, y ello resulta a menudo un obstáculo en la

adquisición de algunos conocimientos en biología.

La idea *planta* ha sido también motivo de muchas investigaciones, tanto en su clasificación y estructura, como en su nutrición (Wood-Robinson, 1994). Sólo una tercera parte de niños y niñas de 6 años consideran las plantas como seres vivos, idea que sólo aumenta hasta las tres cuartas partes a los 15 años. Para una fracción importante del alumnado las plantas son "vegetales pequeños" (Bell, 1981), representación que aparece, por ejemplo, cuando no se identifica un árbol como planta (<http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL07056U.gif> - Figura 1). Se ha investigado mucho también sobre las ideas del alumnado sobre la *fotosíntesis* y la *respiración* de las plantas (Haslam y Treagust, 1987; Waheed y Lucas, 1992). Es común que estudiantes de diferentes niveles educativos consideren la fotosíntesis como la manera que tienen las plantas de respirar, y mucho más frecuente aún, pensar que las plantas sólo respiran de noche, mientras que de día realizan la fotosíntesis (y no respiran).

Se constatan dificultades en la capacidad para *clasificar organismos* (lo cual es un contenido procedimental difícilmente separable, en este caso, de los conceptos). Con independencia de la edad, algunas dificultades son atribuibles a confusiones terminológicas o a las analogías hechas con otros organismos. Algunas investigaciones apuntan a que la adquisición, en determinadas etapas del currículum, de nuevas terminologías (taxones), más que facilitar, añade nuevos obstáculos a la capacidad de clasificar (Braund, 1992).

Una buena parte del currículum de la biología, en diferentes niveles educativos, está dedicada al conocimiento de la *teoría celular*. A pesar de ello, se constatan ideas alternativas mucho más persistentes de lo que cabría esperar. Así por ejemplo, pensar que el tamaño de los organismos es una consecuencia del tamaño de sus células no está de acuerdo con la teoría celular, pero es una idea espontánea muy común (de Manuel, 1994). La representación de la célula en dos dimensiones, plana, también constituye una representación frecuente, en este caso originada a partir de la observación de dibujos en los libros de texto, o a partir de las observaciones microscópicas. Otro ejemplo sería la idea extendida de que todas las células vegetales tienen cloroplastos, lo cual es probablemente una concepción inducida por la ciencia escolar.

La *morfología y anatomía* de los seres vivos, aunque parezca una cuestión más descriptiva, también presenta dificultades. Es común recurrir a analogías para construir representaciones de aquello que no se conoce, lo cual es frecuente al tratar aspectos anatómicos de organismos que pertenecen a tipos de organización diferente, como se ilustra en una de las frases que aparece en el principio del artículo sobre los "pulmones pequeñitos" de las hormigas.

El aprendizaje de la fisiología y morfología del cuerpo humano tropieza también con innumerables concepciones a menudo muy persistentes. Así por ejemplo, se han descrito diversas representaciones sobre la estructura y organización de diversos sistemas y aparatos (Giordan, 1987). En sexualidad y reproducción, por ejemplo, el alumnado posee concepciones muy diversas sobre la fecundación, la menstruación y los órganos genitales.

Concepciones en ecología

La literatura existente sobre la investigación de las ideas del alumnado en conceptos de ecología es aún escasa si la comparamos con otros campos de la biología, quizás debido a la complejidad de los conceptos implicados.

La idea de *medio* presenta dificultades por su gran variedad de significados (Astolfi, 1987). Destaca la concepción de medio como un sistema "armonioso" en "equilibrio natural" (como si los animales buscaran y escogieran el medio más propicio). Otras veces el medio no se concibe aisladamente de los seres vivos, sino como una respuesta a las necesidades propias y específicas de cada organismo.

Algunas concepciones hay que relacionarlas con la persistencia de algunas ideas alternativas referentes a la nutrición de los seres vivos, especialmente de las plantas. Diversos autores apuntan al hecho de que el alumnado asocia los términos fotosíntesis y respiración más a los intercambios de gases que a la transformación de la energía (Waheed y Lucas, 1992), lo cual resulta un obstáculo en comprender la importancia de la fotosíntesis en el *flujo de energía* de los ecosistemas.

Una dificultad importante en la adquisición de conceptos en ecología es concebir las relaciones entre los organismos únicamente como relaciones entre *individuos* en lugar de entre *poblaciones*. "Pensar en poblaciones", en lugar de "en individuos", es sin duda un paso difícil, pero necesario, en el aprendizaje de diversos conceptos de ecología, de genética y, sobre todo, de evolución. Es por ello que el alumnado suele establecer dependencias unidireccionales entre presas y depredadores, sin comprender la interregulación e interdependencia que puede darse en muchas de estas relaciones.

Respecto a *presas y depredadores* existen también concepciones que merecen ser comentadas. Al comparar la idea sobre cómo es el depredador respecto a la presa, la mayor parte del alumnado cita la superioridad del depredador en términos físicos (tamaño, fuerza, rapidez,...), en términos evolutivos (están más "adaptados", sin que sepamos realmente el significado que en este contexto se da al término adaptación), e incluso hay estudiantes que atribuyen cualidades antropomórficas y morales al referirse a las características de los depredadores (es más astuto, no tiene piedad, no tiene mala intención, etc.).

Existen algunas investigaciones (Brumby, 1982; Griffiths y Grant, 1985) que muestran las dificultades que se presentan en la comprensión de las *redes tróficas*, en el sentido que la idea de red resulta ser mucho más difícil que la de *cadena de alimentación*. En nuestra opinión, parte de estos resultados obedecen a la dificultad para entender los diagramas y

grafismos que se usaron en los instrumentos de investigación, más que a la misma concepción sobre redes y cadenas y a la dificultad de comprender las interacciones.

La idea espontánea que suele tener el alumnado sobre el *suelo* añade nuevas dificultades al aprendizaje de la ecología: abundan representaciones del suelo como un ser vital (capaz de succionar, absorber sustancias y alimentarse de ellas). Existe una relación entre algunas de estas concepciones, nuevamente con las ideas sobre la nutrición de las plantas (el suelo es el alimento de la plantas y las raíces lo absorben, las plantas absorben proteínas y vitaminas del suelo, hay que echar abono al suelo para que las plantas coman,...), como se muestra en <http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL070591.gif> - Figura 2.

El *ciclo de la materia* es otro sistema conceptual contemplado en diferentes momentos del currículum de ciencias. Al profundizar sobre alguno de los conceptos y procesos implicados, se pueden detectar numerosas concepciones (de Manuel, 1995):

- Los términos *descomposición* y *putrefacción* son usados por el alumnado con cierta soltura. Sin embargo, cuando se exploran las ideas sobre dichos procesos, se encuentran concepciones interesantes (<http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL070592.gif> - Figura 3). Menos de la mitad del alumnado de los cursos más altos de secundaria relacionan los microorganismos descomponedores con dichos procesos. La acción de los fenómenos meteorológicos y el paso del tiempo son causas que se citan con cierta frecuencia.

- Al justificar la importancia de las transformaciones que experimentan los organismos muertos y los excrementos en los ecosistemas, abundan los argumentos teleológicos (la naturaleza es muy sabia, el mundo ha sido creado así, ...).

Concepciones en herencia y evolución

Existe abundante documentación sobre las concepciones del alumnado en el área de la evolución y en aquellos conceptos de genética que están imprescindiblemente ligados al aprendizaje de la evolución. Grau (1993) y Wood Robinson (1994) han llevado a cabo sendos trabajos de revisión de las ideas espontáneas de alumnos y alumnas sobre herencia y evolución.

Los alumnos y alumnas más jóvenes no contemplan la existencia de la variabilidad intraespecífica. Cuando se identifica en las plantas, la creencia general es que se debe a la influencia de los factores ambientales. Las variaciones en los animales (incluyendo los seres humanos) se deberían a las relaciones parentales con sus progenitores. En este caso existe, entre estudiantes jóvenes, un cierto grado de confusión basado en la creencia de que la influencia de la madre en las características de la descendencia es superior (en algunos casos única) a la aportación del padre. En otros casos se da una asociación frecuente entre las características de las niñas y las de sus madres, así como entre los hijos y sus padres (Engel Clough y Wood Robinson, 1985a).

Parece existir una confusión generalizada entre los cambios no heredables que sufren los individuos a lo largo de su vida y los cambios heredables que afectan a poblaciones de organismos. Esta confusión conduce a la creencia común de la herencia de los caracteres adquiridos (pensamiento lamarquiano).

Mayoritariamente se contempla la influencia ambiental sobre las características que se heredan. Las ideas en esta área evolucionan con la edad y las experiencias. Una parte del alumnado de secundaria, aunque identifica una influencia ambiental sobre las características de los organismos, ya incluye explicaciones genéticas, aunque a veces estas ideas interaccionan con el pensamiento espontáneo: las características adquiridas no se heredarían inmediatamente, podrían fijarse genéticamente después de varias generaciones de individuos en los que se repita el cambio fenotípico (Engel Clough y Wood Robinson, 1985b). Pero el razonamiento en esta línea parece depender del contexto de la situación.

Para la mayoría del alumnado la adaptación se basa en que los organismos efectúan conscientemente cambios físicos en respuesta a cambios ambientales, o bien es una respuesta a una necesidad o es algo natural, tenía que pasar. Pocos alumnos y alumnas reconocen que la selección natural actúa sobre las poblaciones en el proceso de adaptación y centran sus explicaciones en los cambios que sufren los individuos a lo largo de su vida. Se destaca, sin embargo, que un número significativo de estudiantes parece utilizar modelos de razonamiento distintos (aceptado científicamente y erróneo) en función del contexto, es decir, según el tipo de problema planteado (Jiménez y Fernández, 1989).

Esta situación se mantiene entre el alumnado de mayor edad para quien, en general, el mecanismo evolutivo se basaría en una mezcla de necesidad, uso y falta de uso y la capacidad de adaptación. En el origen de esta concepción se encuentra una mezcla de sentido común y empiricismo (aquello que es plausible según su experiencia). Llama la atención la utilización del concepto de adaptación con significado derivado de contextos cotidianos (un individuo se esfuerza en cambiar) y no en el sentido que en la actualidad se le asigna en el mecanismo evolutivo. Podría decirse que siguen extrapolando desde los cambios vistos a lo largo de la vida de los individuos (que a menudo llaman adaptativos) para justificar cambios en poblaciones seleccionadas a lo largo de varias generaciones (Brumby, 1984). Se identifica un uso frecuente de razonamiento teleológico y antropomórfico para dar explicación a la adaptación biológica de las poblaciones y al cambio evolutivo. En general destaca la ausencia de pensamiento probabilístico y del concepto de azar, de importancia central en la interpretación de procesos adaptativos y de la herencia (Deadman y Kelly, 1987).

Se ha constatado que es difícil para la mayoría del alumnado entender la idea del tiempo en la escala evolutiva, le cuesta

comprender que los cambios evolutivos son lentos y transcurren a lo largo de generaciones.

Finalmente, bastantes autores han destacado las dificultades lingüísticas derivadas de la precisión del significado de los términos utilizados en genética (meiosis, alelos, locus, homocigoto, codominancia, ...). También resaltan la influencia negativa de los medios de comunicación así como de los libros de texto e incluso lecturas científicas (Deadman y Kelly, 1987; Engel Clough y Wood Robinson, 1985a).

EL LENGUAJE CIENTÍFICO: ¿QUÉ QUEREMOS QUE APRENDAN?

Evidentemente la terminología científica es uno de los contenidos propios de las clases de ciencias. En las explicaciones, en los materiales escritos, se utilizan conceptos científicos refiriéndose a ellos a través de la terminología adecuada. A menudo se enfatiza en el conocimiento del vocabulario propio de nuestra disciplina. ¿Entiende y aprende siempre el alumnado el lenguaje usado por el profesorado o por los libros de texto?

Figura 4. *Fragmento de entrevista con un alumno de 15 años*

Profesor: ¿Tú a quién te pareces más? ¿A tu padre o a tu madre?

Alumno: ¡Yo a mi padre! Aunque me gustaría parecerme más a mi madre...

P.: ¿Cómo es que te pareces a tu padre?

A.: Esto ... esto es a causa de los cromosomas. Los cromosomas son portadores de la herencia.

P.: ¿Los cromosomas? Bien, ¿qué más sabes de los cromosomas?

A.: Mmm, ... ¿De los cromosomas? Mmm... ¡No tengo ni idea!

El aprendizaje de los términos nunca debería ser tan importante como la comprensión de los conceptos que subyace en cada nueva palabra. El alumnado ha demostrado a través de los tiempos la capacidad de memorizar términos, sin aprender su significado, o tener una adecuada representación. En la Figura 4 se ilustra un claro ejemplo de aprendizaje de terminología vacía de significado. Definir largas listas de conceptos ha constituido uno de los contenidos de las clases de biología en un pasado no muy lejano. Memorizarlos, sin aprender su significado o tener una adecuada representación, no sólo será una pérdida de tiempo, sino que además puede ser motivo de confusión y puede interferir en determinados aprendizajes.

Quizás se deberían centrar más nuestros esfuerzos en la construcción de los significados que lleva a cabo el alumnado. Y para ello es necesario facilitar que los alumnos y alumnas verbalicen su conocimiento (y no sólo en las etapas previas al proceso de aprendizaje, sino a lo largo de todo el proceso). Deberían crearse las condiciones, a través del planteamiento de situaciones problema que impliquen la necesidad de manipular el significado de los conceptos, de las controversias propiciadas a partir del trabajo en grupo, de la discusión general en el aula, para que el alumnado pueda expresar qué hay detrás de las simples etiquetas verbales que son las palabras. Como en muchos otros ámbitos puede plantearse un problema de calidad frente a cantidad. Pero, en este caso, ¿de qué sirve gran cantidad de conocimientos de baja calidad (es decir, erróneos)? (<http://www.grao.com/imgart/images/AL/AL07062U.gif> - Figura 5).

¿SE PUEDEN CAMBIAR LAS CONCEPCIONES?

Desde muy jóvenes, los niños y niñas muestran interés por los seres vivos y por un gran número de fenómenos relacionados con la biología. Alumnado de todos los niveles educativos muestra ideas bien establecidas, cuyo origen ya se ha discutido en apartados anteriores. Las concepciones que muestran, en general, no están de acuerdo con las ideas científicas.

Parece coherente desarrollar materiales para su aprendizaje y así ofrecer la oportunidad de estudiar cuestiones por las que muestran interés de una forma más sistemática que los encuentros informales con los medios de comunicación u observaciones ocasionales. En cualquier caso hay que partir de lo que ya saben los alumnos. Deben explicitar su modelo intuitivo de pensamiento. Las concepciones del alumnado han de ser enfrentadas entre sí. Hay que utilizarlas como punto de partida de discusiones en pequeños grupos. En dichas discusiones, centradas en problemas bien conocidos por la mayoría de estudiantes, el profesorado debe ser uno de los elementos de la confrontación permitiendo y aportando informaciones contradictorias o proponiendo situaciones para comprobar todas las concepciones. Con sus aportaciones debe favorecer el cambio, es decir una ruptura que permita la reorganización de los campos de conocimiento.

Las estrategias didácticas deben tener como componente esencial la discusión de problemas, mejor si conectan ciencia y sociedad, problemas derivados de contextos cotidianos, y que proporcionen situaciones de aplicación en casos relacionados con experiencias vividas por alumnos y alumnas.

Las ideas previas del alumnado han de servir como indicadores que permitan al profesorado autoregular la práctica

pedagógica (Giordan, 1987). Y esta consideración implica el desarrollo de una pedagogía diferenciada, dependiente de los problemas presentados, de los objetivos que se quieran conseguir y sobre todo del alumnado: una pedagogía no tipificada que presenta características diversas según las circunstancias, donde las intervenciones no están siempre decididas a priori, sino que dependen de los interrogantes que se plantea el alumnado y del marco de referencia que tenga.

Bibliografía

ASTOLFI, J.P. (1987): Miheu. Aster 3, 73-110.

BELL B.F. (1981): When is an animal not an animal? Journal of Biological Education, 16 (3), 213-218.

BRAUND, M. (1991): Children's idea in classifying animals. Journal of Biological Education, 25, 2.

BRUMBY M. (1982): Student's perceptions of the concept of life. Science Education, 66 (4), 613-622.

BRUMBY, M. (1984): Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. Science Education, 68 (4), 493-503.

CLAXTON, G. (1987): Vivir y aprender. Madrid: Alianza.

DEADMAN, J.; KELLY P.J. (1978): What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? Journal of Biological Education, 12 (1), 7-15.

ENGEL CLOUGH, E.; WOOD-ROBINSON, C. (1985): Children's understanding of inheritance. Journal of Biological Education, 19 (4), 304-310.

ENGEL CLOUGH, E.; WOOD-ROBINSON, C. (1985): How secondary students interpret instances of biological adaptation. Journal of Biological Education, 19 (2), 125-130.

GIORDAN, A. (1987): Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias, 5(2), 105-110.

GRAU, R. (1993): Revisión de concepciones en el área de la evolución. Enseñanza de las Ciencias, 11 (1), 87-89.

GRIFFITHS, A.K.; GRANT, B.A. (1985): High school student's understanding of food webs: identification of a learning hierarchy and related misconceptions. Journal of Research in Science Teaching, 22 (5), 421-436.

HASLAM, F.; TREAGUST, D. (1987): Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. Journal of Biological Education, 21 (3), 211-302.

JIMÉNEZ, M.P.; FERNÁNDEZ, J. (1989): ¿Han sido seleccionados o se han acostumbrado? Infancia y Aprendizaje, 47, 67-81.

LUCAS, A.M.; LINKE, P.P.; SEDWICK, J. (1979): Schoolchildren's criteria for "alive": a content analysis approach. Journal of Psychology, 103, 103-112.

MANUEL, J. de (1994): Idees alternatives sobre alguns conceptes de Biologia: "La formiga té els pulmons petits", "Un arbre no és una planta", "L'elefant té les cèl·lules més grans que el ratolí". Temps d'Educació, 11, 235-255.

MANUEL, J. de (1995): Idees alternatives en ecologia: Què passa amb els organismes morts? I amb els excrements? Recerca i Ensenyament de les Ciències Naturals, 19-31.

POZO, J.I.; SANZ, A.; GÓMEZ CRESPO, M.A.; LIMÓN, M. (1991): Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. Enseñanza de las Ciencias, 9, 83-94.

WAHEED, T.; LUCAS, A.M. (1992): Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14. Journal of Biological Education, 26 (3), 193-199.

WOOD-ROBINSON, C. (1994): Young people's inheritance and evolution. Studies on Science Education, 24: 29-47.

Dirección de contacto

Jordi de Manuel Barrabín

IES Joan Miró. Avda. de Europa, 153. 08907. L'Hospitalet del Llobregat. Barcelona. Tel.: 93/335 38 95

Ramon Grau Sánchez

IES Badalona 9. Alfons XII, 691. 08912. Badalona. Barcelona. Tel.: 93/387 37 50