

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA RELATIVA A LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA Y LA INVESTIGACIÓN EN EL ESTUDIO DE LA CÉLULA¹
(Bibliographical review on the teaching of Biology and research on the study of the cell)

M^a Luz Rodríguez Palmero
I.E.S. Dr. Antonio Glez y Glez Tejina.
La Laguna. Sta Cruz de Tfe. Islas Canarias.

Resumen

Se completa una revisión bibliográfica, hecha in 1997, relativa al aprendizaje de la Biología centrada en el papel que tiene la comprensión del contenido celular. Así mismo, se han incluido en esta relación referencias generales de enseñanza de las ciencias que permiten entender mejor los enfoques de la investigación educativa en relación con este tema. Estos trabajos se han organizado por categorías atendiendo a su objeto de estudio, relevancia manifiesta del contenido celular y perspectiva de análisis. Se concluye la importancia que tiene el concepto “célula” en la conceptualización biológica, así como la necesidad de realizar más indagación desde otros referentes teóricos que atiendan más al nivel psicológico y que nos dé pautas para mejorar los procesos de aprendizaje y de enseñanza de contenido biológico que supongan la comprensión de los seres vivos.

Palabras clave: célula, ser vivo, representación, aprendizaje y enseñanza de Biología.

Abstract

This review complements another one done by the same author, in 1997, regarding the role of comprehending the concept of cell in the learning of Biology. In addition, some general papers on science education that provide a better understanding of research approaches used in the investigation of this topic have been included. The reviewed papers have been organized into categories according to the object of study, the relevance assigned to the cell concept, and the framework of analysis. The review shows that the concept of cell is very important in the biological conceptualization, however, it also shows the need of additional research on this matter, from theoretical frameworks that pay more attention to the psychological level, in order to provide some guidance to improve the teaching and learning processes of the biological content that presupose the comprehension of living beings.

Key-words: cell, living being, representation, biology, teaching and learning.

Introducción

La célula es un concepto clave en la conceptualización del conocimiento biológico. Se trata de un concepto complejo y altamente estructurado para el nivel de enseñanza no universitaria que se construye en las mentes de nuestros estudiantes a partir del discurso que la escuela (el currículum) les ofrece y que se construye como tal entidad compleja y abstracta, si bien es cierto que es una entidad física, real, que existe en ese mundo físico (algo real -mundo- que ellos no pueden verificar directamente). Se trata de un concepto que determina la estructura y el funcionamiento de todo el mundo vivo; condiciona, por tanto, su comprensión, su interpretación, la representación que del mismo se haga en el conocimiento que generan como intermediaria entre ese mundo vivo y el sujeto

¹ Artículo invitado; complementario al publicado respecto al mismo tema en el Vol. 2(2), pp. 123-149, 1997.

que pretende acercarse a él para entenderlo y aprehenderlo. Las dificultades de comprensión y de interpretación de ese mundo vivo en función de los problemas de conceptualización relativos a este contenido se han puesto de manifiesto en abundantes trabajos destinados a investigar las representaciones del alumnado en distintos aspectos de la Biología, así como cuestiones relativas a su aprendizaje. Llama la atención, sin embargo, que en su mayoría se haya detectado como obstáculo fundamental la célula y que haya sido éste el objeto de estudio directo y específico en pocas de esas investigaciones que, además, son relativamente recientes en el tiempo (Rodríguez y Moreira, 1999).

Una vez que Ausubel (1968) plantea la importancia que tiene el conocimiento previo del alumno en los procesos de enseñanza/aprendizaje, haciéndonos saber que es requisito indispensable para que pueda aprender significativamente, comienza en la investigación educativa una enervada ebullición que da como resultado abundantes publicaciones sobre ideas previas, ideas alternativas, errores conceptuales, concepciones, “ciencia alternativa”, en definitiva, alrededor de los años 70, trabajos, todos ellos, que tenían mucho de descripción, de catálogo, que en la década siguiente dieron paso a la planificación de estrategias tendentes al consabido y no conseguido cambio conceptual (Moreira, 1999). Esa resistencia al cambio nos hizo ver que aquellas concepciones, ideas previas, etc., tienen una serie de características, de atributos que deben ser tenidos en consideración en los procesos de aprendizaje y que guardan relación con su carácter autónomo, implícito, funcional, coherente, que no son tan fácilmente describibles y que no son tampoco tan fáciles de explicar y de modificar. Se trata de formas con las que el individuo interactúa con la realidad. Así, poco a poco, surge para “esas cosas” una nueva consideración como “representaciones”, dando con ello un carácter más cognitivo a “aquello que el alumno ya sabe”. Y desde esta perspectiva, los trabajos consultados justifican la necesidad de abordar el estudio de las representaciones que el alumnado tiene y construye relativas a la célula y a su funcionamiento, así como la forma en la que esos modos de representación evolucionan, como requisito indispensable para entender el funcionamiento de los seres vivos como tales, incluyendo un ser vivo unicelular.

El presente trabajo tiene por objeto completar la revisión previamente realizada al respecto (Rodríguez Palmero, 1997) utilizando para ello el mismo formato e incorporando nuevas perspectivas de análisis, centradas en el tema que tratan estas investigaciones y artículos, su relación con el contenido celular y, por último, el enfoque desde el que se han desarrollado.

El significado de las representaciones y el aprendizaje de la biología

Como ya se expresó,

“Hoy sabemos que la cabeza de ese alumno no es una tabla rasa en donde pueden ser “colocadas” informaciones, de forma arbitraria. De una manera o de otra, cualquier información nueva que una persona recibe interactúa con aquello que ya sabe y el producto de esa interacción, resultante en nuevos significados, podría ser definido como aprendizaje. Es por esta razón que conocer cómo las personas re-presentan internamente el mundo en el que viven y cómo re-presentan las informaciones que reciben resulta esencial tanto para saber lo que es la cognición como para elaborar estrategias instruccionales que faciliten el aprendizaje”. (Greca, 1999, pág. 255).

Si de representaciones es de lo que hablamos -y es ésta la etiqueta que usamos para significar todo ese conocimiento que el alumno trae al aula y que es tan complejo y tan difícil de modificar-, será conveniente que aclaremos cuál es hoy su significado. Para ello valdrá, como definición de bolsillo (Greca, 1999) que entendamos como *“representación cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representa (vuelve a presentar) algún aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación, en su ausencia”* (Eysenck y Keane, 1991, pág. 202). Esas

representaciones pueden ser internas o externas. Las que nos interesan y preocupan son las internas, las que genera la mente humana y a partir de las que, como Ausubel sentenció, se aprende porque “*los individuos perciben, piensan y actúan sobre el mundo basándose en las representaciones mentales que tienen sobre él*” (Greca, 1999, pág. 257). Ésa es la razón que justifica el estudio de las representaciones desde otra perspectiva más referida a la mente. Hablamos de representaciones como de aquello que caracteriza al individuo cognitivamente, al sujeto de la psicología cognitiva, porque son entidades mentales, “*algo que está efectivamente organizado, y cuyo modo de intervención no puede explicitarse con descripciones de intercambios bioquímicos, fisiológicos, etc., sino de formas de reconocimiento y representación*” (Rivière, 1987, pág. 27).

La estructura y el funcionamiento de la célula resulta un contenido complejo y problemático de cara a su enseñanza y a su aprendizaje. La representación que del mismo se hace no responde al conocimiento científico aceptado y ello tiene consecuencias en el entendimiento y la comprensión del funcionamiento de los seres vivos, necesitándose, por tanto, más investigación al respecto.

Esas representaciones en ningún caso deben constituirse un fin en sí mismas. “*El estudio de las representaciones de los alumnos no sirve de mucho si de sus resultados no se derivan consecuencias que orienten las tareas de clase del profesor*”. (Banet y Núñez, 1990, pág. 109). Quizás esta finalidad merezca una reflexión por nuestra parte. Es posible que hayamos sido excesivamente simplistas al considerar las representaciones como elementos superficiales sin percatarnos de que constituyen auténticas estructuras explicativas, sistemas extraordinariamente coherentes, auténticos modelos de trabajo (Rodríguez Palmero, 1997). Esas representaciones son, como se ha expresado, entidades mentales con las que se percibe, se piensa y se actúa en el mundo, con las que se le atribuye significado a ese mundo; son elementos cognitivos con los que se procesa la información que se recibe y, consecuentemente, no son fácilmente detectables ni muchísimo menos, fácilmente describibles. De hecho, la investigación educativa da muestras de ello, ofreciéndonos una valiosísima documentación al respecto que nos permite delimitar las características definitorias de esas representaciones; pero, al mismo tiempo, nos dirige hacia otros referentes teóricos, hacia otros campos del conocimiento, hacia una integración de los distintos saberes en la búsqueda de pautas más eficaces, de manera que alcancemos el fin último de la educación científica que consiste en generar en esos individuos explicaciones científicamente coherentes con la comprensión de ese mundo. Ello requiere, sin ningún género de dudas, nuevas formas, nuevos enfoques, una redefinición, como hemos visto, del propio concepto de conocimiento que el alumno trae al aula en términos de representación, una entidad tan compleja como la propia mente que la genera, lo que justifica también la complejidad de su investigación.

La célula ya se ha expresado que es un concepto de difícil comprensión por parte del alumnado y es un concepto básico, estructurante, en la conceptualización biológica, un concepto que se reconoce y que se representa mentalmente y que se reconoce y que se representa, efectivamente, pero de manera no aceptada científica y contextualmente. La afirmación precedente se pone claramente de manifiesto al observar los resultados y las conclusiones que al respecto se han elaborado en investigaciones de diferente naturaleza, y desde distintas perspectivas teóricas y enfoques, que han abordado el conocimiento biológico y sus problemas de aprendizaje. Con objeto de extraer una visión de conjunto al respecto, se ha llevado a cabo una revisión de algunos de esos trabajos y propuestas que, de ninguna manera, ha pretendido ser exhaustiva, sino simplemente aportar un marco de referencia para la investigación; algunos de esos trabajos han tenido como objeto específico la célula, pero se han incluido otros que dan idea de las tendencias y de las interacciones que se producen con otros campos de investigación que se han mostrado pertinentes. En un primer paso, se elaboró una síntesis de lo que al respecto ofrecían seis revistas editadas en lengua española (Rodríguez Palmero, 1997) que reflejó diecinueve investigaciones en sentido estricto y ocho artículos de carácter diverso; se completa ahora dicha revisión incorporando treinta trabajos de indagación en sentido estricto, así como trece artículos de revisión, opinión y naturaleza

también diferente. Con ello se ha pretendido ampliar el abanico de publicaciones de enseñanza de las ciencias que, de una u otra manera, trata el tema objeto de análisis. Se ha podido así desarrollar, en esta segunda fase, una nueva síntesis que va más allá de la anterior al proporcionar nuevos elementos de reflexión, no sólo sobre los aspectos más controvertidos relativos al aprendizaje de la Biología, sino también en lo que a su investigación se refiere.

Aportaciones de la investigación educativa relativas a la enseñanza y aprendizaje de la célula

Se han analizado en total cuarenta y nueve trabajos de investigación en sentido estricto, de los que en esta ocasión se presentan treinta, en los que se han usado como criterios de análisis: objeto, muestra, instrumento, resultados relevantes, conclusiones relevantes; se ha elaborado una tabla (tabla nº 1 en ambos artículos) con la información obtenida en la que su disposición es cronológica (y alfabética dentro de cada año por la dificultad de localización de fechas exactas) porque se entiende que este extremo es igualmente informativo con respecto a las tendencias antes comentadas, razón por la que, como ya se expresó, se incluyen algunos no específicamente “celulares”.

Tabla nº 1: Relación de investigaciones analizadas.

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Reid, D. J. y G. J. A. Miller. 1980	Efecto del color sobre las observaciones de fotografías de los libros de texto de Biología en los niños; su influencia en la legibilidad de un texto.	163 alumnos de 13/14 años divididos en dos grupos (uno con fotografía en color y otro con fotografía monocroma). (estudio piloto previo con 53 alumnos).	Cuatro fotografías coloreadas y monocromas para su descripción e interpretación por parte de los alumnos.	? Las fotos en color produjeron puntuaciones más altas que las monocromas en su interpretación. ? El color realza el poder de observación en lo que se refiere a la habilidad para la interpretación incluso de la complejidad de lo representado pero no en todo el rango, pues ese color es capaz de compensar esa habilidad sólo bajo ciertas circunstancias. ? Se observa influencia de la forma humana en los dibujos sobre estrategias de observación de los niños. No sólo el color funciona como distractor sino que también puede hacerlo la presencia de formas humanas. ? La manera en la que se organiza el dibujo, y esto incluye complejidad y color, es lo que controla el grado de significado que el niño puede extraer del mismo. ? Los niños de diferentes habilidades se benefician de distintos grados del uso del color y esto es en parte controlado por la complejidad del dibujo. ? El color puede actuar como un distractor que fija la atención en rasgos menos significativos biológicamente. ? La habilidad para extraer significado de los dibujos es dependiente de la edad y de la habilidad y los 12 años marca la interfase de los estados piagetianos para que estas operaciones sean significativas.	? No parece suficiente la asunción de que los dibujos en los materiales editados hagan más fácil la comprensión de los alumnos. ? La complejidad de la fotografía parece inhibir la observación y presumiblemente el entendimiento; podría considerarse como un elemento en la legibilidad de los materiales escritos. ? Los profesores pueden considerar los dibujos como universalmente eficaces debido a la equivocación de la diferencia entre habilidad de los niños para comprender el significado del dibujo y su habilidad para recordar su contexto visual. ? Se cree que el material gráfico se recuerda de manera diferente al material lingüístico. ? Mirar los dibujos de un texto de Biología no es un proceso pasivo pues se comienzan a hacer inferencias sobre sus observaciones de unos u otros aspectos. ? El recuerdo es un importante proceso como interpretación inicial de significado y los mecanismos pictóricos son más poderosos que los verbales al respecto. ? Sólo cuando el entendimiento máximo del significado ha sido extraído de un dibujo, el atributo poderoso del mismo de ayudar en la memorización visual es equivalente y duradero.
Johnstone, A.H. y Mahmoud, N. A. 1980	Medida de la percepción del grado de dificultad de los tópicos incluidos	167 estudiantes de 1º año de licenciatura; 166 niños de enseñanza no	? presentación de una lista de 15 tópicos para determinar	? Las áreas de máxima dificultad fueron: transporte de agua en organismos, conversiones de energía en fotosíntesis y respiración,	? La fuente de datos más informativa ha sido el punto de vista de los alumnos. ? La dificultad de la percepción de un tópico por los niños será la principal fuente en su habilidad y deseo para

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
	en el plan de estudios de Biología.	universitaria; 50 profesores.	cuatro grados distintos de dificultad. ? Contrastación con: informe de examinadores, cuestionario de profesores y discusión con inspectores y conferenciantes de universidad.	? ATP/ADP, genética, mecanismos de evolución. ? El análisis de 8 años de examen determina como áreas más débiles: anatomía animal y vegetal, ecosistemas, genética, relaciones de agua en los organismos, enzimas, fotosíntesis y respiración, almacenamiento de energía y conversión, mecanismos de evolución. ? Se observa similitud en los temas con respecto a las respuestas de niños y estudiantes. ? Los temas de mayor dificultad, desde la perspectiva de los docentes, son: ósmosis y control de agua en los organismos, energía química-ATP/ADP, química de la fotosíntesis y de la respiración, mecanismos de evolución, genes. ? Las conversaciones informales con inspectores y con conferenciantes dan la mayor dificultad a las relaciones del agua en los organismos y a las consideraciones de energía en la construcción y destrucción de alimentos.	? aprenderlo. ? Una materia fácil para el profesor influye en la percepción de los alumnos de su grado de dificultad para el aprendizaje de la misma. ? En casos de disparidad entre alumnos y profesores, el punto de vista de los primeros fue más importante para investigadores y planificadores del currículum. ? Se deduce de los datos una alta coincidencia en asignar dificultad grande a contenido relativo a la complejidad del funcionamiento celular.
Finley, F. N.; Steart, J. y Yaroch, W. L. 1982	Identificación de los problemas prácticos en la intersección profesor, materia y alumno. Medida de la importancia y la dificultad de diferentes contenidos de Ciencias de la Tierra, Biología, Química y Física.	10 profesores de cada área para elaboración de cuestionario. 100 profesores de cada área.	4 cuestionarios (Ciencias de la Tierra, Biología, Química y Física); 50 items con dos valoraciones: importancia y grado de dificultad de aprendizaje.	? En Biología: fotosíntesis, mitosis/meiosis, respiración celular, genética mendeliana y teoría cromosómica de la herencia se encontraron difíciles e importantes para el aprendizaje de los alumnos. ? Otros aspectos, además de los reseñados, que también guardan relación con la genética se encontraron difíciles para su aprendizaje. ? (No se relacionan los tópicos de las otras áreas investigadas). ? Para cada uno de los tópicos problemáticos y difíciles obtenidos hay algunos precedentes de la investigación educativa en ciencias relativos a concepciones de los alumnos. ? Las técnicas usadas se basan en entrevistas clínicas (piagetianas); se ha obtenido con ello una descripción del conocimiento correcto, incorrecto o ausente en los alumnos.	? El funcionamiento celular, que implica múltiples y complejos conceptos, se considera importante y difícil, por lo que debe tratarse (como en las otras áreas) de forma nueva. ? Es casi imposible determinar cómo los grupos de estudiantes están funcionando cognitivamente si los investigadores no conocen cómo interactúan individualmente con el contenido de la ciencia en sus cursos. ? La información que los investigadores suministrarían a los profesores de ciencias es como sigue: ? A) línea de información de concepciones, errores conceptuales y concepciones ausentes que puedan traer los alumnos a clase. ? B) errores conceptuales comunes que desarrollan como resultado de la instrucción. ? C) indicaciones de la exactitud con la que las concepciones son especialmente difíciles para aprender. ? D) indicaciones de las concepciones que son especialmente importantes en el desarrollo de una completa comprensión del contenido.
Brumby, M. N. 1982	Principales cuestiones que forman la base del concepto de vida.	2 cursos completos de 1º año de Biología (Universidad). (52 personas).	? cuestiones escritas de lecturas – en la 1º semana. ? Tareas entrevistadas – problemas pensados en voz alta y grabados – 3 semanas siguientes.	? Se observa ausencia de respuestas que contengan principios de experimentación científica. ? Se usan básicamente las 7 características para explicar vida (crecimiento, reproducción, respiración, nutrición, excreción, irritabilidad, locomoción). ? Incluso después de años de Biología en la escuela secundaria, la percepción de los estudiantes de vida es claramente antropocéntrica. ? La dependencia esencial de los organismos vivos de las transformaciones de energía fue minoritariamente argumentada; no se mencionó el DNA ni replicación molecular.	? El uso de las 7 características parece más propio de escuela primaria que del conocimiento estudiado en niveles superiores. ? Parece que la mayoría de los estudiantes no ha integrado su aprendizaje de fotosíntesis, cadenas de alimentación y nutrición en una comprensión general de los flujos de energía en la biosfera. ? Las observaciones sugieren que la mayoría de los alumnos han aprendido de memoria características de cosas vivas, no habiendo referencias a nivel celular. ? La ciencia de estos alumnos de 3º nivel parece haber sido como un cuerpo de conocimiento realmente descubierto por otros y aprendido por

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
					ellos antes que una manera de razonar y verificar. ? Se necesita dar una creciente atención al cómo antes que al qué aprender en estos temas relacionados como ciencia, en orden a preparar a los alumnos para vivir en el mundo de mañana.
Russell-Gebbett, J. 1984	Identificación de la dificultad experimentada por niños de escuela secundaria en el estudio de estructuras tridimensionales en Biología .	Estudio piloto: 40 niños de 9/15 años. 95 niños de escuela secundaria.	? Test (revisado previamente con estudio piloto). ? Grabaciones.	? El análisis revela claramente 4 grupos de niños: - fuerte en abstracción de secciones de figuras. - Fuerte en la apreciación de relaciones internas entre diferentes partes de estructuras tridimensionales. - Débil en abstracción de secciones de imágenes. - Débil en la apreciación de relaciones internas entre diferentes partes de estructuras tridimensionales. ? La competencia en estas habilidades no presenta una relación estricta con la edad. ? Los alumnos de escuela secundaria no comprenden automáticamente la estructura tridimensional del material presentado en las lecciones de Biología y necesitan ayuda específica para esta comprensión.	? La comprensión de estructuras tridimensionales en Biología en escuela secundaria muestra diferentes grados de habilidad asociados con: - Abstracción de secciones de figuras. - Apreciación de relaciones espaciales de partes internas de estructuras tridimensionales representadas en diferentes planos. ? Mientras algunos niños son capaces de utilizar ambas habilidades, otros muestran una fuerza y/o debilidad diferente que parece influir en su aproximación del problema y, así, determinar el alcance de la comprensión exitosa de los niños de esa estructura. ? Es probable una jerarquía de tareas que, de acuerdo con las competencias diferenciales de los niños, limite su comprensión de estructuras tridimensionales. ? El diagnóstico de las dificultades de los niños puede mostrar si el individuo es débil en abstracción de figuras y/o en la apreciación de relaciones de partes internas de una estructura; pueden darse soluciones para la apropiación de las habilidades correspondientes.
Russell-Gebbett, J. 1985	Valoración del test de estructuras tridimensionales en Biología con diferentes variables, de cara a la comprensión.	66 alumnos de 11/14 años de escuela comprensiva.	? Test. ? Grabaciones.	? La habilidad en la abstracción de secciones y la apreciación de relaciones espaciales de partes de una figura correlacionan positivamente con la edad. ? También se da correlación alta entre la realización del test de estructuras biológicas en tres dimensiones y la capacidad científica general. ? Se observa una pequeña diferencia en la realización entre chicos y chicas. ? 59 niños hablan de intentos directos abstrayendo figuras seccionadas; los intentos más exitosos fueron prácticamente instantáneos. Del mismo modo, 57 niños relatan su apreciación de las relaciones espaciales de partes de una estructura vista en distintos planos; los intentos con éxito muestran a menudo aproximaciones sistemáticas cuidadosas del problema planteado. ? Los alumnos usaron 3 estrategias de soporte: analogías, indicaciones visuales y verbales y reorientación imaginada.	? Las capacidades para la comprensión e interpretación de estructuras tridimensionales en Biología varían con la habilidad científica y con la edad al menos hasta 4º año. ? No obstante, es posible suministrar efectividad en esas habilidades de muchas maneras. ? Se propone el uso de analogías para la enseñanza de figuras tridimensionales, así como el uso de indicaciones visuales y verbales para alcanzar la comprensión de estructuras tridimensionales pues ello se considera como pasos esenciales en la solución de problemas científicos. ? Parece importante que los alumnos vengan con una comprensión temprana del significado técnico de una vista seccionada del material biológico; también lo es animar a los alumnos a relacionar rasgos estrictamente biológicos y ser rigurosos en ello. ? Un discreto estímulo y sensibilidad podrían necesitarse para ayudar a los niños más pequeños a eliminar errores innecesarios sin destruir su percepción intuitiva y su entusiasmo por la tarea.
Wandersee, J.H. 1985	Búsqueda de relaciones entre las dificultades de los alumnos y la transformación del concepto de fotosíntesis a	1405 estudiantes de 49 escuelas y colegios en sus diferentes niveles.	Test del concepto de fotosíntesis compuesto por 12 tareas.	? El concepto de fotosíntesis de los estudiantes va cambiando cuando ellos cambian a través del sistema educativo. ? La menor cantidad de mejora por encima del tiempo se noto en los siguientes temas:	? se ha compilado una relación de 22 concepciones sobre la fotosíntesis; algunas parecen provenir de la tendencia a antropomorfizar cuando se explica la nutrición vegetal. ? Los estudiantes parecen tener dificultades de comprensión al

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
	través del tiempo desde el punto de vista de la historia de la ciencia.			<ul style="list-style-type: none"> - el papel del agua en el proceso. - El papel de la clorofila. - La importancia del CO₂. - El conocimiento del producto de la fotosíntesis –carbohidratos. <p>? Los estudiantes más jóvenes más fácilmente tienen conceptos de fotosíntesis que son previamente aceptados por los científicos pero que han sido descartados o modificados.</p> <p>? Las prácticas sociales tienden a alentar a los alumnos a tener conceptos anticuados de fotosíntesis.</p> <p>? Los estudiantes de todos los niveles estudiados tienen concepciones de fotosíntesis que son similares a las que han surgido en la historia de la ciencia.</p> <p>? Se analizan los distintos ítems (tareas) a la luz de la historia de la ciencia observándose un cierto paralelismo entre la misma y las respuestas de los estudiantes en dichas tareas hasta el punto de que se relacionan las mismas con las fechas en las que surgieron históricamente las explicaciones comentadas.</p>	<p>respecto que serían como vivir sin comida y parecen proyectar sus propias necesidades en las plantas.</p> <p>? La historia de la ciencia puede ayudar a los educadores en ciencia a anticipar las concepciones de los estudiantes acerca de la fotosíntesis.</p> <p>? El resultado de este estudio, cuando se interpreta desde la perspectiva ausubeliana, implica que las estructuras conceptuales de los estudiantes, que son limitadas o inapropiadas para posteriores aprendizajes de contenido de ciencia moderna, a menudo contienen proposiciones que surgen tempranamente en la historia de la ciencia.</p> <p>? Si la historia de la ciencia puede usarse para predecir las concepciones que algunos alumnos tienen, los profesores pueden planificar experiencias instruccionales para modificar los conceptos subsumidores inválidos o inapropiados de los estudiantes y aumentar la probabilidad de aprendizaje significativo en sus clases.</p>
Gayford, C. G. 1986	Examen de las implicaciones del concepto de energía en la educación biológica e Identificación algunas de las principales áreas en las que los alumnos a menudo experimentan dificultad o concepciones erradas.	296 alumnos de 17/18 años en 29 escuelas diferentes.	Cuestiones orales y escritas.	<p>? Se sugieren 4 modelos de energía en Biología:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelo almacén. - Modelo de energía no conservada sino generada y desaparecida. - Modelo de flujo-transferencia. - Modelo de energía como ingrediente que reactiva. <p>? Los cuatro modelos propuestos no son mutuamente excluyentes, pudiendo los alumnos recurrir a uno u otro en función de la demanda.</p> <p>? Es aparente la noción de energía como algo que se reserva antes que algo que fluye o se transporta; también se observa una pequeña idea de lo que la energía significa como cualidad conservada.</p> <p>? La mayoría de los alumnos no ha considerado que la respiración implica transformaciones de energía; se detectan serios problemas en la comprensión del papel y comportamiento del ATP como molécula.</p> <p>? Los alumnos han encontrado las explicaciones suministradas por los profesores de Biología sobre la energética celular confusas o intelectualmente insatisfactorias e inadecuadas.</p>	<p>? Se pone de manifiesto la dificultad y complejidad del concepto de energía en la educación biológica y se propone su tratamiento consistentemente con la ciencia y la enseñanza de la Física.</p> <p>? Los modelos de energía observados tienen influencia en la comprensión de la materia viva.</p> <p>? Las dificultades conceptuales relacionadas con la energía en Biología vienen de la falta de comprensión en dos áreas principales: química-física básica y la estructura atómico-molecular, así como naturaleza de las reacciones químicas; y termodinámica simple que trata con nociones de entropía, energía libre y conservación de la energía.</p> <p>? Parece, por tanto, que las dificultades permanecerán hasta que se den los pasos por profesores del Biología para reforzar lo que se enseña por científicos físicos acerca de la energía; esto requiere discusión y cooperación entre físicos y biólogos en la misma escuela.</p> <p>? Es esencial que los profesores de Biología encuentren lo que a sus propios alumnos se les ha enseñado en Física acerca de la energía para poder enseñar consistentemente con ello en un intento por crear una visión coherente de la energía que sea consistente en la educación científica.</p>
Friedler, Y., Amir, R. y Tamir, P. 1987	Identificación de las dificultades de los alumnos en la comprensión de la ósmosis y conceptos relacionados.	507 alumnos de 9/12 años de 12 escuelas.	<p>? 4 pruebas de lápiz y papel (tests).</p> <p>? 2 entrevistas individuales.</p>	<p>? Se usan deseo o necesidad para explicar los movimientos del agua (teleología y antropocentrismo).</p> <p>? Los resultados obtenidos corroboran otros previos según los que los alumnos tienen dificultades en la comprensión del concepto de ósmosis y otros conceptos y procesos asociados.</p> <p>? Aunque algunos reconocen el concepto de concentración de agua,</p>	<p>? Los alumnos parecen aprender ciertos conceptos básicos sin comprensión completa de su significado, recurriendo a explicaciones teleológicas y a antropocentrismo. Difusión y ósmosis pueden ser ejemplo de ello.</p> <p>? Los alumnos tienen especial dificultad en comprender las relaciones osmóticas en las plantas, debido a errores en la comprensión del concepto de equilibrio.</p>

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<p>resistentemente lo aplican en sus explicaciones.</p> <p>? La mayoría de los alumnos tiene errores conceptuales acerca de la naturaleza del equilibrio.</p> <p>? Algunos estudiantes tienen problemas para comprender las relaciones soluto/disolvente y concentración/cantidad.</p>	<p>? Los resultados obtenidos en las entrevistas sugieren que los alumnos pueden ejecutar experiencias de laboratorio sin una comprensión real de los principios subyacentes. Un ejemplo es la comprensión de la ósmosis en la célula.</p> <p>? Uno de los rasgos de este estudio es que ha empleado diferentes medidas para el diagnóstico de preconcepciones y concepciones. Así mismo, se ofrecen algunas alternativas e implicaciones para la docencia.</p>
Haslam, F. y Treagust, D. F. 1987	Descripción de un instrumento fidedigno y válido para la diagnosis de la comprensión de fotosíntesis y respiración. Su aplicación y recomendaciones	438 alumnos de 8/12 años.	<p>? test de doble nivel (estudio piloto previo). [discusión abierta en entrevistas e ítems de lápiz y papel con explicación de las respuestas dadas].</p> <p>? Instrumento de elección múltiple.</p>	<p>? El instrumento de diagnóstico de elección múltiple de dos niveles suministra datos que muestran que un alto porcentaje de alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No comprende la naturaleza de la respiración en plantas. - No comprenden que es un proceso de conversión de energía. - Contemplan la fotosíntesis como un proceso suministrador de energía. - Consideran la respiración como sinónimo de intercambio de gases. - Tienen una pequeña comprensión de las relaciones entre fotosíntesis y respiración en plantas. <p>? Pocos estudiantes mostraron la oportunidad de usar sus propios motivos o razones antes que usar las alternativas propuestas.</p> <p>? Se detectan concepciones de los estudiantes y falta de comprensión relativas a que la respiración es un proceso continuo en condiciones de luz y de oscuridad.</p> <p>? Para una alta proporción de estudiantes la fotosíntesis tiene lugar en las raíces o en las hojas (según los cursos).</p> <p>? La mitad de los alumnos argumentó que todas las células vivas necesitan energía para vivir.</p>	<p>? Los resultados ilustran cómo las concepciones sobre fotosíntesis y respiración en plantas se conservan a través de años de escuela secundaria a pesar de que se han enseñando cada año como un tópico o relacionado e incorporado dentro de otros tópicos de ciencia; de lo anterior se deriva la consistencia de las mismas.</p> <p>? Los errores conceptuales más frecuentes y consistentes se relacionan con la ausencia de comprensión de las relaciones entre fotosíntesis y respiración y la ausencia de comprensión de cuándo respira la planta.</p> <p>? Se propone el uso del instrumento de diagnóstico de 2 niveles antes y después de la enseñanza del contenido científico de fotosíntesis y respiración para mejorar los aprendizajes con respecto al mismo; se sugiere también su uso para evaluación formativa a través de su trabajo en grupos.</p>
Lucas, A. 1987	Obtención de datos básicos y asociaciones entre preguntas biológicas y bagaje educativo de los entrevistados.	1033 personas de más de 15 años.	Entrevista con cuestionario de verdadero/falso, de elección múltiple y de libre respuesta.	<p>? Para pocas cuestiones hay diferencias debidas al sexo.</p> <p>? Una educación en ciencia mejora el conocimiento de la población adulta pero se nota que el efecto no es mucho mayor que el de una educación general, como es la tendencia general con sujetos “no científicos”.</p> <p>? Los adultos tienen creencias inadecuadas relativas a la composición de la comida que afectan a sus decisiones cotidianas.</p>	<p>? Se propone establecer una visión científica del mundo de cara a su comprensión.</p> <p>? Muchos de los conceptos biológicos no provocan interés en un nivel utilitario individual.</p> <p>? Hay un peligro en enfatizar lo moderno, lo esotérico y económicamente aplicable olvidando que hay hasta una necesidad de lo mundano, lo básico y hasta incluso los tópicos que se vuelven aburridos para enseñar; por tanto, se derivan de ello consecuencias en las discusiones sobre el currículum, por ejemplo, composición de la comida.</p>
Dreyfus, A. y Jungwirth, E. 1988	Análisis de la idea de célula que transmite el currículum, consistencia y significatividad transmitida por los profesore y búsqueda de lo que genera en las mentes de los alumnos al respecto.	<p>? Expertos de diferentes estamentos de la Biología.</p> <p>? 219 alumnos de 10º grado.</p>	<p>? Entrevistas a diferentes profesionales relativas a la Biología y a su enseñanza.</p> <p>? Cuestionario.</p> <p>? Entrevistas a los alumnos.</p>	<p>? Los puntos básicos referidos por los expertos de diferentes estamentos se encabezan con: unidad, diversidad y continuidad a tenor de los que se organiza todo el contenido biológico.</p> <p>? La asociación entre las afirmaciones del cuestionario y los principios biológicos básicos implicados no significa que se hayan dado por sentado.</p> <p>? El conocimiento de los niños se divide en 4 grupos principales: conocimiento común, falta de conocimiento, alternativas inadecuadas y contradicciones.</p>	<p>? La aplicación de los principios básicos contenidos en los materiales diseñados para su enseñanza es defectuosa en el aprendizaje de los niños. Los resultados del test y de las entrevistas apuntan un alarmante nivel de no internalización de aspectos sobresalientes del tópico célula viva.</p> <p>? La expectativa curricular oficial de desarrollar la idea funcional general de que la célula viva es la unidad básica de la vida se ha vuelto tristemente ausente de una gran parte de la población analizada. Se cree que eso es debido a que no se han enseñando</p>

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<ul style="list-style-type: none"> ? Las áreas de ausencia de conocimiento se relacionan principalmente con el bagaje físico-químico de materia biológica. ? Se extrajeron conclusiones o principios imaginados que estuvieron en contradicción directa con el conocimiento previo y correctamente mostrado. 	<ul style="list-style-type: none"> significativamente conceptos previos que harían significativo ese aprendizaje. ? Se recomienda una reformulación de las expectativas curriculares y/o de los enfoques de enseñanza.
Hacking, M. W. y Lawrence, J. A. 1988	Comparación de expertos, estudiantes avanzados y novatos en el uso del conocimiento de genética al generar y verificar hipótesis mientras resuelven problemas de pedigrí. Al mismo tiempo, buscar similitudes y diferencias en estudiantes avanzados y novatos en soluciones y procesos.	3 grupos de expertos, estudiantes avanzados y novatos.	Entrevista al hacer 3 problemas de pedigrí.	<ul style="list-style-type: none"> ? La mayoría de los sujetos comenzó cada problema trazando el camino de transmisión de los rasgos de la 1ª a la última generación. ? Las pistas críticas codificadas por los expertos constan de configuraciones significativas de individuos adyacentes en el pedigrí que tienen un modelo particular de individuos afectados y no afectados. Estos trozos significativos fueron usados por expertos para seleccionar hipótesis más fácilmente para consideraciones posteriores de una manera similar a los jugadores expertos de ajedrez lo usan para seleccionar el mejor movimiento. ? Aunque los expertos no identificaron los modos correctos de herencia en proporciones sustancialmente más grandes que los estudiantes, sus soluciones fueron mucho más completas y concluyentes que los estudiantes. Las puntuaciones de la integridad de las soluciones de los expertos fueron más altas que las de ambos grupos de estudiantes para los 3 problemas. ? La perfección de una solución depende de la extensión con la que se falsifican las hipótesis alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> ? Los expertos han diferido de los estudiantes competentes y de los novatos en la perfección de sus soluciones, número de pistas críticas reconocido y número de hipótesis verificadas usando genotipos. ? Los expertos genéticos pueden poseer esquemas correspondientes con modos de herencia que especifican expectativas mirando aspectos de modelos de herencia asociados con modos particulares de la misma. ? Los pedigrís genéticos se resuelven usando múltiples estrategias de verificación de hipótesis. ? Para usar una estrategia eficazmente, la persona que resuelve problemas debe tener una rica reserva de conocimiento genético para reconocer e interpretar las pistas disponibles y un conocimiento de los procedimientos para asignar genotipos y verificar las hipótesis alternativas. ? El tratamiento adecuado de los problemas de pedigrí para la enseñanza de la herencia podría ayudar a los estudiantes a desarrollar hipótesis y a ver la necesidad de falsificación de hipótesis alternativas.
Smith, M. U. 1988	Aplicación del cuerpo de investigación de la resolución de problemas de genética a los problemas de análisis de pedigrí.	27 personas (estudiantes universitarios, graduados de genética e instructores).	Entrevista al hacer los problemas.	<ul style="list-style-type: none"> ? Se clasifican los sujetos como exitosos o no exitosos. ? Se han detectado 15 diferencias fundamentales en la comparación entre personas exitosas y no exitosas en la resolución de problemas de pedigrí en genética que hacen referencia al uso de las reglas de producción, a la identificación de pistas, al papel de la primera opción en las hipótesis, a la tendencia a asignar genotipos, a la falsificación de hipótesis alternativas, al uso de lógicos inexactos o defectuosos, a la tendencia a ignorar suposiciones importantes, a la revisión en los pasos determinantes del proceso de decisión, a problemas de comprensión del significado de las proporciones, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ? La visión de análisis de pedigrí como verificación de hipótesis parece ser un camino potencialmente valioso para la comprensión de la resolución de problemas de genética, como una extensión de los métodos de medicina y de investigación científica. ? También parecen ser un excelente vehículo simple para modelizar la verificación de predicciones basadas en las hipótesis generadas por los estudiantes. ? Parece probable que la investigación en resolución de problemas de genética se aproxime a la producción de modelos computacionales para la realización de personas exitosas y no exitosas. ? Los datos obtenidos sobre la resolución de problemas de pedigrí tienen 5 grandes implicaciones pedagógicas que supondrían la mejora de su comprensión y de la comprensión de la genética en general.
Dreyfus, A. y Jungwirth, E. 1989	Medida de funcionalidad de las concepciones pre y post instruccionales al trabajar con la idea de célula viva como unidad básica de la vida.	219 niños de 10º grado (16 años) que en 9º cursaron "la célula viva".	Cuestionario de opinión dos fases, sobre 12 afirmaciones y revisión posterior si los sujetos lo consideraban necesario.	<ul style="list-style-type: none"> ? Se definen categorías cuyas dimensiones son: <ul style="list-style-type: none"> - tipo de conocimiento usado (personal, escolar). - Estado de pre-requisito relevante de conocimiento escolar (poseído por los niños, reconocido como relevante, funcional). - Grado de diferencia entre el nuevo y el viejo contenido. - Implicación personal de los niños. - Razones de supervivencia de los 	<ul style="list-style-type: none"> ? Se considera "la célula viva" como idea abstracta para el alumnado. ? Las experiencias de los niños y la vida diaria tienen mayor influencia que el aprendizaje escolar; se observan por ello concepciones antropomórficas con respecto a la célula. ? Frecuentemente se produce negligencia en el uso inevitable de palabras fáciles que conducen a interpretaciones ingenuas y atractivas para los niños de los procesos biológicos; esto deriva en

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<p>errores.</p> <p>? Se definen 6 categorías de respuestas basadas en y correspondientes con las dimensiones anteriores.</p> <p>? Los niños pueden observar células como si observaran ladrillos en un edificio, pero no pueden observar células funcionando, toda vez que los procesos metabólicos pueden sólo inferirse de experimentos; no pueden ser directamente percibidos por los sentidos de los alumnos.</p> <p>? Se produce un impacto de fuertes asociaciones con algún conocimiento previamente adquirido y científicamente correcto que conduce a grandes generalizaciones en las conclusiones biológicas.</p> <p>? Se observan dudosas pero atractivas y aparentemente sólidas analogías tomando el lugar de explicaciones que van más allá del nivel científico de los niños.</p> <p>? Cuando se enfrentan a contenido que no comprenden, los niños inventan teorías; esto ocurre, como en el caso de las analogías, cuando no poseen pre-requisitos de conocimiento para comprender el nuevo aprendizaje.</p>	<p>inferencias contradictorias y no sólidas.</p> <p>? Algunos errores y concepciones alternativas se deben a conocimiento personal de los niños, mientras que en otros casos se trata de ausencia de concepciones o ausencia de conciencia del significado del contenido científico que se ha enseñado, lo que es un fracaso del sistema educativo para enseñar conceptos significativos.</p> <p>? La idea de unidad básica de vida extrae su significado de la comprensión de los procesos químicos que tienen lugar dentro de la célula; por ejemplo, el papel del agua en la célula y su necesidad de energía. Sin comprensión de la estructura de las proteínas y enzimas, el control de las funciones celulares por el núcleo es un sinsentido, así como otros tantos conceptos biológicos. Esto hace que dichos conceptos queden como no funcionales para esos niños.</p>
Dreyfus, A., Jungwirth, E. y Eliovitch, R. 1990	Implicaciones prácticas de la instrucción basada en el cambio conceptual, así como dificultades y problemas al probar su implementación en el tema de la célula.	219 alumnos de 10º grado (16 años) [48]	Entrevista (estudio naturalístico cualitativo).	<p>? Los principales conflictos se dan entre una visión antropomórfica-teleológica de la célula por parte de los alumnos y la naturaleza de los procesos fisiológicos como se presentan en el currículum.</p> <p>? Antes de enseñarse en la escuela, los alumnos no han tenido conocimiento sobre este tópico altamente sofisticado (membrana celular).</p> <p>? Habiendo sido enseñados acerca de ello, los alumnos usan conocimiento intuitivo para desarrollar satisfactoria pero no científicamente malas explicaciones. Estas explicaciones rellenan el vacío que ha dejado la enseñanza; con su propio testimonio, los alumnos no sienten la necesidad de posteriores elaboraciones.</p> <p>? Cuando se sitúan en un contexto de conflicto, sienten insatisfacción con sus propias teorías y reconocen la necesidad de otras mejores.</p>	<p>? El conocimiento obtenido en la escuela podría no reemplazar significativamente el del “mundo verdadero”.</p> <p>? A su nivel científico, los niños son incapaces de construir teorías comprensivas y satisfactorias. Muestran también no tener tendencia a preguntar más allá de las cuestiones de la materia.</p> <p>? Las decisiones acerca de qué y a qué nivel enseñar tópicos científicos deben basarse en principios de cambio conceptual.</p> <p>? El estudio demuestra que incluso el conflicto significativo no es siempre exitoso en el sentido de que no siempre asegura la construcción del conocimiento requerido y/o sólo el conocimiento deseado.</p> <p>? La aplicación exitosa de estrategias de cambio conceptual debe depender no sólo de parámetros cognitivos sino también afectivos.</p>
Macnab, W. y Johnstone, A. H. 1990	Factores cognitivos que contribuyen a la capacidad de las ciencias biológicas en relación con la habilidad espacial.	Estudiantes de 8/18 años de escuela primaria y secundaria, estudiantes de Biología, profesores, conferenciantes e investigadores de Biología y estudiantes y profesores de otras disciplinas.	Tests de habilidades espaciales (3 diferentes)	<p>? Hubo un modelo desarrollista/madurativo en el tratamiento de imágenes en 3D para pasar a 2D, también en el sentido inverso (2 D para pasar a 3D) y en la orientación.</p> <p>? Las secciones transversales se reconocen más pronto que las longitudinales. Las secciones longitudinales fueron más difíciles de reconocer.</p> <p>? La experiencia biológica mejora las habilidades de 2D ? 3D.</p> <p>? La experiencia general y la maduración mejoraron las habilidades de 3D ? 2D pero la experiencia biológica especializada guió una mayor mejora.</p> <p>? En la orientación de imágenes, las puntuaciones más altas son para alumnos de 17/18 años, estudiantes</p>	<p>? El reconocimiento de secciones en 2 D se mostraría como un proceso que tiene lugar al menos en tres estadios: secciones transversales, secciones longitudinales simples y secciones longitudinales complejas.</p> <p>? Los grupos mejores en orientación habrán adquirido alguna pericia en el uso de microscopios en el que esta habilidad se usa y refuerza.</p> <p>? En la educación biológica habilidades tales como reconocimiento de formas, tareas de orientación, conversión de información 2D en 3D y 3D en 2D tienen que desarrollarse.</p> <p>? Teniendo en cuenta que se desarrolla antes la habilidad de tratar 2D ? 3D que 3D ? 2D, las primeras de estas habilidades deben tratarse y enseñarse en primer lugar. La introducción de la estructura celular debe abordarse</p>

AUTOR/AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<p>de Biología y postgraduados.</p> <p>? El orden de desarrollo en el uso se muestra en la siguiente dirección: 2D ? 3D ? orientación y, mucho más tarde, ? 3D ? 2D.</p> <p>? No todos los aspectos de la habilidad espacial se desarrollaron en la misma proporción y al mismo nivel de competencia en cada test, aunque aumentaron con la edad no se desarrollaron al tiempo que otros tests espaciales. La competencia en un campo de habilidad espacial no se relaciona directamente con la competencia en una esfera diferente.</p>	<p>teniendo en cuenta este asunto.</p> <p>? Un programa de enseñanza que incluya experiencias específicas en habilidades espaciales conduciría a una mejor comprensión de algunos aspectos de la Biología y mejoraría la realización no sólo en ciencias Biológicas sino en otras áreas del currículum en las que estas habilidades espaciales se requieran.</p>
Macnab, W., Hansell, M.H. y Johnstone, A. H. 1991	Factores cognitivos que contribuyen a la competencia en ciencias biológicas; estudio del papel jugado por el estilo cognitivo y la habilidad analítica en el desarrollo de dicha competencia.	Niños de escuela Primaria, Secundaria que estudiaron ciencia integrada y alumnos que habían estudiado Biología; estudiantes universitarios de Biología; profesores, conferenciantes e investigadores; otras personas no vinculadas a la ciencia.	2 tests.	<p>? Surgen modelos que están relacionados con la edad.</p> <p>? Las personas con buen bagaje biológico muestran puntuaciones superiores a las de los grupos no científicos.</p> <p>? Hay una gran diferencia en el nivel de competencia entre las edades 10/11 años y 13/14 años en el desarrollo de habilidades analíticas.</p> <p>? Se observa correlación positiva entre las personas que trabajan con independencia del campo y las habilidades analíticas.</p> <p>? La habilidad para extraer información relevante, evaluarla y usarla se ve influida por la habilidad de análisis y el estilo cognitivo.</p>	<p>? El mejor desempeño de los alumnos con bagaje biológico se atribuye a la práctica y refuerzo en el uso en la formación biológica, pero es igualmente probable que estos individuos hayan llegado a saber después de sus años de escuela y estudios primeros de su educación terciaria y no por las ciencias biológicas.</p> <p>? La diferencia en el desarrollo de las habilidades analíticas sugiere que éstas no se desarrollan bien en la escuela Primaria, pero que después se desarrollan rápidamente.</p> <p>? La educación en ciencia en la primera parte de la Enseñanza Secundaria implicará alguna práctica en análisis y la experiencia respondería a alguna mejora en las habilidades analíticas en el rango de edad 13-16 años.</p>
Smith, M. U. 1991	División celular como problema de enseñanza en el marco de análisis cognitivo, análisis de error, investigación en concepciones, investigación en cambio conceptual.	6 estudiantes.	Entrevista.	<p>? Se observan 4 niveles en la comprensión de los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Total ausencia de comprensión. - Memorización de los nombres de las fases sin comprensión de los eventos que ocurren. - Conocimiento de que el número de cromosomas se mantiene en mitosis y se reduce a la mitad en meiosis, pero ignorancia de cómo se produce eso. - Comprensión completa. <p>? Se observan errores y confusión con conceptos tales como genes/alelos, cromosoma/cromátida, haploide/diploide, cromosomas homólogos/cromosomas hermanos.</p>	<p>? Casi todos los errores importantes de los estudiantes pueden identificarse como equivocaciones en 3 categorías de fenómenos: multiplicación (replicación), de cromosomas, separación (disyunción) de los cromosomas o cromática o apareamiento (sinapsis) de cromosomas.</p> <p>? Se propone enseñar la división celular en el contexto del ciclo celular y después de que se conozcan los cromosomas.</p> <p>? Se considera necesario analizar en profundidad el contenido de la división celular y organizar su enseñanza a través de una serie de pasos, que se proponen.</p>
Díaz, J, y col. 1993	Análisis de dibujos de células y de cortes de células que implican su manipulación mental como estructuras tridimensionales.	274 estudiantes (62 de 1º de BUP, 65 de 3º de BUP, 47 de 2º de Magisterio).	2 pruebas escritas previas al tratamiento del tema en clase.	<p>? Un porcentaje notable de estudiantes de 1º de BUP no hace el dibujo de la célula.</p> <p>? Se representa una célula idealizada y en dos dimensiones.</p> <p>? Se incluyen pocas organelas.</p> <p>? En todos los niveles se representa membrana, citoplasma y núcleo; membrana nuclear y nucleolo se representan en 3º de BUP y Magisterio.</p> <p>? En todos los casos responden al modelo "huevo frito" de anillos concéntricos.</p> <p>? La membrana se representa por dos líneas, lo que corresponde al modelo de Danielli-Dawson, confirmado a través de entrevistas.</p> <p>? Se observan dos concepciones para el citoplasma: "medio vacío" y "medio lleno".</p>	<p>? Los resultados contrastan con otras investigaciones en lo relativo a la tridimensionalidad. No parecen dominarse destrezas de dibujos en tres dimensiones.</p> <p>? Algunos problemas de los detectados podrían estar relacionados con la comprensión de conceptos y procesos sobre la organización de la célula.</p> <p>? Estos problemas se cree que se deben, también, a la ausencia de destrezas; el desarrollo de las mismas debe ser seriamente considerado por los profesores e implica el diseño de actividades guiadas que las promuevan.</p> <p>? Se sugiere sustituir el uso de una célula-tipo por una amplia variedad de células, lo que puede producir la construcción de un modelo de célula más adecuado.</p>

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Wandersee, J. H. 1996	Búsqueda de formas de integración de texto y de imágenes para optimizar el aprendizaje (en célula).	237 estudiantes.	Lectura de texto experimental y tradicional. Test.	? El tratamiento experimental promovió un mayor aprendizaje de la distinción pro/eucariota para todos los alumnos. ? El tratamiento experimental, combinando texto e imágenes, promueve más eficazmente la interpretación analógica. ? Se observan diferencias de género en la realización del test.	? El uso de células prototípicas simples para enseñar conceptos biológicos llave parece ser menos efectivo que el de microfotografías pequeñas –múltiples. ? La falta de oportunidad de los estudiantes de comparar imágenes y construir criterios identificativos por sí mismos disminuye la probabilidad del aprendizaje significativo. ? Para aprender la distinción pro/eucariota de manera significativa debe estudiarse microfotografía electrónica actual.
Galagovsky, L. R., Bonán, L. y Adúriz Bravo, A. 1998	Análisis y ejemplificación de prácticas docentes de vaciamiento discursivo en clases de ciencias naturales.	24 docentes de 11 centros escolares de escuela secundaria.	Grabaciones de las interacciones lingüísticas y registro de impresiones y comentarios.	? Docente, alumnos y contenidos se relacionan en el aula de múltiples maneras, pero el lenguaje natural es el medio a través del que se produce la parte más significativa del proceso de enseñanza y aprendizaje, considerándose el proceso como negociación de significados. ? Se produce frecuentemente un vaciamiento del discurso escolar. ? El lenguaje falla en sus funciones cuando el que es disciplinar contrasta con el de sentido común, cuando el nivel de abstracción de los contenidos es tan alto que se hace difícil su manipulación lingüística o cuando ese contenido está desnaturalizado por una trasposición didáctica distorsionada; todo ello conduce al vaciamiento en la significación de los contenidos. ? Los resultados provienen de clases en las que se ha trabajado contenido de Física, Química y Biología; muchos docentes en las mismas ni siquiera perciben disfunciones lingüísticas en su discurso ni la forma en la que los alumnos asumen pasivamente la incomprensión de la situación comunicativa.	? Los mecanismos de vaciamiento detectados conducen a un simulacro de negociación de significados en el que se hace como que se enseña y se hace como que se aprende, algo que no es percibido por los actores pero sí por los observadores. ? El docente no se percibe a sí mismo como comunicador y no reflexiona al respecto considerando ese papel en la estructura lingüística de su asignatura. ? Se resta importancia a las diferencias entre lenguaje de sentido común y científico, diferencias que tienen un papel crucial en los procesos de aprendizaje. ? Se observa una gran sutileza en los mecanismos de vaciamiento discursivo escolar, sobre todo en contenido abstracto. ? Las prácticas de observador como las realizadas en este trabajo repercutirán en la formación como futuros docentes porque permiten un análisis distinto del papel del lenguaje como objeto de estudio y reflexión y como mejora de la eficacia comunicativa de cara a la compartición de significados científicos.
Glynn, S. M. y Takahashi, T. 1998	Determinación del papel de analogías elaboradas en los libros de texto de ciencia y en el aprendizaje de estudiantes de enseñanza media de los conceptos principales, usando como concepto-blanco la célula animal.	58 alumnos de 12/14 años y 32 alumnos de 10/12 años.	Lectura de un texto sobre célula animal con analogía intensificada y otro texto control; medida de recuerdo inmediato y retardado 2 semanas después a través de tests. Al mismo tiempo, medida de reconocimiento y de interés, importancia y comprensibilidad, a través de tests.	? Los alumnos que estudiaron con texto de analogía intensificada tuvieron puntuaciones de recuerdo significativamente más altas que los que lo hicieron con texto control ? Las puntuaciones de recuerdo inmediato y las producidas 2 semanas después no difieren significativamente. ? Casi todos los sujetos recordaron alguna analogía; todas fueron razonables en la medida en que representaban sistemas con partes interrelacionadas que trabajan juntas. Los alumnos que trabajaron con el texto de la analogía recordaron más a menudo una factoría, mientras que los del grupo control usaron varias, siendo frecuente el cuerpo humano. ? La ventaja de retención asociada con la analogía elaborada es duradera; esta ventaja fue aparente después del estudio del texto y 2 semanas después. ? Se ve el número de relaciones de rasgos entre el análogo y el concepto blanco como una medida de la calidad de la analogía; ésta es mayor en el grupo que manejó el texto con analogía. ? El grupo que trabajó con texto reforzado por la analogía incluyó más	? La célula juega un papel fundamental en la comprensión de los estudiantes de escuela 2ª de los procesos vivos porque es la unidad básica estructural y funcional de las cosas vivas. Una comprensión básica de la célula se considera un componente esencial de la literatura científica. ? La comprensibilidad puede jugar un papel como mecanismo llave, o variable interviniente, porque la analogía elaborada influye en la retención de los estudiantes; los alumnos en condiciones de analogía aumentada comprendieron el concepto blanco –célula- mejor y, por tanto, lo recordaron mejor. ? Parece desprenderse de la comparación entre los alumnos de 10/12 y de 12/14 años que el desarrollo cognitivo de los estudiantes de escuela media juega un importante papel en su generación espontánea de analogías durante el aprendizaje. De igual modo, y en términos más generales, ejercen un importante papel en el aprendizaje significativo de textos científicos. ? Los resultados del estudio claramente sostienen el uso de las analogías en los libros de texto de la escuela media; éstas necesitan ser cuidadosamente elaboradas para que sean efectivas. Se

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				<p>rasgos correctos en sus analogías que los del grupo control en ambas situaciones.</p> <p>? Los resultados de reconocimiento (grupo de 10/12 años) son similares a los de recuerdo.</p> <p>? Las medidas de interés e importancia no difieren significativamente en los grupos experimental y de control, pero la comprensibilidad ha dado puntuaciones más altas en el grupo que trabajó con la analogía.</p>	<p>proponen 6 operaciones: introducir el blanco, recordar a los alumnos sobre el análogo, identificar rasgos relevantes, mapear similitudes, indicar en dónde la analogía se acaba y extraer conclusiones.</p>
Mateos Jiménez, A. 1998	Aproximación a las principales concepciones estudiantiles de animales, factores influyentes en las mismas, posibles obstáculos epistemológicos e implicaciones didácticas.	356 estudiantes de 8/14 años. 27 maestros.	? Cuestionarios. ? Análisis de fábulas y cuentos infantiles.	<p>? Se mantiene una imagen concreta de los animales otorgándoles cualidades incluso de carácter humano. Esta visión se reduce en los maestros.</p> <p>? Se hacen valoraciones del tipo bueno/malo en los alumnos pero no en los docentes.</p> <p>? El alumnado desarrolla un pensamiento por categorías dicotómicas (bueno/malo, débil/fuerte) que dificulta la adquisición de ideas más aceptadas científicamente; esas categorías no son estrictas en la naturaleza.</p> <p>? Se agrupa a los animales en categorías desde el punto de vista ecológico; así, depredador representa la fuerza y presa la debilidad.</p> <p>? Se relaciona tamaño con fuerza y se muestra androcéntrico.</p> <p>? Se detectan patrones asociados al comportamiento animal derivados de las fábulas y cuentos infantiles.</p>	<p>? Se mencionan los cuentos infantiles como material del que parten esas concepciones; la visión antropocéntrica de los animales tiene este origen.</p> <p>? Se sugiere que estas concepciones puedan deberse a su transmisión a través del pensamiento docente inducido.</p> <p>? Lo que subyace a las concepciones del alumnado sobre los animales es una visión antropocéntrica y eso podría ser un inconveniente para adquirir una visión más ecológica de los mismos.</p> <p>? Se propone la modificación de los cuentos infantiles y el diseño de estrategias específicas para superar ese pensamiento por categorías para alcanzar una visión ecológica de esos animales. Los resultados señalan problemas relacionados con la idea de esos animales como seres vivos.</p>
Membiola, P. y Cid, M. C. 1998	Detección de ideas previas sobre alimentación y nutrición de cara al diseño de una unidad didáctica.	24 alumnos de 11/12 años. 39 alumnos de 14/15 años. 65 alumnos de 16/17 años. 17 alumnos de > 20 años. 22 alumnos de > 22 años.	Cuestionario.	<p>? La respuesta más correcta, necesidad de nutrientes y de energía, sólo aparece entre los estudiantes de mayor edad y en un porcentaje bajo.</p> <p>? Se usan explicaciones muy vagas para justificar el uso o no de diferentes alimentos; las respuestas son poco diferenciadas (proteínas y vitaminas como “buenos”, etc).</p> <p>? Se detecta bajo conocimiento de las sustancias básicas que necesita el organismo, más bajo en los grupos de menor edad.</p> <p>? Los esquemas conceptuales de los alumnos evolucionan con la edad en el sentido: vivir/sobrevivir/morir ? obtener energía ? necesidad de nutrientes y energía, aunque también hay solapamientos.</p>	<p>? Parece que los estudiantes asignan a los alimentos o bien un papel positivo o bien negativo sin considerar que todos son necesarios.</p> <p>? Parece también tenerse más claro el papel de la energía que el de la materia en la nutrición.</p> <p>? Los estudiantes no comprenden el mecanismo básico de la nutrición, es decir, el balance entre ganancias y pérdidas de materia y energía.</p>
Mondelo Alonso, M., Martínez Losada, C. y García Barros, S. 1998	Medida de la asunción de la uniformidad de estructura y función de los seres vivos.	226 estudiantes universitarios de Biología y Magisterio.	Cuestionario.	<p>? La mayoría de las respuestas responden a un tipo descriptivo, siendo minoritaria la presencia de experimentos; éstas comienzan por observar, ver si, ..., y lo que se atiende con ello son características vitales (crecimiento, nutrición, reproducción, ...), presencia de estructuras o determinadas necesidades.</p> <p>? En ningún caso se explicita la hipótesis de partida para justificar las acciones anteriores; tampoco se expresa la técnica concreta de recogida de datos. Se observan diferencias entre Magisterio y Biológicas, ya que éstos últimos suelen especificar el resultado de su experimento.</p> <p>? Se usan preponderantemente respuestas basadas en criterios</p>	<p>? Se constata la dificultad del alumnado para proponer experimentos; esta dificultad se atribuye a la enseñanza recibida anteriormente.</p> <p>? Las dificultades en el nivel celular se suponen debidas no a la falta de conocimiento sino a la dificultad para aplicarlo en contextos no académicos. El uso de aspectos perceptibles y macroscópicos denota pensamiento cotidiano.</p> <p>? Los alumnos basan sus observaciones y experiencias fundamentalmente en aspectos macroscópicos y perceptibles, siendo muy minoritarias las propuestas fundamentadas en la fisiología celular. Así la respiración se asocia a intercambio de gases. Tras una terminología científica se oculta un importante número de concepciones y confusiones conceptuales (ej:</p>

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				fisiológicos frente a los relativos a aspectos estructurales. ? La constitución celular se señala por un reducido número de estudiantes de Magisterio, aumentando en Biológicas un poco, pero, en todo caso, todos ellos son valores bajos. ? Falta toda referencia a movimiento celular, así como a división mitótica o a la formación de gametos. ? Los estudiantes no identifican la respiración como un proceso celular productor de energía. Este proceso se tiene escasamente en mente en los vegetales. ? No se señalan los procesos metabólicos, reduciendo de este modo la fisiología a sus niveles macroscópicos o perceptibles. Al no hacer referencia a células, DNA, etc, no se desarrollaron criterios esenciales y suficientes para diferenciar ser vivo de materia inerte.	fotosíntesis, alimentación/nutrición). Las referencias al metabolismo celular son muy escasas. ? Se confirma la dificultad de reconocer la célula como unidad de la vida. Del mismo modo, la diferencia de trato de rasgos fisiológicos con respecto a características estructurales manifiesta ausencia de relaciones estructura/función. ? Los estudiantes consultados no usan los criterios universales (célula, DNA) característicos del concepto ser vivo. Una visión microscópica de las características vitales constituye un obstáculo epistemológico difícil de superar para cuya superación es imprescindible una comprensión de la célula como unidad de vida.
Wood-Robinson, C. y col. 1998	Tipo de conocimiento genético de los jóvenes al acabar la educación científica obligatoria y conocimiento sobre aplicaciones de la tecnología genética.	743 estudiantes de 14/16 años.	? 11 preguntas de lápiz y papel individuales. ? 6 semejantes pero discutidas previamente con compañeros. ? 3 tareas de discusión. ? 12 declaraciones de actitud.	? Se muestran proporciones muy bajas de la idea científica de que todas las células somáticas son genéticamente iguales. ? Se considera a los animales significativamente diferentes a los otros organismos, así como a los insectos similares a los mamíferos. ? Se reconoce a la mayor parte de las formas de vida compuestas por células. ? No se consideró que muchas formas de vida tuvieran ni cromosomas ni información genética. ? Se observan problemas de conceptualización de la estructura celular de los árboles. ? Ningún estudiante planteó la relación entre código genético y síntesis proteica. ? Se observa un elevado grado de comprensión de las implicaciones ético-sociales de la tecnología genética en las opiniones y actitudes de los jóvenes.	? Los resultados sugieren confusión generalizada entre células y las estructuras y la información que contienen. ? Se deduce de los datos que la mitad de los estudiantes no son conscientes de que todos los seres vivos contienen información genética. ? Las evidencias obtenidas sugieren que la base genética de la vida es escasamente entendida por los estudiantes. ? Se sugiere la necesidad de materiales curriculares que mejoren la comprensión de la genética básica y la capacidad para evaluar cuestiones relativas a sus implicaciones. ? La estructura de la célula se suele incluir en una etapa relativamente elemental, dejando genética para los últimos cursos; el crecimiento, la división y la diferenciación celular ocupan un lugar intermedio. Hay una clara necesidad de interrelacionar estos aspectos de forma que las ideas sobre la transferencia de la información genética de una célula a otra se entiendan con mayor claridad.
Pérez de Eulate, L., Llorente, E. y Andrieu, A. 1999	Exposición y análisis de los problemas de las imágenes de digestión y excreción, así como discusión del papel de las mismas en la enseñanza/aprendizaje de estos conceptos.	8 libros de texto de Enseñanza primaria.	? Tabla descriptiva (con diferentes criterios de análisis). ? Registro, clasificación y agrupamiento en texto.	? se presenta un alto grado de iconicidad (–realismo– referido al aspecto exterior de los órganos). ? Ubicación de los órganos siguiendo esquemas ambiguos; visión frontal y, por tanto, dificultad para ver en diferentes planos. ? No se usa casi el contraste de colores, dando uniformidad, lo que dificulta la percepción diferenciada. ? Se usan muy pocos detalles ampliados y secciones; ambos recursos juntos pueden dificultar su interpretación y, a veces, se obliga a rotaciones mentales por no usar la misma orientación. ? La secuencia de imágenes, a pesar de su utilidad para procesos fisiológicos, se usa muy poco. ? Se detecta una elevada presencia de imágenes en los libros, ocupando una abundante superficie. ? Se prima la información icónica,	? Algunos estudios han mostrado que los libros de texto pueden ser transmisores de errores en ciencias y algunas veces han resaltado el papel de las imágenes en este proceso; un ejemplo son las ilustraciones de la célula. Los resultados del análisis realizado dan pie para coincidir con esas afirmaciones. ? La idea de tubo continuo digestión-excreción tiene su origen en una transferencia analógica que no cuestiona las imágenes anatómicas de los libros de texto. ? Se detectan tres problemas básicos relativos a las imágenes en los textos: errores anatómicos y fisiológicos, ausencia de informaciones relevantes y ambigüedades y deficiencias gráficas.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
				usándose pocos rótulos. ? Hay más información anatómica que fisiológica, siendo la primera preferentemente icónica y la segunda casi exclusivamente escrita.	
Pittman, K. M. 1999	Examen analogías generadas por los alumnos para la observación de las comprensión de los mismos sobre síntesis proteica frente a tareas de lápiz y papel.	189 alumnos de Enseñanza Secundaria.	? test previo a la instrucción. ? Planteamiento de analogías personales previo entrenamiento. ? Verificación y entrevista al acabar el tema y un mes después.	? Todos los estudiantes prefirieron usar analogías para aprender ciencia antes que los métodos tradicionales. ? Un mayor porcentaje de chicos prefiere analogías elaboradas por ellos mismos, mientras que un mayor porcentaje de chicas prefiere analogías generadas por el docente. ? Tanto chicos como chicas comienzan con un contenido mínimo; al mes, las chicas hacen mejor el test de elección múltiple. En lo relativo a los dibujos, los chicos tuvieron mejores puntuaciones. ? Se detecta diferencia en la elección de analogías de los estudiantes; los chicos escogen analogías más agresivas que las chicas. Casi todos usaron un tópico externo a la ciencia por su familiaridad con el mismo; algunos, todos chicos, optaron por un tópico relacionado con contenido científico. ? La percepción de las diferentes tareas es diferente en chicos y chicas; éstas usan en sus explicaciones elementos cotidianos, mientras que los chicos usan armas y mecanismos para el movimiento; los chicos conectan menos las diferentes acciones que las chicas. ? Los chicos tienen mejor comprensión del conocimiento conceptual mientras que las chicas tienen mejor comprensión del conocimiento procedimental –orden de ocurrencia. ? Las chicas realizan mejor formas tradicionales de evaluación y demuestran mejor comprensión de conocimiento procedimental (referido a fases del proceso) que los chicos.	? Las analogías generadas por los estudiantes forzaron a los mismos a buscar relaciones de similitud entre la nueva información de síntesis proteica y su conocimiento anterior, por tanto, permiten una mayor profundización en la comprensión de la nueva información. ? Parece desprenderse de los resultados que se dan 2 maneras diferentes de conocimiento: una representación visuo-espacial (frecuente en juegos y entrenamientos técnicos usados por chicos) y un conocimiento lingüístico-verbal. ? Las diferencias en la selección de los tópicos y el carácter representacional sería un resultado de las maneras diferentes en las que los padres responden a chicos y chicas y cómo los animan a interactuar con su medio y con otras personas. Los profesores también siguen este estereotipo. ? Las chicas prefieren las analogías de los profesores porque no confían en sus propias explicaciones de síntesis proteica. ? Los resultados obtenidos evidencian problemas y sesgos en las tareas de evaluación; ésta debe revisarse y plantearse en términos formativos. ? Las analogías generadas por los alumnos podrían ser una herramienta para asistir al educador en ciencia en la identificación o dirección de las concepciones existentes en los mismos que no son compatibles con las concepciones científicas; sirven como diagnóstico o forma de evaluación formativa antes que como herramienta de evaluación sumativa.
Rodríguez Palmero, M. L. y Moreira, M. A. 1999	Representaciones , como modelos mentales, relativas a la célula; su evolución a lo largo de un curso escolar.	2 estudiantes de Biología de COU.	Producciones y verbalizaciones (estudio de casos).	? La alumna analizada construye un modelo mental físico relacional de la célula que atiende fundamentalmente a su estructura y muy poco a su funcionamiento. ? Se observa una evolución en su representación que parte de proposiciones simples y aisladas y con imagen también simple y llega a ser más articulada y compleja en términos estructurales e igualmente simple en funcionamiento celular. ? El alumno analizado termina el curso con un modelo físico dinámico –con relaciones causales- que opera con múltiples imágenes, habiendo empezado con un modelo mental complejo y completo en estructura pero no en funcionamiento celular. ? Se observa una evolución a lo largo del curso con enriquecimiento conceptual en diferentes aspectos y establecimiento de dicha causalidad en su modelo.	? Los seres humanos representan el mundo internamente. ? La célula es un concepto que se corresponde con una entidad física, real, pero que opera en la mente de los alumnos como ente abstracto y que se construye a partir del discurso. ? La comprensión de conceptos científicos requiere la construcción de modelos mentales. ? La mente construye modos de representación diferenciados que ejercen influencia decisiva en los procesos de aprendizaje en la medida en que determinan el procesamiento de la información recibida. ? Los modelos mentales son idiosincráticos -de carácter psicológico-, estando en la base de las concepciones se que construyen. ? La capacidad explicativa y predictiva está en función del modelo mental construido. ? Se corrobora la dificultad dell concepto célula de cara a su aprendizaje. ? El constructo “modelo mental” resulta comprensible, plausible y fructífero para explicar el proceso de cognición.

También con objeto de delimitar de mejor manera la situación de la investigación educativa en el campo que nos ocupa, se han revisado veintidós trabajos en total que no son específicamente de indagación sino que responden a revisiones en la misma, artículos de opinión o de propuestas, siendo algunos de ellos generales de enseñanza/aprendizaje de la ciencia; se han incorporado porque contribuyen a delimitar las líneas que se siguen y las pautas que marcan y definen, incluso justifican en algunos casos, en esa investigación educativa. También en esta ocasión la presentación sigue un orden cronológico y como criterios se han usado: objeto y conclusiones relevantes. Como ya se ha comentado, ocho de ellos figuran en la revisión precedente, mostrándose en esta ocasión los trece restantes. Los rasgos más característicos se muestran en la tabla nº 2 (en ambos artículos).

Tabla nº 2: Relación de artículos de revisión, opinión y propuesta revisados.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
Reid, D. J. 1984	Nivel cognitivo en el que el efecto de superioridad de las imágenes puede reconocerse y métodos usados en la investigación para estudiarlo.	<ul style="list-style-type: none"> ? Parece que investigadores y conferenciantes concuerdan del mismo modo en que el efecto de superioridad de las imágenes obtiene un status poderoso en la intensificación de la memoria humana. ? La edad es un factor significativo en la determinación de la fuerza del efecto de superioridad de las imágenes en la memoria. ? La investigación en desempeño de recuerdo y reconocimiento oponiendo imágenes en color a imágenes en blanco y negro es ambigua y limitada. ? Hay una ambigua evidencia de que el color es beneficioso en la percepción antes que tareas conceptuales y específicamente en educación en Biología. ? El efecto deletéreo del uso de imágenes muy simples para ilustrar palabras simples fuera de contexto se reconoce por autores y profesores de Biología; en términos generales, la complejidad del material va en contra de tales procedimientos. ? De la revisión del papel de las imágenes en los procesos de aprendizaje no parecen evidenciarse en los trabajos citados signos de que la incorporación de las mismas suponga una comprensión superior por parte de los alumnos ni con técnicas o métodos de asociaciones emparejadas o relacionadas ni con métodos de investigación imagen/prosa. ? No hay evidencias de que las imágenes faciliten la comprensión; se propone más investigación al respecto puesto que se plantean modelos que combinan esas imágenes con palabras y, por tanto, su interacción como mecanismo de procesamiento de la información para reconocimiento y recuerdo. Se sugiere el uso de tecnología de ordenadores para ello.
Otero, J. C. 1985	Se analiza y critica el currículum de Física de la escuela secundaria (de ciencia en general) como epistemológica mente empirista, a la luz de la teoría de aprendizaje significativo y de la epistemología genética.	<ul style="list-style-type: none"> ? El principal modo en el que se adquieren los conocimientos científicos en la escuela secundaria superior es por aprendizaje verbal receptivo (asimilación). ? Parece haber un a estructura lógica firmemente estabilizada de la materia que ejerce una poderosa influencia limitante en las maneras en las que el contenido de los cursos de ciencia se organizan a este nivel. ? Las representaciones del conocimiento conceptual están condicionadas por asunciones epistemológicas subyacentes acerca de la naturaleza del conocimiento científico, distinguiéndose entre conocimiento obtenido por nuestra visión fuera de nosotros mismos y dominio del mundo en el que vivimos, que da materias de primer orden, y conocimiento que deriva de nuestra reflexión en nuestra propia actividad como conocedores, que es el propósito de materias de segundo orden. Las ciencias experimentales como Física o Biología se presentan en los currícula de escuela como materias de primer orden. ? La razón para presentar las respuestas (de los problemas) y no la cuestión se relaciona con la asunción epistemológica que se ha apuntado. Los currícula tradicionales a este nivel tienen como intención primordial suministrar herramientas hechas sin dar al estudiante una oportunidad para reflexionar en la razón de su existencia, i.e., por qué se moldean como son y no de diferente manera. ? El hecho de que los conceptos resultan de un interjuego entre el esquema teórico y los datos empíricos no existe en las aproximaciones empíricas de cursos de ciencia y libros de texto. ? El orden natural de las ideas, temas, reglas, o la semejanza juegan un papel dentro del contexto de descubrimiento y hacen las explicaciones inteligibles para los científicos o la comunidad científica. Todo ello desaparece, con todo, del lenguaje de la ciencia pública que supuestamente se usa para hacer la ciencia inteligible a nuestros alumnos. ? Las representaciones del contenido científico usualmente encontrado en los cursos de ciencia introductorios y libros de texto introducen algunas dificultades objetivas para los conceptos científicos y principios que van a ser aprendidos significativamente. ? Es necesario declarar explícitamente el problema que da origen a la explicación y, dentro de límites razonables, el camino que llevó a la actual forma del concepto. Del mismo modo, es necesario hacer conexiones con las ideas más estables y generales del aprendiz; esto implica buscar caminos de correspondencia estable entre las ideas que hacen la ciencia inteligible para los científicos durante el curso de la historia y las ideas que podrían hacer la ciencia inteligible para nuestros alumnos.
Hill, L. 1986	Examen de la estructura y la metodología de la Biología y su relación con los procesos de enseñanza.	<ul style="list-style-type: none"> ? Se discute la posibilidad de postular leyes (en el mismo sentido que las leyes físicas) porque hay regularidades en Biología pero a menudo son triviales o de naturaleza probabilística. ... Tales conceptos movilizan más allá de contenido empírico de leyes y representan una complejidad de ideas dentro del dominio del pensamiento. Del mismo modo, se ejemplifican diferencias entre la Física y la Biología al respecto, observándose un modo específico de contemplar esas leyes en la Biología, pues requiere preguntas del tipo “por qué” o “qué para” que no tienen sentido en Física. ? Se revisan desde la perspectiva de la Biología los conceptos de hipótesis, teoría, error, experimento y observación, encontrándose también en ello algunas diferencias con respecto a otras disciplinas científicas; en este sentido, se propone combatir la afirmación de que la observación es inferior al experimento. ? Se puede argumentar que el método basado en los procesos en la enseñanza de las ciencias se apoya en un error conceptual en la comprensión de la ciencia; siempre hay teoría de referencia.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
		<ul style="list-style-type: none"> ? La Biología es una ciencia particularmente autónoma con un fondo teórico bien definido. Se destaca también la importancia de los conceptos en el desarrollo de las ideas biológicas y las limitaciones del método reduccionista. ? El reconocimiento de que los procesos de investigación no pueden reproducirse o simularse fácilmente significa que los objetivos del trabajo de laboratorio necesitan definirse claramente. ? Si la formulación y verificación de teorías puede sólo llevarse a cabo en el laboratorio, en las más artificiales circunstancias, entonces una comprensión completa de la Biología debe incluir un estudio de su historia y filosofía.
Hodson, D. 1986	Análisis y crítica del papel de la observación en la educación científica.	<ul style="list-style-type: none"> ? Estudios recientes revelan que en efecto está muy extendida una visión inductivista de la naturaleza de la ciencia. ? La mayoría de los cursos de ciencia fracasa al reconocer y apreciar estas relaciones dinámicas entre observación y teoría. ? Se define el conocimiento científico como el producto de una actividad social compleja que precede y sigue el acto individual de descubrimiento o creación. ? La educación contemporánea en ciencia enfatiza el producto de la ciencia (las teorías y explicaciones) pero negligencia los procesos por los que ese conocimiento se genera y valida. ? Se discuten en detalle la falta de fiabilidad y la dependencia teórica de la observación, el aprendizaje para hacer observaciones, el informe de las visiones existentes en los niños, el aprendizaje por descubrimiento y la ciencia como actividad social cargada de valores. ? Se necesita distinguir mucho más claramente que lo que tenemos en el pasado entre diferentes clases de metas de aprendizaje –el aprendizaje de conceptos científicos, la adquisición de habilidades de laboratorio o una comprensión de la ciencia, etc- y diseñar experiencias de aprendizaje específicas para ello. El principal asunto ha sido el status de la observación y su papel en relación con el mundo real, el mundo de las ideas científicas, la práctica de la ciencia y el aprendizaje de la ciencia.
Treagust. D.F. 1988	Metodología y su uso para desarrollar tests diagnósticos de cara a identificar concepciones de alumnos en contenidos limitados de ciencia.	<ul style="list-style-type: none"> ? La metodología de investigación en la línea propuesta comprende 10 pasos que implican 3 grandes áreas: definición del contenido [pasos 1/4: identificación de afirmaciones de conocimiento proposicional, desarrollo de un mapa conceptual, relación del conocimiento proposicional con mapa conceptual y validación del contenido], información obtenida sobre las concepciones de los alumnos [paso 5/7: examen de la literatura, conducción de entrevistas no estructuradas a los estudiantes, desarrollo de ítems de contenido de elección múltiple con libre respuesta] y desarrollo de un test diagnóstico [pasos 8/10: desarrollo de un test diagnóstico de doble nivel, diseño de una parrilla de especificación y continuación de refinamiento]. ? Mientras la investigación aportada de las concepciones de los estudiantes es inherentemente interesante y es ilustrativa del pensamiento de los alumnos y, por que no, de los fracasos de la implementación del currículum, los resultados de esta investigación no son fácilmente usados por los docentes en sus prácticas de clase. ? Se destaca la importancia de las concepciones en los procesos de enseñanza/aprendizaje y se advierte al profesorado para su consideración. Se propone el uso de tests diseñados siguiendo las pautas reseñadas por parte de los docentes para superar esas concepciones erradas relacionadas en la bibliografía sobre el tema.
Reid, D. 1990	Papel de las imágenes y su percepción en los procesos de aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> ? Se deben seleccionar o dibujar imágenes que maximicen la diferenciación figura/fondo y se muestran tres reglas de oro para que sean seguidas: <ul style="list-style-type: none"> - 1: optimizar el fondo del campo. - 2: empleo de colores que atraen la atención inicial de partes que contienen la información más relevante. - 3: asegurar que la delineación de la sombra es tan inequívoca como sea posible. ? Es posible que una instrucción más explícita de los aprendices sobre cómo usar las imágenes sea útil. Tales instrucciones necesitarán tomar en consideración no sólo problemas inherentes a una percepción de la imagen exacta, sino también la interacción de la imagen con su texto acompañante y las tareas de aprendizaje que se estén realizando.
Reid, D. 1990	Examen de las relaciones entre la imagen y su texto acompañante.	<ul style="list-style-type: none"> ? Llega a ser cada vez más obvio que el efecto positivo de la imagen no puede ser asumido en todas las situaciones en las que el aprendizaje se requiere de texto ilustrado. ? Se está haciendo cada vez más claro que el efecto de superioridad de la imagen (PSE) no es universalmente operativo en el aprendizaje humano. ? No hay componentes dentro de la imagen, dentro del texto y dentro del aprendiz que se puedan manipular para maximizar el PSE ya que las interacciones entre esos componentes son a menudo tan cruciales en la determinación del aprendizaje como los componentes individuales en sí mismos. ? La dificultad percibida en el texto es un rasgo no sólo de los factores inherentes al texto, sino también de factores que el aprendiz lleva a la tarea. ? Uno de los problemas en la aplicación del modelo PSE reside en la dificultad del establecimiento de cotas extremas de la dificultad absoluta del texto.
Arcá, M. 1996	Evolución de las interpretaciones de los niños de fenómenos biológicos siguiendo el desarrollo de sus estrategias cognitivas.	<ul style="list-style-type: none"> ? En la construcción cognitiva de los niños, como en el desarrollo social del pensamiento científico, todo el conocimiento acerca del mundo se refiere a diferentes grupos de modelos del mundo. ? Como profesores, podemos ayudar a los niños a hacer sus modelos originales e infantiles mejor ajustados a las realidades cambiantes y establecer uniones recíprocas. ? Los niños siguen estrategias de pensamiento analógico en sus razonamientos biológicos. ? Los modelos dinámicos de fenómenos biológicos implican estrategias cognitivas de causalidad que guían identificación de causas, cambios de causas, modulación de causas, interacción entre causas y así sucesivamente. ? La comprensión biológica de la vida siempre implica diferentes niveles de uniones causales, incluyendo correlaciones genéticas y ambientales. ? En la construcción de modelos dinámicos apropiados, las estrategias causales sistemáticamente intentan correlacionar, explicar y predecir eventos biológicos; pero es fácil ver que cada clase de explicación causal producida por el niño implica una compleja cosmología, una imagen de la totalidad del sistema vivo. ? Es difícil para un niño combinar diferentes estrategias al mismo tiempo o formar un modelo creado en más de una dimensión. ? La modelización es la estrategia más rica para la construcción de redes causales entre conocimiento y eventos.
Jiménez Aleixandre, M. P., Amir, R., Brody, M. J., Tamir, P. y	Principios epistemológicos, psicológicos y pedagógicos críticos en enseñanza de	<ul style="list-style-type: none"> ? La naturaleza del conocimiento biológico es compleja y debe ser mucho más dirigida directamente por los profesores y los aprendices. La Biología, y particularmente la Ecología, representan complejos fenómenos que requieren una comprensión de la variedad de las ciencias naturales tanto como de sus interacciones. ? Se sugiere el uso de los mapas conceptuales y de la V de Gowin, así como de las tecnologías basadas en ordenadores para paliar los límites que tienen las dos primeras estrategias citadas. ? La enseñanza de la Biología debe incluir una amplia variedad de medios de aprendizaje. Colección y conservación de

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
Tomkiewicz, W. 1996	Biología, según lugares comunes (Schwab).	organismos, por ejemplo, es esencial para la modelización biológica y fenómenos ecológicos. ? En la enseñanza de la Biología, los profesores deben identificar los conceptos esenciales que son importantes en la comprensión de cada tópico. [...]. La modelización de los procesos de la vida y sus interrelaciones es esencial para su comprensión. ? Dada la prevalencia en los mass media (medios de comunicación) de los conceptos científicos relacionados con eventos de la vida diaria, es imperativo tener sociedades que comprendan el papel de la ciencia, y particularmente de la Biología, en el mundo real.
Tamir, P. 1996	Razonamiento Causal Retrospectivo en enseñanza de Biología.	? El propósito del razonamiento causal es identificar la causa o causas de un evento particular o fenómeno. ? Se denomina Razonamiento Causal Retrospectivo al razonamiento asociado con causas inferidas en el pasado; se relaciona con la comprensión y aplicación de la teoría de la evolución. ? Se propone tratar en la enseñanza temas como la evolución bajo la perspectiva del Razonamiento Causal Retrospectivo, exponiendo, en todo caso, posibles problemas en su implementación y comentando sus ventajas en la formación biológica.
Cañal, P. 1997	Principales problemas en enseñanza y aprendizaje escolar de nutrición de plantas verdes, análisis de causas y propuesta de progresión conceptual.	? En los primeros años de la Enseñanza Primaria o bien se considera que las plantas no respiran o que lo hacen como todos los seres vivos y, posteriormente, aparece y aumenta su incidencia la idea de “respiración inversa”, para disminuir progresivamente en su frecuencia, aunque siga manteniéndose en muchos casos. ? Esa concepción tiene su origen en una serie de circunstancias que la favorecen y que responden a los planteamientos habituales en las aulas y en los libros de texto. ? Surge la necesidad de secuenciar de otra manera el contenido para superar esta concepción equivocada proponiéndose la urgencia de contemplar aspectos como la distinción entre nivel de organización de un organismo y de una célula, planteamiento de la respiración como proceso que tiene como finalidad proporcionar energía, desarrollo progresivo de un modelo corporal de las plantas verdes comparando distintas soluciones biológicas para las mismas necesidades, aproximación experimental y tratamiento de la nutrición como flujo de materia y energía. ? En la génesis de los obstáculos como el relativo a la “respiración inversa” intervienen factores que están directamente relacionados con la secuenciación de contenidos, entendida como ordenación del saber que se imparte y como proceso de estructuración didáctica del conocimiento. ? Se presenta una propuesta de secuenciación de contenidos acorde con lo anterior.
Rodríguez Palmero, M. L. 1997	Determinación de la importancia del conocimiento de la célula en el aprendizaje de la Biología, en la investigación educativa.	? Son pocos los trabajos que se centran explícitamente en el estudio de estas representaciones; sin embargo, se muestran evidencias de su manifestación en otros trabajos relativos a la Biología. ? Las representaciones sobre la estructura y el funcionamiento celular suponen un obstáculo epistemológico esencial a la hora de comprender y conceptualizar el funcionamiento de los seres vivos. ? La investigación educativa muestra que no se tiene asimilada la idea de célula de forma significativa; así mismo, evidencia importantes resistencias para alcanzar un aprendizaje científicamente aceptado relativo a la misma y a su funcionamiento, una vez aplicadas estrategias dirigidas a su superación. ? Las representaciones relativas a este tema se han tratado hasta ahora explícita o implícitamente, utilizando básicamente como instrumentos cuestionarios, entrevistas o actividades en la mayoría de los casos o, en algunas ocasiones, combinando dos de estas estrategias. ? Se sugiere la posibilidad de que estas representaciones respondan a modelos interpretativos más globales en relación con el comportamiento de la célula y de los seres vivos. ? Se propone la combinación de diferentes estrategias e instrumentos centrados en las elaboraciones y productos del alumnado para acceder a esos modelos interpretativos globales. ? En todo caso, se considera muy valiosa la información de la que se dispone pues muestra la importancia de abordar este estudio en la medida en que evidencia que la célula y su funcionamiento resultan conceptos cruciales en la comprensión del mundo biológico.
Durfort, M. 1998	Reflexión sobre los problemas relacionados con la enseñanza de la Biología Celular.	? Es importante insistir en que no hay ninguna forma que sea indicativa de un prototipo de célula ni en un mismo tejido ni en el organismo entero. ? Se constata el total desconocimiento de los estudiantes en lo que se refiere a las dimensiones de la célula y de los orgánulos; la idea del tamaño es fundamental en cualquier tipo de estudio de la célula. ? En escasas ocasiones se trata el número de células. ? Hace falta enfatizar en el momento oportuno la trascendencia de los métodos de estudio (...) usados en la investigación de la célula. ? Se destaca la necesidad de tratar la duración de la vida y de sus componentes en términos de transmitir la idea de dinámica y constante renovación celular. ? Es un problema la ausencia de unificación de criterios en terminología, así como la ausencia del uso de la etimología por parte del alumnado. ? Los hábitos de lectura, observación e interpretación y realización de esquemas son muy minoritarios y se consideran básicos para entender la célula.

Como se desprende de las investigaciones y de los trabajos de otra naturaleza que se han revisado, son muchas las implicaciones que podemos detectar, muchos los matices que se deben contemplar, muchas las perspectivas desde las que analizar y abordar esta difícil área del conocimiento, la investigación educativa en ciencias, y más específicamente en Biología. No se pretende, como ya se ha expresado, llevar a cabo una revisión exhaustiva, completa, detallada, sino solamente una aproximación al tema a través de una muestra que se considera representativa de los avances y aportaciones logrados en los últimos veinte años que nos pueda dar luz sobre los múltiples aspectos que pueden considerarse y nos permita definir de mejor manera el problema. Por esa razón, se insiste, se han incorporado algunos artículos que no tratan específicamente con la célula, sino con otros contenidos biológicos, pero que han evidenciado que ese concepto es crucial en la comprensión y en el aprendizaje de la materia viva en sus diferentes niveles de organización,

así como otros que, desde la óptica de la enseñanza de las ciencias en general, aportan reflexiones, ideas, consideraciones que deben ser tenidas en mente si de lo que se trata es de entender mejor los procesos de enseñanza y de aprendizaje de conceptos tan complejos, por lo que se ve y la investigación refleja, como la estructura y el funcionamiento celular.

Algunas conclusiones y alternativas en el estudio de las representaciones en el aprendizaje de la biología

Para desarrollar este apartado se han contemplado, como ya se expresó, conjuntamente las diecinueve investigaciones de la revisión antecedente (Rodríguez Palmero, 1997, Tabla nº 1) y las treinta incluidas en el presente trabajo (Tabla nº 1). Del mismo modo, se contemplan de manera conjunta los ocho artículos de revisión, opinión y planteamiento de propuestas precedentes (Rodríguez Palmero, 1997, Tabla nº 2) y los trece reflejados en la Tabla nº 2 del presente documento. Con ello se pretende dar una visión de conjunto de lo que la investigación educativa ha dado de sí en relación con este tema.

Una primera reflexión que se desprende de las investigaciones analizadas es que de las cuarenta y nueve, sólo diecinueve se centran específicamente en la célula o en el nivel celular, pero del total, treinta y cinco hacen referencia, bien en sus resultados o bien en sus conclusiones, a problemas y dificultades con este contenido. Es decir, se trata de trabajos que han abordado otros conceptos biológicos pero en los que se ha detectado como escollo importante la comprensión del nivel celular. Muchos son, sin duda, en relación con el total analizado, lo que demuestra la importancia de este concepto en la conceptualización biológica. Si atendemos a las revisiones y artículos de índole diversa contemplados, observamos que sólo dos de ellos se centran concretamente en la Biología Celular, pero son siete los que relacionan las mismas dificultades ya comentadas. Resulta, pues, un tanto paradójico que la estructura y el funcionamiento celular sean tan vitales en la comprensión de la materia viva, que sea la célula un concepto clave, estructurante del pensamiento y del razonamiento biológico, y que sea objeto de estudio específico, no vamos a decir que de manera minoritaria, pero sí limitada.

Si observamos el objeto de estudio de las investigaciones reseñadas, podemos establecer seis categorías diferentes que se relacionan en función de su frecuencia de aparición y tratamiento.

- ¿ Concepciones: treinta y cuatro investigaciones han tenido como objeto las concepciones del alumnado en diversos temas (vida, digestión, nutrición, genética, materia, energía, etc.); diecisiete de las mismas pueden relacionarse directamente con el nivel celular ya que hacen referencia o bien a célula en sentido estricto o bien a procesos que tienen su razón de ser en este nivel de organización y se producen en la célula. Se incluyen esas concepciones en el sentido ya expresado de lo que han plasmado o representado los sujetos, independientemente del momento en el que se han recogido (previo o posterior a estrategias concretas de aprendizaje).
- ¿ Imágenes: nueve trabajos tratan como objeto de estudio las imágenes desde diferentes ángulos; algunos se refieren a la forma en la que se procesan, otros a su papel en los procesos de aprendizaje, otros a la capacidad de interpretarlas, al efecto de las mismas cuando se incluyen en los materiales curriculares -libros de texto-, a la influencia de diferentes variables en su percepción. Abordan, por tanto, la imagen, en general, bien como recurso externo o bien desde una perspectiva interna, mental.

- ? Currículum: se han incluido en este grupo cinco trabajos que versan sobre el grado de dificultad de diferentes conceptos, problemas de aprendizaje con respecto a los mismos, interés y grado de aceptación del alumnado.
- ? Resolución de problemas: tres trabajos tienen como objeto de estudio la resolución de problemas, de genética concretamente. Uno de ellos plantea el tema de manera general y los otros dos comparan novatos y expertos para extraer de ello consecuencias pedagógicas.
- ? Papel de las analogías: dos trabajos, ambos recientes, tratan específicamente el papel de las analogías en los procesos de enseñanza/aprendizaje de conceptos científicos abstractos y complejos. En uno de ellos, se analiza la influencia de una analogía propuesta y en el otro, el papel de las generadas automáticamente por parte del alumnado. Las analogías en la enseñanza y aprendizaje de la Biología se citan, en sentido positivo o negativo, en otros trabajos anteriores.
- ? Otros: se incluyen aquí dos trabajos que tratan sobre estilos cognitivos y sobre vaciamiento discursivo que, por su temática, no se han considerado propios de currículum y que no responden a los esquemas y contenidos de las otras categorías definidas, pero que aportan reflexiones que pueden tener que ver con lo que ocurre en las aulas.

Como puede comprobarse, cinco trabajos se han incluido en dos categorías diferentes por su objeto de análisis; cuatro de ellos se refieren a célula como concepto pero tratan con sus imágenes y el otro trata con célula desde el punto de vista del currículum.

Haciendo un recuento de los resultados que se han considerado relevantes, en las Tablas nº 1 figuran doscientos veintisiete que, como es lógico, guardan relación con muy variados y diferentes aspectos, pero que podemos englobar en tres categorías diferentes.

- ? A: Célula: ciento cincuenta y seis resultados de los reseñados tienen relación con la conceptualización de célula y de sus implicaciones, así como de ser vivo que, evidentemente están muy relacionados. Se engloban en esta categoría cuestiones como: problemas en la concepción de fotosíntesis, desconocimiento del nivel celular, ausencia de transformaciones químicas en la misma, ausencia de comprensión del destino de los nutrientes, visiones o ideas estáticas de la célula carentes de funciones, incompreensión de la división celular, desconocimiento o ausencia de comprensión de las funciones vitales, asignación celular a unos seres vivos y a otros no, etc. Como se ve, son muchos aspectos diferentes, como distintos fueron también los objetos de estudio de las investigaciones que los produjeron, pero todos ellos detectan y plasman el mismo problema común: ausencia de comprensión biológica de los seres vivos por desconocimiento y ausencia del significado de la célula como su unidad constituyente. Nuevamente, pues, vemos la evidencia de la importancia de este concepto y la necesidad de su investigación y análisis.
- ? B: Currículum: entendido en un sentido amplio, pues se incorporan en este grupo resultados que tienen que ver con el contenido en sentido estricto -sus problemas de aprendizaje y su dificultad-, el interés despertado en el alumnado con respecto al mismo, el discurso con el que se transmite, la formación que requiere, etc.; cuarenta y un resultados hacen referencia a estos aspectos. Se observan en ellos algunas relaciones curiosas que, lógicamente, tienen su razón de ser en esa selección del contenido y en la forma de trabajarlo; por ejemplo, es llamativo que una de las investigaciones obtenga

como resultado que la estructura y el funcionamiento celular sea el tema menos valorado de la Biología por parte del alumnado, unos estudiantes que en otros trabajos manifiestan que estos contenidos son difíciles, dificultad que, por otra parte, asigna el profesorado, lo que puede llevarnos a reflexiones relativas a la posibilidad de que los propios docentes estemos ejerciendo y transmitiendo alguna influencia en esas percepciones.

- ? C: Imagen: treinta resultados de los considerados guardan relación con el papel de la imagen en los procesos de cognición y, como ya se explicó en relación con el objeto de investigación, se trata de resultados que tienen que ver tanto con la imagen desde un punto de vista externo, es decir, la forma de trabajarla para que ayude en los procesos de aprendizaje, como interno, o sea, los procesos cognitivos que se siguen al trabajar con ellas, por ejemplo, habilidad para extraer significado, capacidad interpretativa de la complejidad que entrañan, estrategias usadas en su interpretación (curiosamente, una de ellas es la analogía, tema que se aborda concretamente en tres trabajos de objeto diferente), etc.

Si centramos la atención en las mayores dificultades o problemas que ha mostrado el alumnado en la comprensión, conceptualización y aplicación del concepto de célula, tanto desde el punto de vista estructural como funcional, podemos definir cuatro categorías que ya se reflejaron en la revisión bibliográfica precedente y que conviene recordar (Rodríguez Palmero, 1997):

- ? A: Nivel de organización celular: se detecta desconocimiento o muy baja comprensión del nivel celular, observándose contradicciones incluso para considerar a los seres vivos como seres constituidos por células, asignando carácter celular a los animales y no tanto a vegetales e, incluso, desconociendo la relación estructura/función.
- ? B: Procesos vitales: se incluyen en esta categoría los resultados considerados relevantes que hacen referencia a los procesos fisiológicos fundamentales de la nutrición. Se observa que los estudiantes tienen grandes problemas para comprender que son todas y cada una de las células de un organismo pluricelular las destinatarias de los nutrientes ; así mismo, está resultando un obstáculo fundamental la comprensión de los procesos de respiración celular y fotosíntesis, confundiéndose frecuentemente entre ellos y no asignándosele ninguna relación con procesos energéticos.
- ? C: Desconocimiento de la Física y de la Química: en esta categoría se han contemplado referencias que guardan relación con problemas de conceptualización biológica en los que se detecta la importante relación que existe con el conocimiento de la Física y de la Química subyacente a los seres vivos. De hecho, como se ve, no está resultando fácil comprender la estructura y el funcionamiento celular si no van acompañados de una adecuada comprensión y aplicación de la físico-química de la materia viva.
- ? D: Reproducción y herencia: Esta categoría incluye resultados que se han considerado relevantes en la medida en que muestran serias dificultades de los jóvenes para entender el crecimiento y la herencia como procesos celulares.

Parece probado, pues, a juzgar por las investigaciones analizadas, que la estructura y el funcionamiento celular están planteando serios problemas en el terreno de los aprendizajes relativos a la Biología en diferentes campos de la misma. La adquisición de conocimiento biológico supone la superación de estos problemas como requisito indispensable y, por lo que se ve, incluso estrategias dirigidas a su modificación no han conseguido que este concepto se represente en las

mentes de los estudiantes de manera diferente, de una forma científica y contextualmente aceptada. La investigación nos muestra también un tratamiento bastante descriptivo al respecto y, como es lógico, es consecuencia y reflejo de los marcos teóricos que la definen, así como de su evolución. De este modo, y al haber relacionado los artículos cronológicamente, puede observarse que hay tendencias muy claras a analizar, ¡otra vez! en términos descriptivos, las ideas previas, errores conceptuales, concepciones, ..., el cambio conceptual para superarlas, finalidad que no se consiguió, y, finalmente, en la investigación más reciente en el tiempo, las representaciones desde esa otra perspectiva más cognitiva, dada la insuficiencia de los referentes anteriores. En ese sentido, y atendiendo básicamente al apartado de las conclusiones de las tablas confeccionadas (Tabla nº 1 en ambos artículos), se han extraído ciento ochenta y nueve conclusiones relevantes que pueden agruparse como sigue:

- ? De corte epistemológico: es decir, conclusiones que hacen referencia a la estructura, organización, secuenciación, selección del contenido. Son aportaciones que tratan básicamente con el contenido, que critican su selección, organización, ..., que proponen secuencias o modificaciones referidas al contenido mismo. Noventa y tres tratan estos aspectos.
- ? De corte metodológico: se engloban en este grupo todas aquellas conclusiones que tienen por objeto mejorar la enseñanza y el aprendizaje independientemente del contenido, proponiendo recursos, enfoques, maneras que afectan al tipo de trabajo concreto con el mismo en el aula. Setenta y dos conclusiones se incluyen en esta categoría; de ellas, sesenta y nueve hacen referencia explícita a la célula, lo que llama la atención si observamos que sólo diecinueve de los cuarenta y nueve trabajos tienen como objeto específico de investigación este contenido.
- ? De corte psicológico: en esta categoría se incluyen todas aquellas conclusiones que se plantean el problema en términos cognitivos, mentales, o sea, si lo que se plasma en ellas es una redefinición del sentido del aprendizaje. Cuarenta conclusiones hacen referencia a estos aspectos.

Como puede observarse, algunas de las conclusiones se han considerado dentro de dos categorías diferentes dada su naturaleza, lo que no necesariamente invalida el criterio de clasificación, ya que se trata simplemente de una aproximación de análisis. En este sentido, se han categorizado también los cuarenta y nueve trabajos de investigación atendiendo a la mayor frecuencia del tipo de conclusiones presentes en los mismos. Se desprende de esta visión que hay una tendencia mayoritaria de investigaciones básicamente epistemológicas (veintisiete), seguida de trabajos básicamente metodológicos (quince) y básicamente psicológicos (siete).

Hagamos ahora un repaso a lo que nos aportan las revisiones y artículos de opinión. Como se recordará, algunos son muy generales de enseñanza de la ciencia, pero una vez que se ha observado lo anterior, se entenderá mejor que se hayan considerado pertinentes y, por ello, se hayan incluido en la presente revisión bibliográfica. Analizando el objeto que abordan, podrían clasificarse del siguiente modo: concepciones/representaciones (diez); currículum (siete); imágenes (tres) y resolución de problemas (uno).

Específicamente centrados en la célula sólo hay dos trabajos: uno de revisión bibliográfica y otro de reflexiones sobre problemas relacionados con la enseñanza de la Biología Celular, pero en siete de ellos se observan referencias explícitas a problemas de comprensión y de conceptualización de la célula, como se recordará. Las conclusiones que se han considerado relevantes son ciento doce; se han tratado del mismo modo que en el caso de las investigaciones y de ello parece

desprenderse que la tendencia más evidente es como sigue: de corte epistemológico (cincuenta y uno); de corte metodológico (cuarente y cinco) y de corte psicológico (veinticinco).

Con el mismo procedimiento, es decir, observando la mayor frecuencia en la naturaleza de las conclusiones, se han categorizado las tendencias más destacables de los veintiún trabajos como sigue: artículos básicamente epistemológicos (diez); artículos básicamente metodológicos (seis) y artículos básicamente psicológicos (cinco).

Considerando en su conjunto los setenta trabajos revisados, vemos que la mayor frecuencia, la mayor importancia, se ha dado en el terreno del contenido, en el epistemológico (treinta y siete); los aspectos metodológicos, las pautas de trabajo diario, las reflexiones y propuestas pedagógicas ocupan el segundo lugar (veintiuno) y los aspectos psicológicos de la cognición, el procesamiento mental de ese contenido, es el menos atendido por la investigación en educación en Biología, en particular, y presumiblemente, en ciencia en general, con sólo doce referencias. Estos datos concuerdan, como ya se ha hecho notar, con la evolución seguida en los propios procesos y referentes de la investigación educativa. De hecho, ya no son suficientes los catálogos de ideas previas, ya no nos conformamos con seleccionar y organizar de manera más reflexiva el contenido, ya no nos convencen los modelos mágicos de cambio conceptual, sino que nos preguntamos qué es lo que hay en las cabezas de nuestros alumnos (Greca, 1999), por qué piensan lo que les enseñamos de una manera que no se corresponde con lo que “hemos enseñado”, por qué re-presentan eso que enseñamos de una forma y no de otra, por qué no generan representaciones más acordes con la ciencia que pretendemos comunicarles. Todo ello nos lleva, otra vez, a las representaciones (¡internas!) entendidas como entidades mentales, como elementos básicos en la cognición.

Está claro que nadie discute en este momento el papel que ejercen esas representaciones en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Del mismo modo, es evidente también que se dispone de suficiente documentación como para caracterizarlas en función de una serie de atributos como son: su carácter autónomo, su persistencia, su relativa universalidad, su resistencia, su coherencia, su carácter implícito y su funcionalidad, caracterización que nos proporcionó la investigación educativa de la que hablamos. Pero parece ser, según lo expuesto, que el tratamiento que ha tenido la indagación de estas representaciones no se ha mostrado adecuado o, cuanto menos, no ha resultado plenamente satisfactorio, pues se ha caracterizado por una visión excesivamente descriptiva y, quizás, un tanto simplista al haber obviado su carácter de entidades con las que opera la mente. Se observa, pues, la necesidad de un replanteamiento, a partir de la situación descrita, y la posibilidad de que una salida sea considerar dichas representaciones como estructuras mentales con entidad propia, como "modelos mentales", afirmación que requiere, lógicamente, contrastación y que, por tanto, supone un nuevo campo de indagación del que se espera que se obtengan resultados aplicables a los problemas de enseñanza y de aprendizaje que la célula está mostrando, a juzgar por la bibliografía consultada.

Bibliografía

- Afonso López, R., Bazo González, C., López Hernández, M., Macau Fábrega, M.D. y Rodríguez Palmero, M.L. (1991). Los intereses del alumnado y la enseñanza de las Ciencias Naturales en BUP y COU. *Qurriculum*, 3, pág. 91-106.
- Afonso López, R.; Bazo González, C.; Henríquez Santana, J.A.; López Hernández, M.; Macau Fábrega, M. D.; Marrero Acosta, J. y Rodríguez Palmero, M. L. (1998). Contenidos, metodología y alumnado. Una valoración crítica de la enseñanza en BUP y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pag 99-130.

- Arcá, M. (1996). Cognitive Strategies in Biological Thinking. En: Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Acquisition, Organization, and Use in Biology*. Springer/NATO. pág. 99-107.
- Ausubel, D. P. (1978). *Educational Psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Ayuso, E., Banet, E. y Abellán, T. (1996). Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y el Bachillerato. II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios?. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), pág. 127-142.
- Banet Hernández, E. y Núñez Soler, F. (1995). Representaciones de los alumnos y alumnas sobre el cuerpo humano. *Alambique*, nº 4, pág. 79-86. Barcelona.
- Banet, E. y Ayuso, E. (1995). Introducción a la Genética en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato I. Contenidos de Enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), pág. 137-153.
- Banet, E. y Núñez, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), pág. 105-110.
- Bastida, M.F., Luffiego, M., Ramos, F. y Soto, J. (1994). ¿Qué hacer con los conceptos previos?. El caso de la nutrición humana. *Alambique* nº 2, pág. 112-118.
- Brumby, M. N. (1982). Students' Perceptions of the Concept of Live. *Science Education*, 66 (4), pág. 613-622.
- Bugallo Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la Genética : revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), pág. 379-385.
- Caballer, M.J. y Giménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), pág. 172-180.
- Caballer, M.J. y Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la Educación General Básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), pág. 63-68.
- Cañal de León, P. (1991). Las concepciones de los alumnos y alumnas sobre la nutrición de las plantas verdes. *Investigación en la Escuela*, nº 13, pág. 97-113.
- Cañal, P. (1997). La fotosíntesis y la "respiración inversa" de las plantas: ¿un problema de secuenciación de los contenidos?. *Alambique*, 14, pág. 37-48.
- Cañal, P. y García, S. (1987). La nutrición vegetal, un año después. Un estudio de caso de 7º de EGB. *Investigación en la Escuela*, nº 3, pág. 55-60.
- Cubero Pérez, R. (1986). Estudio de los esquemas de conocimiento relativos al proceso digestivo. Actas de las IV Jornadas de Estudios sobre la Investigación en la Escuela. pág. 139-143.
- De Manuel Barrabín, J. y Grau Sánchez, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique* nº 7, pág. 53-63.
- Díaz de Bustamante, J. y Jiménez Aleixandre, M.P. (1996). ¿Ves lo que dibujas?. Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), pág. 183-194.
- Díaz González, R. y Abuín Figueiras, G. (1988). Contribución al estudio de las dificultades en la comprensión de fenómenos osmóticos. Actas de las VI Jornadas de Estudios sobre la Investigación en la Escuela. pág. 21-25.
- Díaz González, R., López Rodríguez, R., García Losada, A., Abuín Figueiras, G., Nogueira Abuín, E. y García Gandoy, J.A. (1996). ¿Son los alumnos capaces de atribuir a los microorganismos algunas transformaciones de los alimentos?. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), pág. 143-153.
- Díaz, J. y Jiménez, M.P. (1993). ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, Nº Extra (IV Congreso), pág. 161-162.
- Díaz, J., Jiménez, M.P., Cienfuegos, E., Garrido, G., Gonçalves Ortega, J. y Varela, C. (1993). Imaxes das células. *Boletín das ciencias*, pág. 200-204.

- Dreyfus, A. Jungwirth, E. y Eliovitch, R. (1990). Applying the “Cognitive Conflict” Strategy for Conceptual Change. Some Implications, Difficulties, and Problems. *Science Education*, 74 (5), pág. 555-569.
- Dreyfus, A. y Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10th grades: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10 (2), pág. 221-229.
- Dreyfus, A. y Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23 (1), pág. 49-55.
- Durfort, M. (1998). Consideraciones en torno a la enseñanza de la Biología Celular en el umbral del siglo XXI. *Alambique*, 16, pág. 93-108.
- Eisenck, M. y Keane, M. (1991). *Cognitive Psychology: a student's handbook*. London: Erlbaum.
- Finley, F. N.; Stewart, J. y Yaroch, W. L. (1982). Teachers' Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education*, 66 (4), pág. 531-538.
- Friedler, Y., Amir, R. y Tamir, P. (1987). High school students' difficulties in understanding osmosis. *International Journal of Science Education*, 9 (5), pág. 541-551.
- Galagovsky, L. R., Bonán, L. y Adúriz Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pág. 315-321.
- García Barros, S., Mondelo, M. y Martínez Losada, M.C. (1989). Planteamiento didáctico de la teoría celular en las concepciones previas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, N° Extra (III Congreso). Tomo 1, pág. 73-74.
- García Zaforas, A.M. (1991). Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de Bachillerato y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), pág. 129-134.
- Gayford, C. G. (1986). Some aspects of the problems of teaching about energy in school biology. *European Journal of Science Education*, 8 (4), pág. 443-450.
- Giordan, A. (1987). Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pág. 105-110. Barcelona.
- Glynn, S. M. y Takahashi, T. (1998). Learning from Analogy-Enhanced Science Text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (10), pág. 1129-1149.
- Greca, I. (1999). Representaciones mentales. En: Moreira, M.A., Caballero, C. y Meneses, J. Organizadores: I Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos: Burgos. pág. 254-295.
- Haslam, F. y Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21 (3), pág. 203-211.
- Hill, L. (1986). Teaching and the theory and practice of biology. *Journal of Biological Education*, 20 (2), pág. 112-116.
- Hodson, D. (1986). Rethinking the role and status of observations in science education. *Journal of Curriculum Studies*, 18 (4), pág. 381-396.
- Jiménez Aleixandre, M. P., Amir, R., Brody, M. J., Tamir, P. y Tomkiewicz, W. (1996). The nature of Knowledge in Biology and Its Implications for Teaching and Learning. En: Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Acquisition, Organization, and Use in Biology*. Springer/NATO. pág.1-24.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (1987). Preconceptos y esquemas conceptuales en Biología. Selecciones Bibliográficas temáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pág. 165-167.
- Johnstone, A. H. y Mahmaud, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, 14 (2), pag163-166.
- Lucas, A. (1987). Public knowledge of Biology. *Journal of Biological Education*, 21 (1), pág. 41-45.

- Lucas, A.M. (1986). Tendencias en la investigación sobre enseñanza/aprendizaje de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias* 4 (3), pág. 189-198.
- Macnab, W. y Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills wich contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24 (1), pág. 37-41.
- Macnab, W., Hansell, M. H. y Johnstone, A. H. (1991). Cognitive style and analitical ability and their relationships to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 25 (2), pág. 135-139.
- Mateos Jiménez, A. (1998). Concepciones sobre algunas especies animales: ejemplificaciones del razonamiento por categorías. Dificultades de aprendizaje asociadas. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pág. 147-157.
- Membiola, P. y Cid, M. C. (1998). Desarrollo de una unidad didáctica centrada en la alimentación humana, social y culturalmente contextualizada. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), pág. 499-511.
- Mondelo Alonso, M., García Barros, S. y Martínez Losada, C. (1994). Materia inerte/materia viva ¿Tienen ambas constitución atómica ?. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pág. 226-233.
- Mondelo Alonso, M., Martínez Losada, C. y García Barros, S. (1998). Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), pág. 399-408.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. E.P.U. São Paulo. págs. 195.
- Núñez, F. y Banet, E. (1993). Modelos conceptuales de los alumnos sobre las relaciones entre digestión-respiración-circulación. *Enseñanza de las Ciencias*, N° Extra (IV Congreso), pág. 181-182.
- Núñez, F. y Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, (3). pág. 261-278.
- Otero, J. C. (1985). Assimilation problems in traditional representations of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7 (4), pág. 361-369.
- Pérez de Eulate, L., Llorente, E. y Andrieu, A. (1999). Las imágenes de digestión y excreción en los textos de Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), pág. 165-178.
- Pittman, K. M. (1999). Student-Generated Analogies: Another Way of Knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (1), pág. 1-22.
- Reid, D. (1990). The role of pictures in learning biology: Part 1, perception and observation. *Journal of Biological Education*, 24 (3), pág. 161-172.
- Reid, D. (1990). The role of pictures in learning biology: Part 2, picture-test processing. *Journal of Biological Education*, 24 (4), pág. 251-258.
- Reid, D. J. (1984). The picture superiority effect and biological education. *Journal of Biological Education*, 18 (1), pág. 29-36.
- Reid, D. J. y Miller, G. J. A. (1980). Pupils' perception of biological pictures and its implications for readability studies of biology textbooks. *Journal of Biological Education*, 14, (1). pág. 59-68.
- Rivière, A. (1987). *El sujeto de la Psicología Cognitiva*. Alianza Editorial: Madrid.
- Rodríguez Palmero, M. L. (1997). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- Rodríguez Palmero, M. L. y Moreira, M. A. (1999). Modelos mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- Russell-Gebbett, J. (1984). Pupils' perceptions of three dimensional structures in biology lessons. *Journal of Biological Education*, 18 (3), pág. 220-226.

- Russell-Gebbett, J. (1985). Skills and strategies pupils' approaches to three-dimensional problems in biology. *Journal of Biological Education*, 19 (4), pág. 293-298.
- Serrano, T. (1987). Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), pág. 181-188.
- Smith, M. U. (1988). Successful and un successful problem solving in classical genetic pedigree. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (6), pág. 441-433.
- Smith, M. U. (1991). Teaching Cell Division: Student Difficulties and Teaching Recommendations. *Journal of College Science Teaching*, XXI, pág. 28-33.
- Tamir, P. (1996). Retrospective Causal Reasoning (RCR) in Biology. En: Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Acquisition, Organization, and Use in Biology..* Springer/NATO. pág. 235-239.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic test evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education* 10 (2), pág. 159-169.
- Wandersee, J. H. (1985). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (7), pág. 581-597.
- Wandersee, J. H. (1996). The Graphic Representation of Biological Knowledge: Integrating Words and Images. En: Fisher, K. M. And Kibby, M. R. (ed) (1996). *Knowledge Acquisition, Organization, and Use in Biology..* Springer/NATO. pág. 25-35.
- Wood-Robinson, C.; Lewis, J.; Leach, J. y Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pág. 43-61.