

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA RELATIVA A LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA ESTRUCTURA Y DEL FUNCIONAMIENTO CELULAR
(Bibliographical review on the teaching and learning of cell structure and functioning)

M^a Luz Rodríguez Palmero [mrp@step.es]

I.B. Dr. Antonio Glez y Glez.
C/Felipe del Castillo nº 15. Tejina.
La Laguna. Santa Cruz de Tenerife.
Islas Canarias

Resumen

Se presenta una revisión bibliográfica relativa a la Biología cuyo objeto es determinar el papel que ejerce el conocimiento de la célula en el aprendizaje de la Biología. Se han analizado diecinueve investigaciones utilizando como criterios : objeto, muestra, instrumento, resultados y conclusiones relevantes ; así mismo, se han incluido ocho revisiones bibliográficas sobre aprendizaje de conceptos biológicos centradas en objeto y conclusiones de las mismas. La información obtenida se ha sistematizado a través de tablas y de una V epistemológica que refleja la síntesis realizada.

Palabras-claves: Estructura y funcionamiento celular, aprendizaje/enseñanza, Biología.

Abstract

Bibliographic review with the aim of determining the role played by the knowledge of the cell in learning Biology. Nineteen papers have been considered under the following criteria : subject, sample, instrument, results and relevant conclusions. It also comprises eight bibliographic reviews on the subject and conclusions of Biology concepts learning. The information which has been obtained has been presented with graphics and an epistemological V which summarizes it.

Key-words: Cell structure and functioning, learning/ teaching, Biology.

Introducción

La investigación en enseñanza de las Ciencias ha desarrollado en los últimos años una actividad espectacular ; el conocimiento producido en este ámbito es lo suficientemente coherente y consistente como para que podamos hablar de la emergencia de una nueva disciplina. Pero el desarrollo que dentro de la misma han tenido las diferentes asignaturas tradicionales que componen “la Ciencia” ha sido muy desigual. Lucas (1986), Jiménez (1987) y Serrano (1987) coinciden en señalar que existe una diferencia importante entre los campos físico-químico y biológico en lo que se refiere a estudios y a investigaciones realizadas relativas a representaciones, concepciones, ..., así como a procesos de enseñanza/aprendizaje en el ámbito de las Ciencias Naturales (Biología y Geología) frente a la Física y a la Química.

“En comparación con la Física y la Química, es sorprendente que tan pocos conceptos biológicos hayan sido investigados desde el punto de vista de la comprensión que los alumnos traen al estudio de la Biología” (Lucas, 1986, pág. 194). El propio Lucas expone una explicación relacionada con “... la manera en que los estudiantes manejan los complejos conceptos de segundo orden que caracterizan en gran parte la Biología” (Lucas, 1986, pág. 197), cuando se cuestiona si es aplicable al aprendizaje de la Biología que el alumnado opere en dos niveles, uno formal y otro informal, tal y como Solomon (1983, citada por Lucas, 1986, pág. 197) y otros proponen. Para Lucas, esta pobreza de referencias bibliográficas en enseñanza de la Biología “... es posible porque

es mucho más difícil preparar una situación biológica que se pueda investigar” (Lucas, 1986, pág. 194).

La bibliografía consultada justifica la dificultad inherente a la Biología, y consecuentemente a su enseñanza, para abordar los aprendizajes desde una perspectiva manipulativa en muchos casos, como se propone en la enseñanza de la Física o de la Química. Está claro que es más accesible y asequible modelizar o simular un circuito, un movimiento o hacer una reacción química que conseguir lo propio con procesos vitales. El uso de modelos, de leyes, de teorías hace que en la mayoría de los casos esa manipulación sea del todo imposible. Si tenemos en cuenta el contenido objeto de esta revisión es evidente esa imposibilidad de que el estudiante manipule ¡¡con células !!. La actividad experimental, cuando pretendemos un conocimiento actualizado de la célula y de su funcionamiento, conocimiento dependiente de la microscopía electrónica, es impensable e irreplicable; el recurso único es la microfotografía (fotografía de microscopía electrónica), la interpretación de imágenes, el planteamiento de modelos, etc. Por otra parte, y aunque habitualmente no se contemple de esta manera en los libros de texto y en las estrategias de intervención en el aula, eso es, también y cómo no, producción de conocimiento científico.

Probablemente radiquen en lo expuesto las profundas razones que justifican que, como se ha comentado, se encuentren tan pocas referencias relativas a la Biología, en general, y a la célula, en particular. Se ha llevado a cabo la revisión de seis revistas editadas en castellano en los últimos años: Alambique (1994-1996), Aula (1992 - 1996), Cuadernos de Pedagogía (1975-1996), Enseñanza de las Ciencias (1986-1996), Investigación en la Escuela (1987-1996) y Currículum (1990-1996). En dicha revisión se han encontrado cinco trabajos que explícitamente se refieran a este contenido (la célula), si bien es cierto que son muchos los que muestran y comentan conclusiones relativas a representaciones y dificultades de aprendizaje que se deban o que tengan su razón de ser en una mala conceptualización de la célula y de sus formas o procesos de actuación. Los resultados de la revisión realizada se articulan en torno a un primer apartado dedicado a las representaciones y su papel en el aprendizaje de la Biología; en segundo lugar, se muestran las aportaciones de la investigación educativa relativas al concepto de célula; un tercer espacio se dedica a las generalizaciones que pueden establecerse con la información obtenida y, por último, se incluyen las conclusiones y alternativas al tratamiento de estas representaciones en la investigación educativa.

El significado de las representaciones y el aprendizaje de la Biología.

Los resultados y las reflexiones que se muestran en la bibliografía consultada han generado el cuestionamiento de si puede o no aprenderse este contenido y, consecuentemente, han planteado la duda de si puede o debe enseñarse. Éste no debe ser el problema fundamental; la cuestión clave es que seamos capaces de determinar cuáles son los modos de representación que los estudiantes manejan, independientemente de la edad, ya que sabemos que incluso en etapas relativamente tempranas de escolarización se tienen esos modos de representación construidos, bien por percepción (poco probable en lo que a célula se refiere) o bien por el procesamiento de la información que se les facilita; y, básicamente, que podamos hacer evolucionar esas formas de representación.

Los trabajos consultados justifican, pues, 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. Evidencias de esta necesidad pueden encontrarse en las tablas elaboradas, así como en las categorías definidas a partir de las mismas y en las sugerencias que esos trabajos proponen; como

puede comprobarse, y como nuestra propia experiencia como docentes constata, son muy significativos y extraordinariamente resistentes al cambio o, cuanto menos, a una diferenciación del sistema de referencia formal/no formal, muchos de los errores y concepciones que ahí figuran.

Si hasta ahora la forma en la que se ha tratado el estudio de las representaciones en este tema ha sido escasa y difícil y, además, insuficiente en términos prácticos en lo que a su aplicación a los procesos de aprendizaje se refiere, habrá que buscar otra forma de estudiarlas y de trabajarlas, a través de otros instrumentos que resulten más fiables y aplicables de manera más eficaz a la enseñanza de la Biología, en general, y de la célula, en particular. La cuestión de fondo se centra en que seamos capaces de facilitar a los estudiantes la integración de esos dos sistemas de referencia escolar/no escolar, de ayudarlos a interiorizar todos aquellos conceptos biológicos que para ello tengan que poner en juego. Ésa es la razón que justifica la revisión realizada, revisión tendente a analizar el estado de la cuestión y a buscar alternativas que resulten más eficaces.

“Los <<conceptos>> tal como nosotros los reconocemos, son a la vez el producto y el proceso de una actividad de construcción mental de la realidad”. (Giordan, 1987, pág. 106).

“Podemos decir también que los conceptos no son simples imágenes o representaciones mentales, son más bien índices de un modelo, un tipo de discurso intelectual, en respuesta a un problema o a una serie de problemas”. (Giordan, 1987, pág. 107).

“Estas ideas intuitivas se consideran algo más que una explicación improvisada del individuo. Se las trata como estructuras mentales (Champagne, 1980) que dan al sujeto una visión coherente de las cosas desde su perspectiva”. (Serrano, 1987, pág. 182).

“Conocer las representaciones mentales de los niños, conocer lo que ellos saben y cómo lo saben permite al enseñante comprenderlos mejor, más profundamente, y también escoger el punto de partida de sus proyectos didácticos”. (Caravitas y Tonucci, 1988, pág. 126).

Estas citas muestran que, efectivamente, como ya se había comentado, las representaciones constituyen un elemento fundamental para la enseñanza y para el aprendizaje si éstos se contemplan desde una perspectiva constructivista. Pero esas representaciones, también lo hemos dicho, no constituyen 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). Y es precisamente esto lo que criticamos. Cabe la posibilidad de que hayamos sido excesivamente simplistas y lineales, de que le hayamos dado a las representaciones menos importancia de la que realmente tienen, un carácter superficial, en el fondo, y no nos hayamos percatado de que constituyen auténticas estructuras explicativas, sistemas extraordinariamente coherentes, auténticos modelos de trabajo. Arcá y Guidoni (1989) exponen diferentes acepciones relativas a “modelo” y, en todas ellas, y es lo que quisiéramos destacar, comentan el papel que estos modelos ejercen en el control de los significados.

Dificultades como : *“No se llega a entender bien cómo funciona un ser vivo en función de sus unidades celulares”* (Caballer y Giménez, 1992, pág. 173) o *“... un mejor conocimiento del funcionamiento bioquímico celular contribuye a la comprensión de la célula como ser vivo y como integrante de los organismos más complejos y, por lo tanto, de las relaciones entre estructura y función que se derive ”* (Caballer y Giménez, 1992, pág. 177), que pueden servirnos como ejemplos, muestran que efectivamente existen modelos construidos y que se construyen para interpretar la realidad, independientemente de que sean correctos desde el punto de vista científico, como vemos, una realidad que en este caso resulta muy difícil de aprehender dado su carácter abstracto, difícilmente observable y poco cotidiano para los jóvenes pero de aplicación inmediata para poder

comprenderse a sí mismos como seres vivos. “*Sólo un modelo complejo de la respiración, absorción y digestión, difusión y circulación, excreción, ... a nivel tanto celular como de organismo, puede explicar los rasgos generales de la vida*”. (Arcá y Guidoni, 1989, pág. 165). “Un modelo complejo ...”, necesitamos construir en nuestras mentes modelos y esos modelos, para que nos permitan interpretar la realidad, necesariamente son complejos. Queremos que nuestros estudiantes construyan modelos de representación para interpretar la realidad y esa realidad es compleja, en nuestro caso abstracta y compleja. Les presentamos una nueva información (¡abstracta y compleja !) que interacciona con sus modelos complejos con la intención de que se hagan aún más complejos e interpretativos. ¿Cómo vamos a conseguir todo esto si no es con complejos métodos de indagación que nos permitan crear modelos de cómo se produce en nuestros jóvenes la interpretación de la información y su construcción de la realidad ?. Es evidente que técnicas puntuales, actividades concretas aplicadas en momentos aislados más o menos descontextualizados no responden a lo que se pretende.

Obsérvese que insistente y reiteradamente hemos utilizado “modelo”, “interpretación”, “complejo”. ¡Es intencional !. Lo que estamos proponiendo es otra forma de contemplar el estudio de las representaciones, otra forma de tratarlas ; en la medida en que hablamos de modelos complejos de interpretación, modelos que son internos, habremos de utilizar para su detección mecanismos de introspección, mecanismos basados en la interpretación que se haga de la interacción de los sujetos con diferentes tareas, actividades, problemas, informaciones, etc, y de esa interpretación que, desde el exterior, se haga, derivarán modelos sobre los propios modelos de los estudiantes. Desde esta perspectiva, la investigación sobre representaciones adquiere un carácter menos descriptivo y más interpretativo, cualitativo, y por ello y para ello, se basa en la interacción de diferentes instrumentos que, en definitiva, vienen a estar constituidos por todas las producciones que hagan los estudiantes.

“Los seres humanos perciben el mundo y construyen modelos del mismo. Pueden evaluar afirmaciones acerca del mundo perceptible en relación con estos modelos y pueden manipularlos con el fin de concebir y evaluar afirmaciones sobre asuntos abstractos.

... “Un modelo mental representa el estado de cosas concretas al que se refiere una oración, pero ya que el modelo puede ser revisado como resultado de información posterior, funciona como una muestra representativa del conjunto de todos los posibles modelos de la oración. Por tanto, la representación lingüística inicial de la oración capta su significado”. (Johnson-Laird, 1990, pág. 328).

Esto es lo que construimos las personas : “modelos mentales” como análogos estructurales del mundo que queremos interpretar ; y esto es lo que construyen nuestros estudiantes : “modelos mentales” como análogos estructurales del mundo que les ofrecemos a través de la información, una información que es interpretada a la luz de esos modelos y que, al mismo tiempo, los hace evolucionar, hace que cambien. En esto consiste el aprendizaje, la construcción del conocimiento científico en el alumnado, un conocimiento científico que se genera a través de la asignación y negociación de significados. En el fondo, no es tan diferente a la forma en la que se ha generado el conocimiento científico a lo largo de la historia : modelos más o menos complejos para interpretar la realidad. Pero ni en el terreno mental ni en el de la historia del pensamiento científico, esos modelos han sido y son precisos y elegantes (Norman, 1983, citado por Caravitas y Tonucci, 1988, pág. 126), sino más bien confusos, inconsistentes, incompletos y poco precisos no tanto para quien los posee, puesto que operan y funcionan como modelos de trabajo, sean científicamente correctos o

no, como para quien quiere acceder a ellos, para quien los investiga intentando identificarlos. Para esto no es suficiente un cuestionario o una entrevista.

“Largos entrenamientos son necesarios para limitar en lo más posible el efecto de las actitudes y de evaluaciones personales. La reflexión y la confrontación en los grupos de investigación obligan a hacer más explícitas las referencias teóricas, así como el sistema de valores y de convicciones con los que se realiza la interpretación de datos. Las representaciones mentales del investigador son filtros tan selectivos como las metodologías utilizadas.

Un aspecto particularmente difícil de la interpretación de informaciones es la comparación horizontal de los datos producidos por un mismo sujeto, comparación que es necesaria para evaluar la amplitud, la articulación y la densidad de las representaciones estudiadas. No es fácil comparar productos tan diferentes (diálogos, fichas, dibujos, construcciones) encontrándose categorías, criterios comunes, que permitan comprender las estructuras mentales que las han producido”. (Caravitas y Tonucci, 1988, pág. 129).

Las representaciones son, pues, y como ya habíamos comentado, mucho más de lo que algunos trabajos nos han hecho creer ; es ahí precisamente, en su consideración de modelo mental, donde radica su resistencia. Si no somos capaces de detectar ese modelo, no podremos, como ya se nos ha dicho, aprovechar dichas representaciones en términos de aprendizaje. Y desde esta perspectiva, utilizando como marco teórico la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird, la bibliografía consultada no ofrece referencias relativas a la estructura y al funcionamiento de la célula.

Aportaciones de la investigación educativa relativas a la célula.

Se han analizado diecinueve trabajos de investigación relativos a la conceptualización de contenido biológico y ocho revisiones bibliográficas centradas en dicho campo del conocimiento ; de todos ellos, sólo cinco, como se ha comentado, tienen como objeto de estudio específico el concepto de célula, pero en todos ellos se muestran dificultades de aprendizaje causadas, precisamente por problemas con el mismo. Estos trabajos se pueden englobar en cinco apartados diferentes atendiendo a su objeto de estudio :

? A : Teórico en general : investigación en enseñanza de la Biología, concepciones, dificultades de aprendizaje, constructos, modos de pensamiento, opiniones e intereses ; siete trabajos.

? B : Nutrición (tanto vegetal como animal y, por lo tanto, digestión, respiración, fotosíntesis, cuerpo humano, etc) ; nueve trabajos.

? C : Célula (teoría celular, observación y representación, procesos celulares, etc) ; cinco trabajos.

? D : Genética : relación gametos/información, relación gametos/célula, etc ; tres trabajos.

? E : Otros : constitución de la materia, procesos físico-químicos relacionados con el funcionamiento celular, etc ; tres trabajos.

Es curiosa la coincidencia de formato y de planteamiento que, en el fondo, tienen estos trabajos, si bien es cierto que se van observando ciertas modificaciones o matices en los últimos tiempos ; prácticamente todos ellos empiezan con frases como : “Creciente interés por las ideas previas”, “Clara importancia de las representaciones”, etc, etc, “para llegar a alcanzar aprendizajes significativos en los estudiantes”. Llama, pues, la atención esta proliferación, dentro de lo que cabe, si pensamos, junto con Giordan (1987, pág. 110) que *“los conceptos previos no pueden ser considerados como un fin de la investigación educativa en sí mismos”*. Esta idea de fin en sí mismos es la que parece presidir los trabajos encontrados ; probablemente sea por eso por lo que responden a un esquema altamente descriptivo en el que se utiliza un único instrumento (en doce) o, a lo sumo, dos. El objeto de estudio, la muestra, el instrumento utilizado, los resultados y las conclusiones más relevantes de las investigaciones realizadas se muestran en la tabla nº 1 confeccionada al efecto en la que se ha seguido un orden cronológico. Se ha optado por esta presentación a lo largo del tiempo porque también este detalle parece ofrecer una información significativa ; como puede verse, se observa una evolución tanto en el tema tratado, como en los instrumentos utilizados o en su combinación, llamando poderosamente la atención que los trabajos centrados explícitamente en célula, en su mayoría, surgen en 1993 o los de genética en 1995, lo que coincide con la tendencia dominante en la investigación y en el estudio de la Biología en otros contextos como el universitario.

Tabla 1: Relación de investigaciones relacionadas con la estructura y el funcionamiento de la célula.

Tabla 1 : Relación de investigaciones relacionadas con la estructura y el funcionamiento de la célula.

AUTOR / AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Cubero Pérez, R. 1986	Constatación de la existencia de representaciones previas sobre el proceso digestivo así como su evolución.	55 estudiantes de 4º/5º de EGB.	Entrevista.	? No existe conocimiento del nivel celular ; sólo el nivel orgánico. ? Cuando se conoce el nivel celular, se explica de manera incorrecta el paso de la comida a la célula. ? No se admiten cambios y transformaciones químicas en los alimentos, en todo caso, físicas.	? Se han definido algunos modelos generales sobre la digestión.
Cañal, P. y García, S. 1987	Reconstrucción del proceso de enseñanza y aprendizaje sobre nutrición vegetal realizado un año antes.	Estudiantes de 7º de EGB.	Estudio de casos.	? Escasa coherencia interna de las ideas de los estudiantes. ? No existe la idea de elemento químico o de que la composición del cuerpo de un ser vivo y la de sus alimentos o nutrientes debe guardar una relación..	? Se ha observado una inadecuada selección de los contenidos. ? Se reafirma la necesidad de profundizar en los procesos de construcción conceptual y de diseñar procesos de enseñanza y de aprendizaje eficaces.
Díaz González, R. y Abuín Figueras, G. 1988	Posibles causas que expliquen las dificultades de comprensión de la ósmosis.	26 estudiantes de Biología de 2º de Magisterio.	≠ Ejercicios de clase como pretest ≠ Encuesta.	? Para gran parte del alumnado, su código de representación de lo soluble no coincide con el usado por los libros y los docentes. ? Se identifica “concentración salina” con sal no disuelta por error de interpretación del vocabulario científico. ? Lo anterior constituye una barrera para interpretar adecuadamente el fenómeno osmótico.	? Sería conveniente y necesario plantearse si usamos símbolos que en los códigos de los estudiantes representan lo que queremos. ? ¿Usamos profesores y alumnos frases y palabras con idéntica interpretación? ? ¿El abuso de determinados esquemas distorsiona la realidad? ? La investigación debe dar respuestas a estos interrogantes.

AUTOR / AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
García Barros, S. y col. 1989	Propuesta didáctica relativa a la Teoría Celular.	Alumnado de 2º y 3º de Magisterio para detectar sus concepciones.	≈ Dos cuestionarios. ≈ diseño de una unidad didáctica.	? Se conoce la composición celular. ? Se asume que la célula realiza funciones (N, R, Rp). ? Se otorga a la respiración funciones vitales. ? Se yuxtaponen conocimientos memorísticos a concepciones mecanicistas de respiración. ? No siempre se asocia crecimiento del individuo a reproducción de células.	? Se considera el segundo postulado de la Teoría Celular (La célula es la unidad funcional del organismo vivo) como el aspecto más complicado para su aprendizaje. ? Siguiendo a Novak y a Gowin, se propone una estrategia que parte del estudio del ser humano.
Banet, E. y Núñez, F. 1990	Contribución al estudio de las concepciones. Realización de una propuesta didáctica de nutrición humana.	180 jóvenes de 6º de EGB. 120 de 8º de EGB. 50 de Magisterio.	Cuestionarios. Entrevistas individuales.	? Se reconoce a la célula como destino del O_2 pero no todas lo necesitan. ? Algunos jóvenes equiparan respiración a los pulmones; solamente en Magisterio se asocia el O_2 con combustión en la célula y metabolismo. ? En 8º no responden o lo hacen de manera ambigua con las sustancias. ? Sólo algunas personas señalan la energía en relación con este proceso; en Magisterio se reconoce el CO_2 como resultante de las combustiones celulares.	? Se definen 5 categorías o modelos para tipificar al alumnado en relación con la respiración humana. ? Es conveniente estudiar el uso del O_2 a nivel celular. ? Del estudio de las representaciones deben derivarse consecuencias docentes.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Afonso López y col. 1991	Intereses, actitudes y opiniones del alumnado sobre contenidos, profesores, metodología y motivación en CCNN.	740 estudiantes de BUP y COU.	2 cuestionarios.	<p>? Los temas de mayor interés del alumnado son zoología, cuerpo humano y reproducción, no dándole importancia al estudio de la célula</p> <p>? Valores bajos de aprendizaje, desde la perspectiva del alumnado, que no concuerdan con su interés por dichos temas.</p>	<p>? Sería conveniente que la utilidad de las asignaturas y el contenido estuvieran relacionados con mayor utilidad y menor dificultad.</p> <p>? Se propone aplicar un modelo metodológico alternativo.</p> <p>? Contenidos, docentes y la actitud del alumnado pueden ser las causas de los problemas de aprendizaje, según los estudiantes.</p> <p>? Se advierte la necesidad de revisar los contenidos.</p>
García Zaforas, A.M. 1991	Investigar y cuantificar la magnitud de las ideas de los estudiantes sobre la función de la respiración.	50 jóvenes de 1º BUP. 53 de 3º de BUP. 49 de COU.	Encuesta ensayada previamente con docentes.	<p>? Dificultades a la hora de conceptualizar los procesos de fotosíntesis y respiración.</p> <p>? Se considera la fotosíntesis como respiración en los vegetales.</p>	<p>? El planteamiento de las asignaturas de CCNN en BUP y COU es erróneo, no haciendo progresar los esquemas del alumnado.</p> <p>? La instrucción escolar ha reforzado ideas alternativas.</p> <p>? Se propone un uso más eficaz de las ideas, a pesar de la dificultad de su cambio.</p> <p>? Se propone una reestructuración de estos temas que facilite la construcción de un modelo interpretativo global.</p>

AUTOR / AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Caballer, M.J. y Giménez, I. 1992	Detección de las ideas del alumnado sobre el concepto de pluricelularidad.	146 jóvenes de 8º de EGB. 151 de 1º de BUP. 61 de Biol. de COU. 53 de Escuela de Formación del Profesorado.	Cuestionario de ensayo y cuestionario definitivo.	<p>? Se asume la constitución celular de los seres vivos pero con contradicciones.</p> <p>? Se incorpora más la estructura celular en animales que en vegetales.</p> <p>? Esta estructura se ve limitada cuando se aplica a situaciones concretas.</p> <p>? Aun asumiendo la estructura celular, no se relaciona con funciones fisiológicas.</p> <p>? No se tiene clara la relación estructura/función. Representación mental como una imagen célula ladrillo.</p> <p>? No se relaciona la distribución de O₂ con la composición celular de los seres vivos. (ni con las necesidades de cada célula).</p> <p>? No se relaciona el crecimiento de las plantas con la estructura ni la proliferación celular.</p> <p>? “El nivel de comprensión y aceptación de la célula como unidad funcional es muy bajo en todos los niveles estudiados”. Se desconocen los procesos biológicos a nivel bioquímico.</p>	<p>? El concepto de célula no se ha interiorizado de manera significativa.</p> <p>? Son más fáciles de entender los procesos derivados de las necesidades de las células que los de su ser-vicio al funcionamiento global del organismo.</p> <p>? “Comprender que los seres vivos están formados por células no es algo que resulte fácil puesto que no es un fenómeno observable directamente o cotidiano”.</p> <p>? Parece ser que una de las mayores dificultades a la hora de entender a los seres vivos como constituidos estructural y funcionalmente por unidades celulares es la de comprender de forma adecuada las características que definen al ser vivo. Se tiende a pensar que es algo que funciona de manera macroscópica, como una serie de máquinas acopladas y no se atribuyen necesidades de materia y energía a cada una de las células, como si éstas no necesitaran cubrir sus necesidades vitales.</p>

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Caballer, M.J. y Giménez, I. 1993	Detección de algunos aspectos de las ideas sobre el concepto de célula.	94 estudiantes de 8º de EGB de 6 centros distintos.	Cuestionario de ensayo y cuestionario definitivo.	? No se tiene una representación mental clara de la célula. ? La mitad del alumnado atribuye tridimensionalidad a la célula. ? No se señala estructura celular interna ; sólo se habla de núcleo. ? No se identifican orgánulos o estructuras internas. ? Se asignan a la célula funciones desde una perspectiva macroscópica. ? Para muchos jóvenes, la respiración no es una función celular. Desconocimiento físico-químico de los procesos celulares.	? Parece entenderse la célula como unidad de vida pero se aplica con contradicciones. ? “Podría ser que el obstáculo epistemológico residiera en la imposibilidad de representarse mentalmente una célula respirando o ingiriendo alimento porque lo asocian a los aparatos a nivel orgánico”. ? Se atribuyen a la célula funciones o conductas de organismos superiores. ? No se comprende por qué y para qué ocurren las funciones, aunque se consideran procesos característicos de la vida.
Díaz, J. Y Jiménez, M.P. 1993	Destrezas de observación microscópica. Gra-do de precisión y de fidelidad.	Estudiantes de Enseñanza Secundaria y de Magisterio.	Realización y de análisis dibujos. Uso de esquemas.	? Las ideas previas de los alumnos están bastante alejadas de la realidad - seres cuadriculados. ? Se detecta una percepción pobre del contenido celular.	? Subsiste un problema serio en la apreciación de las dimensiones.
Núñez, F. y Banet, E. 1993	Falta de relación entre procesos implicados en la nutrición humana.	(159 jóvenes de 6º de EGB.). 197 de 8º de EGB. (40 de 1º BUP.). (38 de 3º).	≈ Entrevista reducida. ≈ Cuestionario ensayo. ≈ Cuestionario definitivo. ≈ Entrevista reducida.	? Pocos estudiantes entienden el transporte de sustancias nutritivas hasta las células. ? Sólo una cuarta parte de los jóvenes relaciona transporte de O ₂ con las células.	? Se establecen 3 modelos de relación entre digestión y circulación así como entre respiración y circulación. ? La simplificación de conceptos y procesos puede generar ideas y concepciones erróneas.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Mondelo Alonso, M. García Barros, S. y Martínez Losada, C. 1994	Detección y análisis de ideas relativas a la materia y su aplicación a conceptos y procesos biológicos.	118 jóvenes de 1º BUP. 125 de 2º BUP. 107 de 3º BUP. 131 de COU-C. 30 de Magisterio.	Encuesta.	? La materia viva no está constituida por átomos para muchos estudiantes. ? La célula como unidad más pequeña de la materia viva aparece en mayor proporción en animales que en vegetales. ? Los vegetales son menos vivos que los animales. ? Dificultades para comprender la presencia de los mismos elementos químicos en ambos tipos de materia. ? Se presenta una visión microscópica diferenciada para la materia viva y la materia inerte. ? Se admite menos la existencia de átomos en animales que en vegetales.	? No se concibe la constitución atómica de la materia viva; dificultades con el mundo microscópico. ? Se ha detectado una relación insuficiente entre átomo y célula en los libros de texto. ? La comprensión de los procesos biológicos requiere conceptos químicos; de otro modo, no se produce el salto de la visión macroscópica -organismo- a la visión microscópica -célula- en la que ocurren reacciones químicas. ? Es importante establecer relaciones entre la teoría celular y la teoría atómico-molecular de la materia.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Bastida, M.F. ; Luffiego, M. Ramos, F. y Soto, J. 1994	Aplicación de un modelo de eval. conceptual para nut. humana.	-	Diseño y secuenciación de actividades.	? El concepto de célula no se aplica o, si se hace, de forma parcial e incompleta.	? Sólo cuando se comprenda y aplique el concepto de célula se podrá comprender la necesidad de digestión, absorción, respiración, ... ? Se ha de reestructurar el concepto de cuerpo como sistema de integración y coordinación de millones de células.
Banet, E. y Ayuso, E. 1995	Análisis de algunas causas que dificultan el aprendizaje de la Genética : contenidos y conocimiento del alumnado.	Dos grupos de estudiantes de 1º BUP. (52, 46). Un grupo de 3º BUP. (34).	Entrevistas individuales y cuestionario.	? Muchos jóvenes opinan que los vegetales no tienen células. ? La mayor parte considera que las plantas no tienen cromosomas. ? Se advierte falta de relación significativa entre genes y cromosomas. ? La mayoría considera que la información está en los gametos. ? Se asigna diferente información a distintas células de un mismo organismo. ? Lo que lleva la célula-huevo se reparte entre las distintas células del organismo. ? No se relaciona la división celular con la transmisión de información genética. ? Persisten las dificultades para reconocer que todas las células llevan información.	? Antes de profundizar en el estudio de la herencia biológica y de sus mecanismos (de transmisión) se deben conocer las relaciones entre la información hereditaria y la estructura y las funciones celulares. ? Para comprender la organización celular de los seres vivos, que no se tiene asimilada de manera significativa, es necesario abordar el estudio de la mitosis, básicamente en términos de significado e importancia biológica. El estudio de la meiosis se debería introducir en estos niveles de enseñanza, centrando la atención en su significado biológico, ya que es clave en la resolución de problemas de Genética.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Ayuso, E., Banet, E. y Abellán, T. 1996	Bagaje conceptual razonamiento y estrategias de los estudiantes. Aprendizaje al aplicar una estrategia concreta. Comparación con estudiantes de COU.	10 jóvenes de 4º ESO. 10 de 1º BUP. 10 de COU.	1.- Diseño de 3 tareas-problema. 2.- Entrevistas de tipo individual. 3.- Resolución de las tareas.	? Los estudiantes se pueden desenvolver adecuadamente ante ejercicios utilizando planteamientos de partida equivocados o confusos. ? Se han detectado dificultades en la comprensión de alelo, gen, cromosoma y gameto, sobre todo en COU. ? Se advierten problemas en la comprensión de la meiosis, derivados de una incorrecta conceptualización de lo anterior. ? Se muestran problemas con el concepto de probabilidad.	? Resolver correctamente los problemas no significa necesariamente que se pongan en práctica los conocimientos adecuados. ? “Creemos necesario abordar la meiosis y los procesos de formación de gametos en el contexto de la herencia biológica”. ? Se obtienen mejores resultados si el método de resolución de problemas se basa en la meiosis.
Díaz González, R. y col. 1996	Cambios de alimentos por microbios. Relación de fermentación con procesos familiares.	157 estudiantes de 4º EGB .y 186 de 7º EGB.	Cuestionario (opción múltiple).	? Respuestas antropocéntricas. ? Se acepta que los alimentos sirven de comida para los microbios o son atacados por ellos ; pero se da una baja aplicación de esta relación.	? Sería preciso investigar el uso de analogías cuando los fenómenos estudiados son inaccesibles. ? Se muestra escasa capacidad de los microbios para transformar alimentos.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Díaz de Bustamante, J. y Jiménez Aleixandre, M.P. 1996	Grado de precisión y fidelidad con que se plasma la observación de morfología celular y organización tisular. Idea de célula como objeto de tres dimensiones.	52 jóvenes de 1º BUP. 107 de 3º BUP. 40 de Magisterio (Ciencias).	≅ Prácticas habituales de laboratorio. ≅ Dibujos realizados antes y después de las prácticas.	? La idea del aspecto celular es muy alejada de la realidad. ? En los dibujos previos a la práctica se muestra un escaso conocimiento del aspecto, de la forma y de las estructuras celulares. ? En los dibujos posteriores a la práctica, desaparecen las representaciones en las que no es reconocible ninguna estructura. ? La percepción del contenido celular es bastante pobre.	? La falta de interés en el desarrollo de la tarea puede justificar representaciones pobres. ? El modelo o imagen mental que poseen los estudiantes considerados corresponde básicamente a una célula epitelial pavimentosa. ? En la idea del estudiante de lo que es una célula aparecen entremezcladas distintas escalas y técnicas, microscopía óptica y electrónica, siendo necesario clarificarles lo que es observable y de qué manera.
Afonso López, R. y col. 1996	Mayor aceptación de CCNN frente a LL, MAT y CCSS en contenidos y/o en metodología, así como valoración interna dentro de cada asignatura.	551 estudiantes de 1º de BUP ; 451 de COU Ciencias y 544 de COU Letras.	Cuestionarios.	? CCNN no es la asignatura que más interés despierta en el alumnado en función de su contenido. ? La metodología aplicada en CCNN tampoco resulta ser la más innovadora. ? La célula y su funcionamiento ocupa el tercer lugar en la valoración hecha por el alumnado dentro de seis temas. ? Este lugar es el último dentro de los temas de Biología seleccionados. ? Entre los 24 temas considerados (6 de cada asignatura), la célula y su funcionamiento ocupa la posición nº 13.	? Se refleja la necesidad de reflexionar sobre el contenido seleccionado y sobre la forma de trabajarlo con el alumnado. ? Se plantea la necesidad de un cambio en los docentes tendente a trabajar coherentemente los distintos elementos de la metodología. ? Se debe atender de manera prioritaria a las actitudes que el contenido y la forma de desarrollarlo en las aulas genera pues la actitud es determinante en los procesos de aprendizaje. ? Se muestran las opiniones del alumnado como un instrumento eficaz de valoración de la labor docente.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Núñez, F. y Banet, E. 1996	Delimitación de modelos conceptuales relativos a la nutrición como forma de estudiar las representaciones del alumnado.	159 estudiantes de 6° de EGB. 167 de 8° de EGB. 72 de 1° de BUP. 46 de 3° de BUP	Cuestionario (previo ensayo, estudio piloto y reformulación).	<p>? Se pone de manifiesto la existencia de modelos conceptuales comunes, que tienen carácter progresivo y son susceptibles de orden.</p> <p>? Se categorizan los diferentes modelos conceptuales relativos al tema.</p> <p>? Se detectan modelos parciales, no relacionados, para explicar la nutrición.</p> <p>? La enseñanza habitual no contribuye a que se produzca la reestructuración de las concepciones iniciales.</p>	<p>? Se incluye "célula" en el nivel conceptual objeto de estudio.</p> <p>? Se deduce la existencia de un obstáculo epistemológico relativo al desconocimiento de la estructura y el funcionamiento celular, fundamentalmente centrado en los procesos biológicos al doble nivel anatómico por una parte, y celular, por otra.</p> <p>? El conocimiento de los modelos conceptuales resulta de gran utilidad para planificar la enseñanza.</p> <p>? El estudio de la nutrición precisa un diseño conceptual y un enfoque didáctico alternativos.</p>

La tabla nº 2 refleja los artículos reseñados que se han centrado en revisiones bibliográficas relativas a los mismos contenidos ; en ella se han expuesto el autor y año en el que se ha hecho la revisión, el objeto de la misma y las conclusiones más relevantes. Como se muestra en dicha tabla, no se han encontrado referencias directamente centradas en la conceptualización de la estructura y del funcionamiento celular, pero sí se desprende de los trabajos incluidos en ella la necesidad de abordar estos contenidos de manera más profunda en la medida en que hasta ahora disponemos de pocas investigaciones y las encontradas son básicamente descriptivas. Como se ve, estas propias revisiones plantean alternativas y dan pautas para enfocar el estudio de las representaciones. Estas revisiones refuerzan la idea ya expresada al comentar las investigaciones analizadas pues muestran que la célula y su funcionamiento resultan contenidos clave en el desarrollo del conocimiento biológico.

Tabla 2 : Relación de revisiones bibliográficas relativas a conceptos biológicos.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
Lucas, A.M. 1986	Revisión y perspectivas de la investigación en educación biológica	? 81 estudios y trabajos de investigación en la enseñanza de la Biol. entre 1966 y 1985. ? Predominio de métodos de enseñanza y de las características profesionales. No hay referencias a trabajos sobre la célula. ? Se debe dar más atención a la esfera del estudiante, a la forma en la que usa las ideas, su fuente y la manera de manejar los conceptos biológicos. ? La investigación en la enseñanza de la Biología debe ir unida a los estudios en enseñanza de la Física y de la Química.
Giordan, A. 1987	Explicación de la construcción y las funciones de los constructos.	? No hay referencias a la célula. ? Los conceptos previos no se pueden considerar como un fin de la investigación educativa en sí mismos. ? Las representaciones de los estudiantes deben ser tenidas en cuenta no sólo antes sino durante la fase educativa.
Jiménez Alexandre, M.P. 1987	Selección bibliográfica de preconceptos y esquemas conceptuales en Biología.	? Número inferior de investigaciones en comparación con Física y Química. ? Trabajos de conceptos biológicos recientes. ? Diferencias en los campos y en las metodologías de investigación sugeridos. ? Ninguna referencia explícita a trabajos relativos a la conceptualización de la célula. ? Se considera mayor la complejidad de los conceptos biológicos (frente a los de Fís. y Quím.). ? Los resultados de Fís y de Quím, podrían ser aplicables a las investigaciones en educación en Biología (en metodologías).

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
Serra-no, T. 1987	Modos de pensamiento del alumnado en relación con conceptos de Biología.	<ul style="list-style-type: none"> ? Desequilibrio en los estudios relativos a las concepciones de Fís./Quím. y Biol. ? La mayoría de los trabajos son relativos a concepciones. ? Los estudios realizados son, en general, de naturaleza descriptiva. ? No se reflejan trabajos de interacción entre las concepciones y la versión científica. ? No hay referencias directas a la célula ; sólo colateralmente aparecen trabajos dirigidos a las concepciones de herencia. ? Los jóvenes se enfrentan al aprendizaje de la herencia con ideas no modificadas tras la instrucción. ? Es importante que el docente tenga esta información. ? Existen diferentes técnicas para acceder al pensamiento del alumno ; su elección depende del investigador. ? Apenas se describen trabajos de investigación relativos a intervenciones didácticas.
Cañal de León, P. 1991	Caracterización de las ideas de los estudiantes sobre la nutrición de las plantas verdes.	<ul style="list-style-type: none"> ? Desde el punto de vista metodológico predominan los cuestionarios y entrevistas ; a veces, combinación de ambos. También se dan estudios de casos. ? Los estudiantes de Primaria consideran que las plantas se alimentan como los animales y lo hacen de tierra. Están lejos de poder abordar la comprensión de la fotosíntesis. Estos jóvenes entienden la respiración como intercambio gaseoso. ? En el alumnado de Secundaria persisten muchas de estas tendencias. Se han detectado dificultades para comprender el cuerpo vivo como un sistema químico. En estas edades no se relaciona la alimentación con la fotosíntesis ; no se relaciona tampoco con respiración o transpiración. ? Muchas de las concepciones reseñadas se repiten en estudiantes universitarios. ? Se dispone de abundante información sobre las concepciones en este contenido ; por lo tanto, hay resultados que pueden explicar la génesis y los procesos de cambios de las mismas.
Bugallo Rodríguez, A. 1995	Análisis de la dificultad e importancia de la Genética, de su inclusión en la ESO y de la resolución de problemas.	<ul style="list-style-type: none"> ? La meiosis es una de las mayores fuentes de problemas. ? La investigación en didáctica de la Genética combina conocimiento conceptual y estrategias de resolución de problemas ; surge al amparo de la investigación en cognición. ? Se investigan los modelos empleados por los estudiantes.

AUTOR/ AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
Banet Hernández, E. y Núñez Soler, F. 1995	Concepciones de los estudiantes sobre sí mismos como organismos, sobre el cuerpo humano como tal.	<ul style="list-style-type: none"> ? No se tiene claro que el destino de los nutrientes sean las células de todos los órganos del cuerpo. ? No se comprende el uso celular de los nutrientes ni siquiera a nivel elemental. ? Poco consolidada la producción de desechos por parte de la célula. ? No se acaba de comprender la naturaleza celular de los gametos. ? Parece necesario considerar que los estudiantes tienen concepciones sobre el cuerpo humano que se reestructuran en representaciones mentales construidas a partir de sus percepciones personales y que, por lo tanto, son persistentes y difíciles de modificar.
De Manuel Barra-bín, J. y Grau Sánchez, R. 1996	Representaciones y dificultades comunes en la concepción del pensamiento biológico.	<ul style="list-style-type: none"> ? Para explicar el concepto de ser vivo se recurre a criterios relativos a comportamiento más que a criterios fisiológicos o a criterios morfológico-estructurales. ? Se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de los organismos. ? Es frecuente observar una representación plana de la célula originada por los esquemas y dibujos de los libros. ? Se asocian la fotosíntesis y la respiración más con intercambio de gases que con transformación de energía.. ? Se han detectado dificultades lingüísticas derivadas de la precisión del significado en conceptos genéticos. ? El aprendizaje de los términos nunca debería ser tan importante como la comprensión que se dé de los conceptos. ? Deberían darse condiciones para la verbalización del alumnado como forma de detectar los significados que asigna.

Generalizaciones encontradas.

De los trabajos analizados en estas tablas se desprenden aproximadamente treinta y dos resultados que se han considerado relevantes; se podrían reunir en cuatro categorías relativas a 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. Estas categorías se exponen a continuación:

? A : Nivel de organización celular : de los resultados reseñados, doce hacen referencia explícita a problemas incluidos en esta categoría : 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. Estos resultados son los siguientes :

- ? No existe conocimiento del nivel celular.
- ? Se asume la comprensión celular de los seres vivos pero existen contradicciones ; esta composición se equipara más fácilmente a animales que a vegetales y se ve dificultada, en todo caso, en su aplicación a situaciones concretas.
- ? No se relaciona estructura celular con funciones fisiológicas, así como tampoco se establece relación estructura/función.
- ? La célula como unidad funcional tiene un nivel muy bajo de comprensión y aceptación.
- ? No se representa mentalmente de manera clara la célula, atribuyéndole volumen sólo en algunos casos y no se identifican estructuras internas en la misma.
- ? Se detecta una concepción pobre del contenido celular.
- ? La célula es la unidad de la materia viva pero más en animales que en vegetales ; incluso los vegetales son menos vivos que los animales.
- ? Si se aplica el concepto de célula, se hace de forma parcial e incompleta.
- ? Para muchos jóvenes, los vegetales no tienen células.
- ? La idea del aspecto celular es muy alejada de la realidad, no conociéndose el aspecto, la forma y las estructuras celulares y observándose una percepción del contenido celular bastante pobre.
- ? Se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de los organismos, recurriéndose a criterios relativos a comportamiento y no a criterios morfológico-estructurales o fisiológicos.
- ? Se observan frecuentemente imágenes planas de la célula.

? **B : Procesos vitales** : se incluyen en esta categoría los resultados considerados relevantes que hacen referencia a los procesos fisiológicos fundamentales de la nutrición. Se han encontrado nueve de las treinta y dos ya comentadas y en todas ellas lo que se observa es 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 escollo fundamental la comprensión de los procesos de respiración celular y fotosíntesis, confundiéndose frecuentemente entre ellos y no asignándosele ninguna relación con procesos energéticos. Estas referencias se exponen a continuación.

- ? Se conoce la composición celular y se asumen las funciones celulares pero se yuxtaponen conocimientos memorísticos a concepciones mecanicistas por ejemplo en lo referente a la respiración.
- ? No todas las células requieren oxígeno, aunque se reconozca a la célula como destino del mismo. Se equipara respiración a los pulmones y pocas veces se relaciona con la energía.
- ? Se entiende la respiración como intercambio de gases.
- ? No se relacionan alimentación, fotosíntesis, respiración, transpiración.

- ? Dificultades para conceptualizar fotosíntesis y respiración, considerando la fotosíntesis como respiración vegetal.
- ? No se relaciona la distribución de oxígeno con la composición de la célula ni con sus necesidades.
- ? Sólo unos pocos alumnos relacionan transporte de oxígeno con las células ; no se entiende el transporte de nutrientes a las células.
- ? No se tiene claro que el destino de los nutrientes sean las células de todos los órganos del cuerpo ; ni tan siquiera a nivel elemental se comprende el uso celular de los nutrientes. Consecuentemente, no se asume la producción celular de desechos.
- ? Se asocian fotosíntesis y respiración con intercambio de gases.

? C : Desconocimiento de la Química : en esta categoría se han incluido seis referencias que guardan relación con problemas de conceptualización biológica en los que se detecta la importante relación que existe con el conocimiento de la Química. 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 química de la materia viva. Esta afirmación deriva de las referencias que se muestran a continuación.

- ? No existe la idea de elemento químico o de que la composición del cuerpo de un ser vivo y la de sus alimentos o nutrientes deba guardar una relación.
- ? Se detectan dificultades para comprender el cuerpo vivo como un sistema químico.
- ? Se detecta un profundo desconocimiento de los procesos biológicos a nivel bioquímico.
- ? Desconocimiento físico-químico de los procesos celulares.
- ? La materia viva no está constituida por átomos.
- ? Se detectan dificultades para comprender la presencia de los mismos elementos químicos tanto en la materia viva como en la materia inerte. La existencia de átomos se admite menos en animales que en vegetales.

? D : Reproducción y herencia : Esta categoría incluye cinco 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. Estos resultados son :

- ? No siempre se asocia crecimiento del individuo a reproducción celular.
- ? No se relaciona el crecimiento vegetal con estructura celular ni con proliferación de células.
- ? Los vegetales no tienen cromosomas ; no se relacionan genes y cromosomas, asignando a los gametos la información. Se asignan diferentes informaciones a distintas células, de distintas partes, del mismo organismo.
- ? La información de la célula-huevo se reparte entre las distintas células, no relacionando división celular con transmisión de información genética.
- ? No se comprende la naturaleza celular de los gametos.

Como vemos, si bien son pocos los trabajos que han tenido como objeto de estudio la célula, como ya se ha comentado, es evidente, a juzgar por lo expuesto, 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 del conocimiento biológico supone la superación de estos problemas y los propios trabajos revisados apuntan algunas sugerencias que recogemos a continuación.

- ? Hay resultados que pueden explicar la génesis y los cambios relativos a las concepciones sobre nutrición vegetal.
- ? La idea de que los seres vivos están formados por células no resulta fácil de comprender.
- ? No parecen comprenderse las características definitorias de los seres vivos y, consecuentemente, de sus unidades constituyentes.
- ? Las dificultades relativas a la célula podrían provenir de la imposibilidad de imaginar o representar a una célula haciendo procesos que se asignan a niveles macroscópicos, ya que se le atribuyen conductas y funciones de organismos superiores.
- ? Es necesario abordar la comprensión de los procesos biológicos como procesos que requieren conceptos químicos ; se deben establecer relaciones entre la teoría celular y la teoría atómico-molecular de la materia para, de este modo, superar los obstáculos micro/macrocópico.
- ? Sólo cuando se comprenda y aplique el concepto de célula, se podrá comprender la necesidad de digestión, absorción, etc. Por ello, es necesario reestructurar el concepto de cuerpo como sistema de integración celular.
- ? Antes de abordar el estudio de la genética se deben establecer relaciones entre estructuras y funciones celulares.
- ? La organización celular de los seres vivos no se tiene asimilada de manera significativa, resultando muy difícil su comprensión.
- ? Parece necesario considerar que los estudiantes tienen concepciones sobre el cuerpo humano que se reestructuran en representaciones mentales construidas a partir de sus percepciones personales y que, por lo tanto, son persistentes y difíciles de modificar.
- ? La falta de interés puede justificar representaciones pobres que corresponden a un modelo o imagen mental prototípico de célula epitelial-pavimentosa ; en esta imagen se mezclan escalas y técnicas, lo que haría necesario profundizar en el tema.
- ? Se debe dar más atención a la esfera del estudiante, a la forma en la que usa las ideas, su fuente y la manera de manejar los conceptos biológicos.
- ? La simplificación de conceptos y procesos puede generar ideas y concepciones erróneas.
- ? La instrucción escolar ha reforzado ideas alternativas.
- ? Se propone un uso más eficaz de las ideas, a pesar de las dificultades de su cambio.
- ? Se reafirma la necesidad de profundizar en los procesos de construcción conceptual.
- ? Existen diferentes técnicas para acceder al pensamiento del alumno.
- ? Del estudio de las representaciones deben derivarse consecuencias docentes.
- ? Es necesario investigar los modelos empleados por los estudiantes.

? Deberían darse condiciones para la verbalización del alumnado como forma de detectar los significados que asigna.

Lo que resulta más destacable de los resultados que estos trabajos han obtenido es la enorme dificultad que los jóvenes están teniendo en el aprendizaje y en la aplicación de un concepto que se ha mostrado tan fundamental para organizar y estructurar el pensamiento y el conocimiento biológico como es la célula y su funcionamiento. Consecuentemente, resultan abrumadores y decepcionantes estos resultados desde la perspectiva docente en la medida en que en varias de estas investigaciones y proyectos se han ensayado estrategias de intervención que han partido del conocimiento de estas representaciones y que no han conducido a nada positivo. Es evidente que el profesorado lo que pretende es que se dé en nuestros estudiantes aprendizaje significativo, pero un aprendizaje significativo contextual y científicamente aceptado ; y está claro, a juzgar por los resultados, que nuestros jóvenes han desarrollado un aprendizaje significativo pero que no se corresponde con lo que la ciencia de la Biología postula para la célula y para su funcionamiento. Estas concepciones “erróneas” que está aplicando el alumnado sobre este tema y que están siendo tan resistentes a su modificación responden a un aprendizaje no correcto pero altamente significativo, lo que concuerda con la idea ya encontrada en la bibliografía de que la escuela refuerza algunas de esas concepciones.

Conclusiones y alternativas de la investigación educativa al estudio de las representaciones sobre la célula.

¿Qué es lo que aporta la investigación al conocimiento de las representaciones del alumnado relativas a la estructura y al funcionamiento celular ? La respuesta a esta cuestión se presenta en la V epistemológica que aparece en la figura 1. Muy injusto sería decir que no ha habido conocimiento producido al respecto porque, precisamente, de los trabajos desarrollados hasta el momento es de donde deriva la necesidad de un replanteamiento de la cuestión relativa a las representaciones, replanteamiento que ya algunos autores han apuntado, incorporando incluso nuevas metodologías de investigación, y que ha resultado más evidente, si cabe, en este ámbito que en otras disciplinas probablemente por su alto grado de abstracción, y por los obstáculos epistemológicos que ello ha supuesto hasta en el terreno de las propias representaciones pues, como vemos, el propio concepto de representación está en discusión y evoluciona en la medida en que está sujeto a negociación de significados.

Se pretende comprender los modos de representación y de interpretación de nuestros estudiantes y, consecuentemente, nos movemos, desde el punto de vista epistemológico, en un paradigma interpretativo. Y esto es así porque en este contexto teórico no resulta suficiente explicar cuáles son esas representaciones, que es lo que la bibliografía consultada ofrece; no nos satisface movernos en el terreno, en el paradigma, positivista. Y, lógicamente, comprender esos modos de representación constituye una fase imprescindible, una información vital si lo que se quiere es que nuestros estudiantes transformen sus modelos de representación al interactuar con la realidad ; esto es posible si y solo si estudiantes y docentes comprenden, comparten y consensúan los modelos de los que parten, los que surgen de la evolución a través del aprendizaje y a los que se llega que, consecuentemente, deben acercarse a los científica y contextualmente aceptados. Por esta razón, el estudio de las representaciones relativas a la estructura y al funcionamiento de la célula desde una nueva perspectiva que, como hemos visto emana y se nutre de los trabajos ya realizados, resulta no sólo un objetivo fundamental, si bien no en sí mismo, sino una tarea imprescindible en los

procesos de enseñanza y de aprendizaje de este contenido. Ese nuevo enfoque supone prestar atención a todo lo que los jóvenes hacen y dicen y, consecuentemente, la interpretación de sus productos ; la información que de ello se derive nos permitirá, como hipótesis, determinar sus representaciones y para ello, como se ha expuesto, no son suficientes los instrumentos comúnmente utilizados.

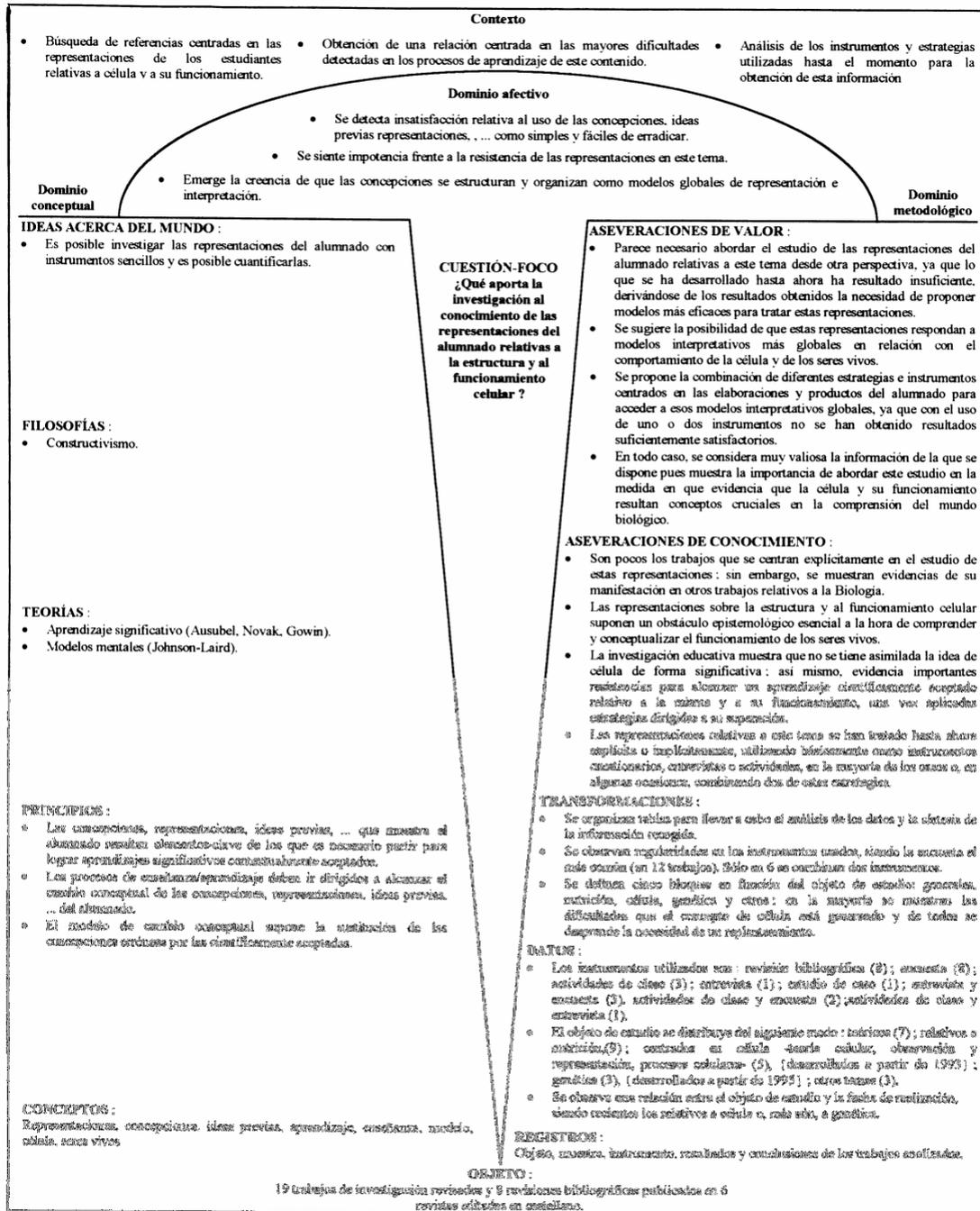


Fig. 1 : V epistemológica relativa a la aportación de la bibliografía al estudio de las representaciones sobre la célula y su funcionamiento.

Bibliografía

- 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. (1996). Contenidos, metodología y alumnado. Una valoración crítica de la enseñanza en BUP y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, (aceptado para publicar). Barcelona.
- 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. *Curriculum*, 3, pág. 91-106. La Laguna
- ARCÁ, M. y GUIDONI, P. (1989). Modelos infantiles y modelos científicos sobre la morfología de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), pág. 162-167. Barcelona.
- 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. Barcelona.
- 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. Barcelona.
- BANET, E. y NÚÑEZ, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), pág. 105-110. Barcelona.
- 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. Barcelona.
- BUGALLO RODRÍGUEZ, A. (1995). La didáctica de la Genética : revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), pág. 379-385. Barcelona.
- 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. Barcelona.
- 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. Barcelona.
- 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. Sevilla.

- 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. Sevilla.
- CARAVITAS, S. y TONUCCI, F. (1988). Problemas metodológicos en la investigación sobre las representaciones mentales referidas a temas biológico-naturalistas en los niños de la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pág. 126-130. Barcelona.
- 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. Sevilla.
- 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. Barcelona.
- 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. Barcelona.
- 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. Sevilla.
- 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. Barcelona.
- 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. Barcelona.
- 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*, Nº Extra (III Congreso). Tomo 1, pág. 73-74. Santiago de Compostela.
- 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. Barcelona.
- GIORDAN, A. (1987). Los conceptos de Biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pág. 105-110. Barcelona.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1987). Preconceptos y esquemas conceptuales en Biología. *Selecciones Bibliográficas temáticas. Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2). Pág. 165-167. Barcelona.
- JOHNSON-LAIRD, P.N. (1990). *El ordenador y la mente. Introducción a la ciencia cognitiva*. De. Paidós. Barcelona.

LUCAS, A.M. (1986). Tendencias en la investigación sobre enseñanza/aprendizaje de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias* 4 (3), pág. 189-198. Barcelona.

MONDELO ALONSO, M., GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ LOSADA, C. (1994). Materia inerte/materia viva ¿Tienen ambas constitución atómica?. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pág. 226-233. Barcelona.

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. Barcelona.

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. Barcelona.

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. Barcelona.

Recibido en 01.08.97.

Aceptado en 31.08.97.