

LA CÉLULA VISTA POR EL ALUMNADO

How the students see the cell

Maria Luz Rodríguez Palmero¹

Resumo: Utilizando como marco teórico de referencia la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird, se analizan los dibujos elaborados por estudiantes de Biología de COU como representaciones externas, con objeto de establecer deducciones e inferencias sobre los posibles modelos mentales generados para hacer dichos dibujos, como representaciones internas. De este modo, se estudian esos modos de ver la célula que genera el alumnado, comparando con lo que se plasma en los libros de texto. De ello se deduce que efectivamente se generan esas representaciones icónicas, que son diversas, y que lo que ofrecen los materiales curriculares puede estar ejerciendo una influencia negativa en los modos de construir esas representaciones internas relativas a la célula, de cara a su comprensión.

Unitermos: representación, imagen, modelo mental, célula.

Abstract: *Using the Mental Models Theory of Johnson-Laird as the theoretical reference, representational drawings produced by pre-university course students are analyzed, aiming to establish deductions and inferences about the possible mental models generated as internal representations. In this analysis, the ways in which students see the Cell are studied and compared with what is shown in textbooks. From this, it is deduced that the representations generated are iconic, that they are diverse, and that what curricular materials do offer, can produce a negative influence on the ways of building those internal representations relating to the cell and its understanding.*

Keywords: *representation, image, mental model, cell.*

Introducción

Las imágenes de la célula han sido objeto de estudio desde diferentes perspectivas y han ocupado a diversos investigadores a lo largo de la historia de la indagación científica en general, y en enseñanza de la Biología en particular. De la revisión del papel de las imágenes y de su forma de percibir las en los procesos de aprendizaje no parecen evidenciarse signos de que la incorporación de las mismas suponga un entendimiento superior por parte del alumnado. No hay muestras de que los diseños gráficos faciliten la comprensión; se propone más investigación al respecto puesto que se plantean modelos que combinan esos esquemas icónicos con palabras y, por tanto, su interacción como mecanismo de procesamiento de la información para reconocimiento y recuerdo (Reid, 1984). Se requiere una forma de analizar las imágenes, no sólo articulada en torno a lo que se presenta en los materiales curriculares, sino a su influencia en los procesos de aprendizaje, que son cognitivos. Es posible que una instrucción más explícita de los estudiantes sobre cómo usar las imágenes externas sea útil. Tales instrucciones necesitarán tomar en consideración no solamente 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. El efecto de superioridad de la imagen (PSE) no es universalmente operativo en el aprendizaje humano (Reid, 1990 a y b) y “célula” es un magnífico ejemplo, como se ve en los problemas de aprendizaje que genera y que no se han visto superados por el concurso y uso de esos diseños que los libros incorporan.

¹ Profesora de Enseñanza Secundaria. C.E.A.D. (Centro de Educación de Adultos a Distancia) de Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias. España. – e-mail: mrp@step.es

Interesan los modos de representación que generan los jóvenes con el contenido que trabajan en el aula, sus formas de aprehender lo que la escuela les ofrece como información relevante, sus maneras de captarla y procesarla, de modo que pueda serles útil y en ese proceso, hemos de procurar alguna forma de acceder a esos modos internos, a esas representaciones mentales para poder mejorar, con dicho bagaje, el aprendizaje que la enseñanza pretende y procura.

En la búsqueda por comprender este proceso, resulta relevante abordar las formas gráficas que genera el alumnado sobre la célula, sus maneras de verla. El objeto del presente trabajo es presentar esos modos, esas representaciones mentales sobre lo que una célula es y representa, estableciendo para ello deducciones e inferencias a partir de sus formas de exteriorizarlas en diseños, analizadas desde la perspectiva de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird.

Las imágenes de la célula en el contexto escolar

Dentro de las cuestiones analizadas, uno de los temas que ha ocupado atención en este ámbito es el que se refiere a la evolución seguida en los textos científicos (Angulo, 1999), observándose que a medida que pasa el tiempo, se gana en abstracción en esos diseños, se incluyen más cosas y esta incorporación de tantos elementos no hace que ese grado de abstracción disminuya y, por tanto, no favorece su comprensión por parte del alumnado. Por otra parte, se observa que en esos diseños se idealiza una célula incorporando en la misma como prototipos muchos elementos que de manera simultánea no existen en una célula real. Se busca en estos textos científicos una forma de representar la célula basada en la descripción de características; la propia forma de representar en los dibujos que hacemos es una idealización con respecto a lo que es cada orgánulo y estructura que difícilmente se van a “ver” en la realidad tal y como los expresamos.

La evolución seguida en los modos de plasmar gráficamente la célula en los libros científicos no deja de ser, no obstante, fiel reflejo de lo que ha sido la propia historia de la construcción del conocimiento en esta área, pues al principio se conocían pocos elementos y, de manera dependiente de la tecnología, se han ido incorporando a esas imágenes nuevos elementos que el desarrollo de la investigación ha ido ofreciendo (Angulo, 1999). Se trata de esquemas que dan a conocer una información que surge de la abstracción que cada autor realiza, como ya se comentó, siendo, por tanto, idealizada y responden a un intento de generalización que quizás esté resultando contraproducente con respecto al aprendizaje de la Biología. Ese modo de representar la célula a lo largo de la historia es un correlato claro de la forma de abordar este conocimiento y de hacerlo evolucionar puesto que, si nos fijamos, se corresponde, en un principio con células con “poquitas cosas” y progresivamente hemos ido llenando y llenando de contenido celular (Host, 1988; Maienschein, 1991; Angulo, 1999). De hecho, parece incuestionable que el tratamiento que se ha seguido es básicamente descriptivo y basado en una fragmentación y descomposición progresiva de los diferentes orgánulos y elementos celulares que se abordan por separado, observándose que se refleja muy poca integración de los mismos en un funcionamiento complejo (¡que no se ve ni se trata en muchos casos!), muy poca abstracción de lo que una célula es en la realidad, cuanto menos cuando la dibujamos como lo hacemos. En términos generales, estos diseños plasman características anatómicas.

Como Angulo (1999) atestigua, un libro de uso tan generalizado como el Alberts y col. [1996] presenta una imagen de célula muy similar a la de un libro 30 años anterior a él, un esquema prototípico: redondeada, con orgánulos muy específicamente representados e idealizados para que se puedan reconocer, un diseño semejante a un “huevo frito”. Esta manera de

plasmarla ha ejercido una profunda influencia en la forma de ver la célula que tienen los estudiantes.

También interesa conocer si esta imagen supone la exposición pública quizá inconsciente de una manera de pensar sobre el funcionamiento de la célula. El asunto tiene gran importancia al ser este esquema considerablemente didáctico y aparecer en los libros de texto de todos los niveles, desde EGB hasta la Universidad. Su uso impone en el aprendizaje de los alumnos una forma concreta de ver la estructura y función de la célula. Su aprehensión dificultaría la comprensión de algunos de los sistemas celulares que no son evidentes en estas figuras (Angulo, 1999, pág. 7).

¿Se ayuda a visualizar el comportamiento celular con estas formas gráficas? ¿Se favorece con ellas comprensión sobre el funcionamiento de la célula que es, precisamente, lo que dota de vida a esta abstracta entidad? Será necesario, pues, que se cuestione:

Si la célula actual ha perdido su carácter teórico integrador y se ha convertido en un arquetipo icónico que incluso puede interferir en la comprensión de su funcionamiento. La imagen científica (...) tiene un contenido ideológico, es decir, teórico, que nos alcanza de forma mucho más directa y profunda de lo que conscientemente sentimos (ibid.).

Habrà que plantearse si estos diseños no estarán transmitiendo un modo de concebir la célula que ni tan siquiera sea el que se acepta desde la investigación de vanguardia en el área de conocimiento que nos ocupa (Rodríguez, 2002). Hemos de tener en cuenta que el contenido relativo a la Biología Celular se está ampliando con gran rapidez y que eso obliga a su revisión por parte del profesorado, de manera que como docentes se actualice la imagen de célula que se tiene; hemos de considerar también que aun a pesar de esas nuevas informaciones, cada uno parte de la visión de célula que asimiló en sus estudios (Angulo, 2000).

Ese arquetipo puede estar actuando como obstáculo en la comprensión del alumnado; se está transmitiendo un único patrón, un esquema que atiende básicamente a aspectos anatómicos y eso se hace de algo, una realidad que a los estudiantes les resulta sumamente abstracta y compleja, una entidad que no “ven” en la vida diaria. Son estos diseños los que presentan los libros de texto de la enseñanza no universitaria y, en un afán por ejercer un papel didáctico en el proceso de aprendizaje, quizás, como se expresó, estén resultando contraproducentes en la medida en que influyen la visualización individual y, por tanto, en la forma de representar la célula. La interpretación de esos diseños y dibujos por parte del alumnado no es, pues, una cuestión trivial sino, más bien, un problema añadido en la concepción de célula como concepto. De hecho, se observan problemas relativos a la interpretación de gráficos, se detectan problemas de apreciación de las dimensiones celulares, se muestran ideas bastante alejadas de la composición celular de los seres vivos y una percepción muy pobre del contenido celular (Díaz y Jiménez, 1993); no se tiene una representación mental clara de la célula y no se correlacionan sus funciones con las de los organismos pluricelulares (Caballer y Giménez, 1992, 1993); esas representaciones mentales reflejan una concepción “huevo frito” de célula, con una estructura basada en anillos concéntricos en los que se sitúan algunos elementos organulares (Díaz y Jiménez, 1993, 1996). Todo ello muestra un panorama del aprendizaje desarrollado sobre la célula bastante limitado y parece indicar que los esquemas y diseños manejados en dichos procesos tienen una

parte de responsabilidad en estos resultados, lo que refuerza la necesidad de profundizar en indagaciones sobre el tema.

Las imágenes en la perspectiva de Johnson-Laird.

Las representaciones mentales, dentro de la Psicología Cognitiva, habitualmente se han estudiado en el ámbito de dos escuelas o planteamientos contrapuestos: aquellos que consideran que lo que la mente humana representa son proposiciones, por una parte, y los que defienden las imágenes como elementos representacionales que muestran rasgos característicos que las hacen distinguibles de las representaciones proposicionales, por otra.

Las proposiciones son representaciones abstractas articuladas en torno a cadenas de símbolos organizados de forma similar a la lingüística; son explícitas y discretas y representan el contenido ideacional de la mente (Greca, 2000). Suponen descripciones de series de entidades, situaciones, etc., de tal manera que el acceso a la información requiere la mediación de reglas formales de inferencia. De este modo, todas las propiedades y las relaciones relevantes entre sus elementos componentes han de ser explícitas (Rodríguez, 2000); en ese sentido, tienen carácter analítico y descomposicional, estableciéndose una relación arbitraria entre la representación y lo representado (Greca, 2000; Rodríguez, 2000).

Las imágenes implican un grado mayor de aproximación analógica a la realidad; incluyen información fundamentalmente visoespacial. *Las imágenes nos resultan más naturalmente representaciones mentales* (Greca, 2000, pág. 271); se trata de una representación concreta, a diferencia de las proposiciones. Las imágenes constituyen un modo propio de representación distinguible, pues, del que caracteriza a las representaciones proposicionales (Paivio, 1971, apud. Bajo y Caña, 1991, pág. 271; Kosslyn, 1980), si bien, como se ha expresado, autores como Pylyshyn (1973, 1981) muestran su desacuerdo con esta posición. El debate puede resumirse en dos puntos básicos (Greca, 2000, pág. 276):

- ¿Qué es exactamente una imagen, cuál es su naturaleza, qué mecanismos básicos están detrás de su operación?
- ¿Difieren de alguna forma de las representaciones proposicionales? ¿tienen algún significado funcional?

Para los proposicionalistas, la información visual se transforma en un formato proposicional, que es abstracto, para que se pueda almacenar. Según esta posición, la información proposicional se puede utilizar en la simulación de procesos y comportamientos analógicos. Así, las imágenes son epifenómenos, ya que no introducen nada nuevo y sólo tienen alguna función en el sentido de que el proceso de almacenamiento de información sea más fácil. Lógicamente, un imagista entiende la imagen como algo más que un epifenómeno y le da un rango diferente, contemplándola como un modo de representación diferenciado, de alto nivel. Éste es el sentido que le da Johnson-Laird (1983, 1996) a las imágenes; para él, éstas y los modelos mentales son esenciales en la cognición. Los distintos modos de representación (proposiciones, imágenes y modelos mentales) difieren no sólo en sus propiedades intrínsecas, como son estructura y contenido, sino también en la función que tienen y a la que atienden o para la que se generan (Greca, 2000). El propio Johnson-Laird (1983, págs. 147-148) aborda esta polémica, estableciendo la caracterización de ambos puntos de vista como se muestra en el siguiente cuadro (nº 1):

Cuadro nº 1: Comparación de planteamientos “imagistas” y proposicionalistas, según Johnson-Laird.

“Imagistas”	“Proposicionalistas”
1.- Los procesos mentales subyacentes a la experiencia de una imagen son similares a aquéllos subyacentes a la percepción de un objeto o pintura.	1.- Los procesos mentales que conducen a una cadena de símbolos que corresponde a una imagen son similares a aquéllos subyacentes a la percepción de un objeto o pintura.
2.- Una imagen es una representación coherente e integrada de una escena u objeto desde un punto de vista particular en el que cada elemento perceptible ocurre sólo una vez que todos los elementos semejantes sean simultáneamente disponibles y abiertos a procesos de percepción semejante para escurdiñarlos.	2.- Los mismos elementos o partes de un objeto pueden referirse por algunas proposiciones diferentes que constituyen la descripción del objeto. Una descripción semejante puede representarse como un conjunto de expresiones en un cálculo lógico (con acceso a un procedimiento general para hacer inferencias) o puede representarse en una red semántica.
3.- Una imagen es responsable de transformaciones mentales aparentemente continuas, tales como rotaciones o expansiones, en las que los estados intermedios corresponden a estados intermedios (o vistas) de un objeto actual experimentando la correspondiente transformación física. Por tanto, un pequeño cambio en la imagen corresponde a un pequeño cambio (o vista) del objeto.	3.- Una representación proposicional es discreta y digital pero puede representar procesos continuos por pequeños incrementos sucesivos de variables, tales como el aspecto del marco de referencia. Por tanto, un pequeño cambio en la representación podría corresponder a un pequeño cambio en la apariencia del objeto.
4.- Las imágenes representan objetos. Son analógicas en que las relaciones estructurales entre sus partes corresponden a las relaciones perceptibles entre las partes del objeto representado.	4.- Las proposiciones son verdades o falsedades de los objetos. Son abstractas en que no corresponden con cualquiera de las palabras o pinturas. Su estructura es no analógica de la estructura de los objetos que representa.

Es evidente que son entidades distintas analógicas/no analógicas y que no parece posible equiparar ninguna de ellas a la otra. Cabe, por tanto, un replanteamiento relativo a las representaciones como entidades mentales y eso es lo que hace Johnson-Laird (1983, 1987, 1990) al considerar que representamos el mundo a través de proposiciones, modelos mentales e imágenes. Parece conveniente determinar las diferencias entre ellas en aras de clarificar estos referentes teóricos manejados por el autor en sus explicaciones ya que *mi tesis es que los diferentes tipos de representación son lógicamente distinguibles al menos a nivel de análisis y, además, que existen como diferentes opciones para codificar información* (Johnson-Laird, 1983, pág. 146). Empecemos por distinguir brevemente entre representación proposicional y modelo. En la medida en que una representación proposicional es verbalmente expresable, estará sujeta a una estructura sintáctica. Las proposiciones son verdades o falsedades de los

estados de las cosas porque no son analógicas, no tienen carácter arbitrario, caracterizándose porque son discretas.

Al contrario de una representación proposicional, un modelo mental no tiene una estructura sintáctica elegida arbitrariamente, pero juega un papel representacional directo ya que es análogo de la estructura del correspondiente estado de cosas en el mundo – tal como es percibido o concebido (op. cit., pág. 156). ¿Y en qué se diferencian los modelos de las imágenes?. Las imágenes y los modelos mentales son, como vemos, analógicos y, por lo tanto, altamente específicos a diferencia de las proposiciones que no responden a estas características. Las imágenes son representaciones de aspectos perceptibles de una situación desde el punto de vista de un observador (Johnson-Laird, 1996, pág. 93).

En resumen, las proposiciones tienen estructura sintáctica similar a una sentencia o frase, ya que se rigen por las normas de los predicados. Las imágenes tienen la estructura de la situación – son analógicas –, pero reflejan o representan aspectos perceptibles desde el punto de vista del observador y no “todos” los aspectos; a pesar de esta subjetividad, tendrán, en todo caso, la estructura de la situación que representan. La estructura de los modelos mentales se articula en torno a tres conjuntos de elementos: entidades, propiedades de esas entidades y relaciones; son por ello más abstractos y es por eso por lo que no se restringen a una sola situación. En la medida en que las imágenes representan situaciones, no incluyen en sí mismas condiciones de verdad que permitan deducir fases anteriores y posteriores y tampoco admiten la negación; los modelos mentales, por su capacidad para operar con la abstracción, van a permitir el establecimiento de deducciones y de inferencias que dan poder explicativo y predictivo a su usuario.

Quedan así, pues, delimitadas brevemente las diferencias entre los tres tipos de representación (proposiciones, modelos mentales e imágenes), así como sus niveles de actuación (proposicional/analógico); así mismo, se ha mostrado el poder de los modelos mentales, tanto en términos de funcionamiento de la mente (como modos de representación más versátiles), como en la superación de la polémica comentada, relativa a los planteamientos imagistas/proposicionalistas. Teóricamente, al menos, las imágenes son modos de representación mental y ejercen en los procesos de procesamiento de la información un papel algo más que epifenoménico. Corresponde ahora ver si esto es cierto y hasta dónde podemos llegar con estos planteamientos en lo que al concepto célula se refiere (Rodríguez, 2000).

Utilizando como marco teórico el expuesto, se pretende analizar los dibujos y gráficos de los estudiantes, con objeto de establecer deducciones e inferencias sobre los posibles modelos mentales generados al hacerlos; a partir de ellos, se procura comprender el papel que ejercen las imágenes en su proceso de conceptualización.

Diseño de la investigación

La investigación global de la que el presente trabajo forma parte ha tenido por objeto identificar y tipificar los modelos mentales de célula construidos por el alumnado de COU a lo largo de un curso escolar completo. En este sentido, se ha procurado un esquema de análisis que permitiera establecer deducciones e inferencias sobre esos modos de representación, partiendo para ello de las producciones y verbalizaciones de los estudiantes, como representaciones externas. De este modo, se han generado modelos mentales desde la propia investigación sobre los posibles modelos mentales de célula de los jóvenes con los que se ha trabajado y, con

ello, se ha adquirido comprensión sobre los mismos. Dentro de esas representaciones externas que el alumnado ha aportado, como se deriva lógicamente de la fundamentación teórica expuesta, se han recogido instrumentos que permitieran determinar el uso, en su caso, de las imágenes en los procesos de aprendizaje que se generaban en estos estudiantes; hablamos, pues, de la forma de “ver” la célula del alumnado, de sus representaciones internas en términos icónicos.

Contexto

El contexto en el que se ha llevado a cabo la investigación se corresponde con las condiciones naturales de aula en la asignatura de Biología de COU (Curso de Orientación Universitaria previo a la Universidad), cuyos estudiantes tienen por término medio 17/18 años, durante el curso escolar 1996/97. La profesora titular de la asignatura ha actuado como investigadora, recopilando los datos correspondientes a partir de la propia práctica profesional a lo largo del curso escolar; su análisis e interpretación se han llevado a cabo en fecha posterior a la finalización del mismo. Se ha utilizado estudio de casos como metodología de indagación, ya que se ha mostrado adecuada para los fines propuestos. (Rodríguez y Moreira, 1999).

El centro en el que se ha desarrollado la experiencia es un centro comarcal de características urbano/rurales. Resultará necesario para entender los datos obtenidos saber que en lo que se refiere a contexto curricular (a la forma de organizar el contenido) se ha seguido una secuencia compleja convergente diferente a la habitual en los libros de texto y programas oficiales que nos lleva a analizar, previa introducción general, cada principio inmediato orgánico desde el punto de vista bioquímico, citológico y fisiológico. No es, pues, el planteamiento tradicional, articulado en torno a los niveles de organización de la materia viva. Lo que se pretende con la propuesta alternativa es que se trabajen aspectos estructurales y funcionales conjuntamente y de manera recurrente; así, por ejemplo, cuando se estudian los glúcidos, se tratan aspectos metabólicos que se retoman al abordar los lípidos, ya que se analiza cada uno de los principios inmediatos desde esos tres puntos de vista.

Los casos

Los casos indagados son los treinta y seis estudiantes que han cursado oficialmente la asignatura de Biología de COU y han terminado dicho curso escolar. Se ha considerado necesario que estos jóvenes desconocieran su condición de sujetos de investigación, pues lo que se pretendía es que respondieran sin estar sometidos a ninguna presión o condición externa que fuera más allá de lo que ocurre normalmente en dichas aulas.

Fuentes de datos

En el proyecto global de investigación se han usado trece instrumentos² distintos de recopilación de la información que constituyen las producciones y verbalizaciones de esos individuos, sus representaciones externas, para sobre ellas inferir, como se ha expresado, sus posibles representaciones internas ante cada uno de ellos. Para analizar el uso de las imágenes en esas representaciones, que es el objeto del presente trabajo, se han utilizado como instrumentos los cuestionarios inicial y final, así como la tarea de plasmar en un dibujo la estructura y el funcionamiento de una célula.

Los cuestionarios inicial y final tienen por objeto obtener información relativa a la selección y uso de conceptos y frases, así como la utilización de imágenes atendiendo en todas las cuestiones planteadas tanto a la estructura como al funcionamiento celular. En estos

² Las fuentes de datos utilizadas han sido: cuestionarios inicial y final (el mismo en ambas ocasiones), cinco exámenes, tres mapas conceptuales, un símil de la célula para su interpretación, un dibujo y una entrevista final.

cuestionarios se pide al alumnado en varias ocasiones que exprese de manera gráfica lo que se le demanda. Las respuestas a las mismas nos permiten inferir los elementos que el individuo maneja (verbales o icónicos) así como un cierto grado de comodidad en cada uno de ellos. Al tratarse del mismo cuestionario en ambos momentos, se recoge una información valiosa que permite establecer comparaciones y, con ello, valorar la evolución experimentada a lo largo del curso.

También con la intención de valorar la “imaginabilidad” se solicitó la elaboración de un dibujo que plasmara conjuntamente la estructura y el funcionamiento celular que no podía incluir explicaciones sino solamente recursos y aspectos gráficos y algunas palabras. Con este registro se pretendió determinar el uso de imágenes en la conceptualización de este contenido.

El cuestionario y la solicitud del diseño se presentan como anexo.

Procedimiento

Se han solicitado estas actividades de manera individual durante una sesión de clase en cada caso. La tarea demandada no se consideró instrumento de evaluación formal del rendimiento escolar; por ello, el clima en el que se ha desarrollado en las tres ocasiones ha sido distendido y sin la presión habitual de las actividades de calificación.

El siguiente cuadro (nº 2) muestra los criterios tenidos en consideración con respecto al análisis de estos dibujos, así como las categorías definidas en cada uno de ellos.

Cuadro nº 2: criterios definidos para el análisis de las imágenes presentadas por el alumnado, así como las categorías establecidas en cada uno de ellos.

Dibujos
CONCEPTOS
DISEÑO
de libro
(textuales, habituales, prototípicos)
elaboración personal
ESTRUCTURAS
identificación
identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases.
identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases y notaciones no verbales
identificación y funciones con uso de notaciones no verbales
COMPLEJIDAD
simples-estáticos
complejos-dinámicos

Resultados

En la investigación global de la que este trabajo forma parte, se ha considerado como hallazgo la detección y tipificación de cuatro modelos mentales de célula diferentes generados como representaciones en las mentes de estos jóvenes. Se insiste en que son modelos que se infieren de sus producciones y verbalizaciones, ya que se trata de representaciones internas. Estos modelos mentales se caracterizan como sigue:

- Modelo mental A: construcción de un modelo de estructura celular pero no de funcionamiento. Imagen única y estática. No establecimiento de inferencias ni deducciones entre estructuras y funcionamiento .

- Modelo mental B: construcción de un modelo de estructura de la célula y otro de su funcionamiento, ambos independientes, o sea, un modelo dual. Imagen estática. Establecimiento de pocas y pobres inferencias y deducciones entre estructura y funcionamiento.
- Modelo mental C: construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. No uso o no generación de imágenes o, en caso de generarlas, éstas son estáticas.
- Modelo mental D: construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. Imagen dinámica-compleja y/o uso de varias imágenes.

La correspondencia de los modelos mentales con lo que se deriva del análisis de los materiales recopilados se hizo “a posteriori”, una vez que se llevaron a cabo varias aproximaciones al material obtenido. Esa relación se muestra en el cuadro nº 3 en lo que se refiere a los diseños y dibujos; se han tenido en cuenta como criterios la naturaleza de los diseños, el proceso plasmado con las estructuras y su complejidad, definiéndose las categorías relativas a cada uno de ellos, que se plasman en dicho cuadro.

Cuadro nº 3: Relación entre los modelos mentales detectados y los criterios y categorías definidos para los dibujos.

		Modelo A Construcción de un modelo de estructura pero no de funcionamiento; imagen única y estática; no establecimiento de inferencias.	Modelo B Construcción de un modelo de estructura y otro de funcionamiento; imagen estática; pocas o ninguna inferencia de estructuras a funcionamiento.	Modelo C Construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento; no uso o generación de imagen (o no cambio en su imagen – estable –); establecimiento de inferencias y deducciones consistentes entre estructura y funcionamiento; causalidad.	Modelo D Construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento; imagen dinámico y/o uso de varias imágenes; establecimiento de inferencias y deducciones consistentes entre estructura y funcionamiento; causalidad.
	Diseño	Del libro	Del libro	Del libro	Elaboración personal
Dibujos	Estructuras	Identificación	Identificación y comentarios de funciones con uso de palabras y frases.	Identificación y comentario de funciones con uso de palabras y frases y notaciones (algunas) no verbales – flechas –.	Identificación y funciones con palabras y frases y con notaciones no verbales (ampliaciones, flechas, etc)
	Complejidad	Simple-estático	Simple-estático	Simple-estático	Complejo-dinámico

Haciendo uso de esta caracterización como esquema de análisis parcial relativo a los dibujos, se ha asignado un modelo mental subyacente a todas y cada una de las producciones icónicas que estos jóvenes han elaborado. Los resultados de dicha identificación y tipificación se presentan en el cuadro nº 4, en la que, además, se ha incluido el modelo mental final asignado a cada estudiante al finalizar el curso escolar (utilizando todo el material disponible) y como valoración global de su forma de pensar la célula a lo largo del mismo.

Como generalizaciones destacables de los resultados obtenidos, puede deducirse que en el cuestionario inicial, de los treinta y seis estudiantes, dos de ellos no hacen los dibujos requeridos; veintisiete jóvenes hacen diseños que se consideran como producto de un modelo mental A y siete realizan sus gráficos interpretados como consecuencia de un modelo mental B.

Comparando esto con el cuestionario final que, como se recordará, era similar, podemos observar que en esta ocasión son veintitrés los jóvenes que hacen dibujos atribuidos a un modelo mental A, seis los hacen interpretados como consecuencia de un modelo mental B, cinco presentan gráficos relacionados con un modelo mental C como sustrato, uno muestra un diseño tipificado como una forma de visualizar la célula correspondiente con un modelo mental D y uno con un modelo C/D.

De este modo, se observa una tímida evolución ya que aparecen 7 estudiantes que han hecho avanzar su representación en términos icónicos, pero los diseños imperantes siguen siendo librescos, de identificación y simples-estáticos. Como se ve, el uso de imágenes complejas y dinámicas en esos procesos de aprendizaje es minoritario y posiblemente se ve influido por los esquemas gráficos que han captado en edades tempranas y que difícilmente se modifican.

Incluso cuando se planteó de forma más directa hacer un dibujo de la misma que atendiera tanto a su estructura como a su funcionamiento (el diseño gráfico que constituye el segundo registro), para analizar el modo de manejar las imágenes mentales de célula, son quince estudiantes los que sólo atienden a su morfología y estructura, no mostrando nada que dé cuenta del comportamiento celular. Sólo siete estudiantes dan indicios en esta tarea de manejar imágenes en su mente que traten específicamente con “una célula en acción”, lo que muestra las dificultades que el alumnado está teniendo para desarrollar estos aprendizajes. Efectivamente, estos datos muestran que resulta difícil para los estudiantes modelar una célula en acción, en términos icónicos, o sea, visualizar su funcionamiento y relacionar las estructuras que conocen (en términos descriptivos) con su comportamiento real.

De los ciento seis registros de dibujos que se han solicitado a los estudiantes a lo largo del curso, sesenta y cuatro se corresponden con gráficos que se han supuesto como la manifestación de un modelo mental A, lo que supone un 60,37% del total, un porcentaje muy alto de ocasiones con una poca capacidad de visualización o modelización de una célula viva. Veintidós registros han plasmado un modelo mental subyacente B o dual, según el cual se piensa o bien en su estructura o bien en su funcionamiento pero sin integración, lo que supone un 20,75%. Sólo en ocho ocasiones en cada caso se han generado diseños que respondan a modelos mentales C o D y, en este último caso, que refleja la capacidad de pensar una célula en términos de imágenes, el porcentaje es muy bajo (7,54%), lo que muestra las dificultades de comprensión en lo que se refiere a procesos causales.

Cuadro nº 4: resultados individuales obtenidos en la determinación y tipificación de los modelos mentales subyacentes a las tareas icónicas demandadas.

Estudiantes	Cuestionario inicial	Dibujo	Cuestionario final	Modelo final
1. Victor	A	A	A	A
2. Alvaro	B	D	C	C
3. Laura	A	A	A	A/B
4. Jezabel	A	A	A	A
5. Bibiana	A	B	A	C
6. Amanda	A	C	B	B
7. Oscar	A	A	B	B
8. Nieves	A	A	A	B
9. Clara	A	B	A	B
10. Remedios	B	D	A	C
11. Begoña	A	A	A	A
12. Tati	A	B	A	B
13. Virtudes	A	B	A	A
14. Gloria	A	B	A	A
15. Yanira	A	A	A	C
16. Miguel	A	A	A	A
17. Virginia	A	B	A	B
18. Gustavo	A	A/B	A	A/B
19. Julia	B	B	B	B
20. Joel	B	A	C	A/B
21. Marta	B	D	C	D
22. Loreto	A	B	B	B
23. Carla	-	A	A	B
24. Andrea	A	C	B	B/C
25. Sara	B	B	B	C
26. Yaisa	B	B/C	A	B
27. Pascual	A	A	A	A/B
28. Constanza	A	D	C	C
29. Sagrario	A	A	A	C
30. Pastor	A	C	A	B
31. Alejandro	A	D	D	D
32. Angeles	A	A	A	A
33. Genoveva	A	D	C	D
34. Esteban	A	A	A	B
35. Alfonso	A	D	C/D	D
36. Yuzma	-	A	A	A

Del total del alumnado investigado, nueve estudiantes elaboran dibujos que responden al mismo modelo mental en las tres ocasiones (A) y, además, al mismo que se le ha asignado como interpretación global y modelo final; tres de ellos terminan este curso con un modelo mental intermedio A/B. Estos alumnos, como muestran los datos, no parecen pensar más que una célula muy pobre que visualizan también del mismo modo.

Tres alumnos muestran gráficos coincidentes con modelos mentales A, es decir, librescos, con identificación solamente y simples-estáticos, siendo su modelo mental final B o dual (sugerido por la información aportada en el total de los instrumentos utilizados como registros), lo que muestra que efectivamente no operan o razonan con imágenes el contenido celular.

Dos estudiantes muestran al finalizar el curso un modelo mental causal discursivo de la célula (C), lo que se corrobora con los modelos mentales inferidos para las actividades icónicas que, como se puede observar, son muy simples y limitadas (A); esto reafirma que efectivamente estos dos jóvenes no piensan la célula con imágenes, no la razonan con las mismas,

sino que han adquirido comprensión con respecto al contenido celular pero operando con una muy pobre imagen del mismo, que, por otra parte, se corresponde con las reflejadas en los libros de texto.

Se observan dos estudiantes también que muestran haber trabajado en términos icónicos con modelos mentales A en dos ocasiones y que se han considerado al finalizar el curso como modelos mentales A también; cinco personas han elaborado gráficos que se corresponden con modelos mentales A en dos ocasiones también y al finalizar el curso operan con modelos mentales B, y una con modelo mental C, aun habiendo trabajado mentalmente en dos ocasiones con modelos mentales A en términos icónicos.

De los cuatro estudiantes que generan modelos mentales D (causal “imagístico”) al finalizar el curso escolar, dos de ellos operan con imágenes también en dos de los tres registros demandados específicamente como tareas gráficas. Los otros dos tienen un comportamiento un tanto más irregular al respecto, pero evidencian el uso de imágenes mentales de célula en sus razonamientos.

En los restantes estudiantes se observa una mayor variabilidad en lo que se refiere al modelo mental asignado como sustrato de los dibujos que han realizado, pero en todos esos casos se observa que el uso de imágenes celulares en sus estructuras cognitivas debe ser muy limitado y que se plasma básicamente la célula que reflejan los materiales curriculares.

Se muestran a continuación algunos ejemplos de diseños elaborados por los estudiantes, que se han considerado como productos de los modelos mentales subyacentes a su realización en las Figs, nº 1, 2, 3 y 4. Se han seleccionado como muestras de esos cuatro modos diferentes de representar la célula que se han encontrado en la investigación, analizados en esta ocasión desde el punto de vista icónico. Se insiste en que se ha hecho un trabajo de inferencia y de deducción de esos modos de pensar la célula partiendo de las producciones externas de los estudiantes.

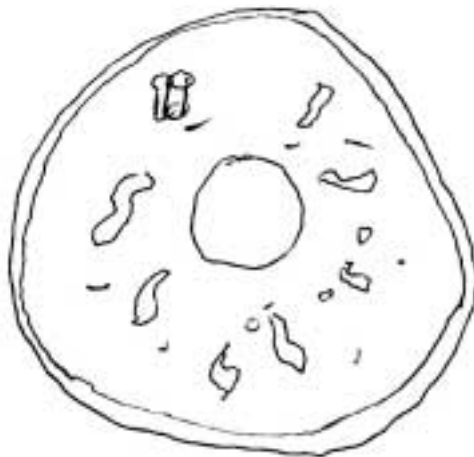


Fig. nº 1: Ejemplo de un dibujo considerado como consecuencia de un modelo mental A.

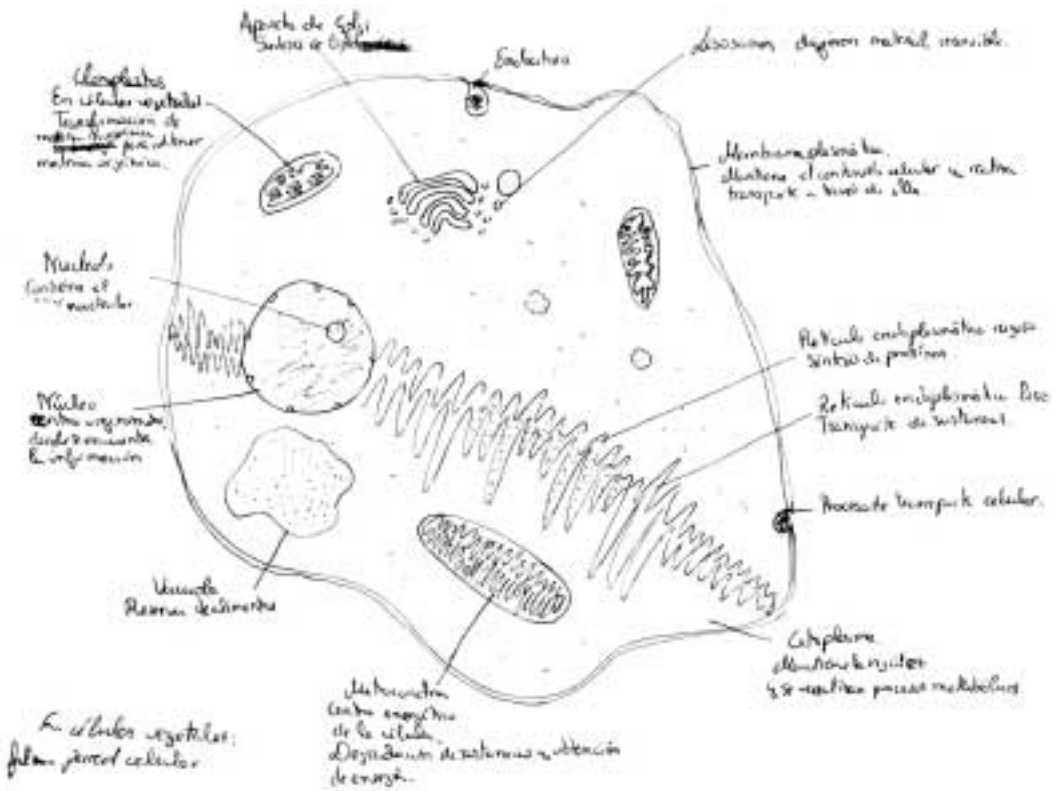


Fig. nº 2: Ejemplo de un diseño caracterizado como producto de un modelo mental B.

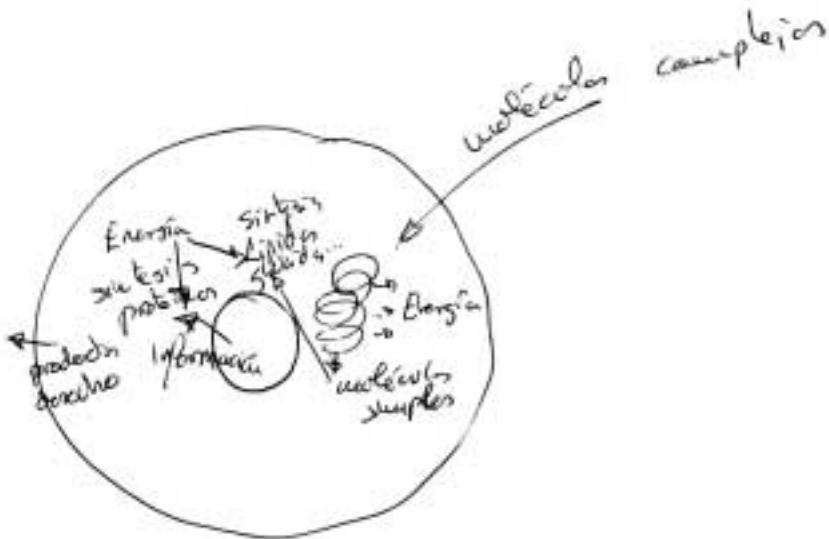


Fig. nº 3: Ejemplo de un dibujo tipificado como expresión de un modelo mental C.

del uso y naturaleza de los diseños realizados; con esta información es con la que se han podido establecer explicaciones y predicciones, como se ha observado, relativas al papel ejercido por las imágenes mentales generadas por estos jóvenes en su proceso de conceptualización de célula. Así, como señalan los resultados y ejemplos mostrados, han podido determinarse los rasgos percibidos o considerados pertinentes de la situación “célula” cuestionada, como Johnson-Laird (1996) expresa; el procedimiento planificado permite, pues, establecer deducciones e inferencias sobre esos modos de visualizar o imaginar la célula, partiendo de sus formas de plasmarla en dibujos. Esos rasgos manifestados por el alumnado son básicamente descriptivos y estructurales, encontrándose pocos casos de dinamismo o funcionamiento celular en sus diseños.

Hacer el dibujo requiere, como se ve, cierto grado de “imaginabilidad” o de modelización, pero no significa que se tenga seguridad de que el individuo esté experimentando una imagen mental en ese proceso, ya que puede estar evocando simplemente algo ya visto. Como ha quedado de manifiesto, imagen mental es una representación interna y un dibujo o gráfico realizado es una representación externa. Tampoco la percepción de las imágenes o dibujos contenidos en los libros de texto necesariamente deriva en una imagen mental. Se recordará que imagen mental para Johnson-Laird (1983, 1996) es una vista, un modo de representar objetos relevantes de la situación. A juzgar por los datos y ejemplos aportados, parece desprenderse que existe una relación entre esas imágenes externas aportadas por los estudiantes – sus dibujos –, que deben tener su origen en sus representaciones internas (no necesariamente imágenes mentales) ya que plasman lo que han considerado relevante de su percepción, y los diseños, dibujos y gráficos que presentan los libros de texto, dado que mayoritariamente la percepción visual de célula es libre. Se deduce de lo anterior, que esa forma de reflejarla en los libros condiciona los procesos mentales y, por tanto, su conceptualización.

Como se deriva de los datos obtenidos, parece que el esquema gráfico que ofrecen los libros de texto ha ejercido una profunda influencia en los modos de representación interna que genera el alumnado con respecto a la célula. Este esquema podría estar ejerciendo una presión que actúa como freno en la construcción de modelos mentales más explicativos y predictivos con respecto a lo que una célula es y representa en la materia viva y en su comprensión.

Otra conclusión interesante, si observamos el modelo mental asignado al finalizar el curso, es que efectivamente se ha producido aprendizaje, se han construido modelos mentales que han dotado a estos estudiantes de una comprensión mayor, pero en ese proceso el uso de imágenes mentales de célula es limitado y restringido a su estructura.

Pero célula es un concepto escolar, académico, no es cotidiano, de sentido común. ¿De dónde derivan, entonces, esos diseños pasivos, estáticos, simples que los jóvenes muestran de célula y que sólo atienden a su estructura? De los materiales curriculares utilizados en las aulas. El uso sistemático de gráficos y diseños puede ejercer una influencia negativa en los procesos de procesamiento de la información y célula o, cuanto menos, lo que estos estudiantes han exteriorizado de la misma, parece ser un buen ejemplo; esas formas icónicas, por lo que se ve, están ejerciendo una influencia negativa en la comprensión biológica al frenar o, incluso, imposibilitar la imaginabilidad, la modelización, o sea, la capacidad de pensar en una célula en acción, viva, y no simplemente una estática y pobre estructura que, efectivamente, no puede dar cuenta de ese carácter dinámico que la define como unidad de vida y que es lo que los libros de texto, tanto universitarios como de enseñanza secundaria presentan, como Angulo (1999, 2000) expresaba. El tratamiento dado al contenido en esta ocasión no ha respondido a los niveles de organización de la materia viva habituales en esos libros y, aun así, los

resultados muestran estas dificultades que es razonable pensar que serían mayores con una organización tradicional del mismo.

El objeto del presente trabajo no ha sido la utilización sistemática de las imágenes en el alumnado; tampoco lo es el análisis riguroso de la influencia que ejercen los gráficos que presentan los libros de texto, sino la posible determinación, por inferencia, de los modelos mentales subyacentes a sus diseños. Ambos tópicos, pues, deberían ser motivo de investigación en lo que al concepto célula se refiere. Podría pensarse que no es tan evidente que se produzcan mejoras en los procesos de razonamiento cuando se opera con imágenes, como Johnson-Laird (1996) sugiere; al menos, cabe la duda sobre la eficacia de las representaciones icónicas externas que están usando los materiales curriculares manejados por los estudiantes en el proceso de construcción de imágenes mentales. No parece desprenderse de los datos expuestos que se adquiera una mejor comprensión por el uso de esquemas y gráficos en lo que a contenido celular se refiere; probablemente esos simples dibujos que se han adquirido muy pronto en la escolaridad no faciliten la atribución de significado biológico consistente al concepto célula, como Reid (1990) ya apuntaba, sino que, como se ha expresado ya, estén actuando como obstáculo epistemológico.

Se derivan, pues, consecuencias pedagógicas que conduzcan a un replanteamiento de dichos contenidos y de la forma de abordarlos en el aula a la luz de lo que supone la información obtenida sobre los modelos mentales de célula que genera el alumnado, de su interpretación sobre los mismos y de la comprensión que acerca de esos modos de pensarla y procesarla ha facilitado, del sustrato psicológico, en suma, que justifica esas respuestas y producciones. En todo caso, es evidente que se requiere investigación específica relativa a estas relaciones modelos mentales/organización del contenido y modelos mentales/modelo metodológico.

En este sentido, y en aras de mejorar los procesos de aprendizaje y de comprensión del concepto célula, se desprende de lo expuesto la necesidad de reflexionar sobre los dibujos y esquemas que se aportan en su enseñanza; los diseños habituales en los libros de texto y materiales curriculares no ha facilitado la adquisición de una entidad celular dinámica, funcional, activa, que es lo que la caracteriza, como muestran los resultados. Puede incluso pensarse que estos dibujos han podido estar ejerciendo un papel de obstáculo en dicho proceso de aprendizaje. Cabe, pues, cuestionarse la validez de los mismos y buscar otros modos de plasmar la célula que faciliten su visualización y modelización en las mentes de los estudiantes, de modo que puedan comprenderla y aprenderla de manera más eficaz.

ANEXO: Fuentes de datos.

A: Cuestionario:

NOMBRE : GRUPO : FECHA N°

- 1.- ¿Qué interés tiene estudiar la célula para ti?
- 2.- ¿Cómo podemos representar una célula? ¿Cómo haríamos un dibujo de la misma?
- 3.- Si tuviéramos que decir con tres frases lo que es una célula ¿qué diríamos?
 - a:
 - b:
 - c:

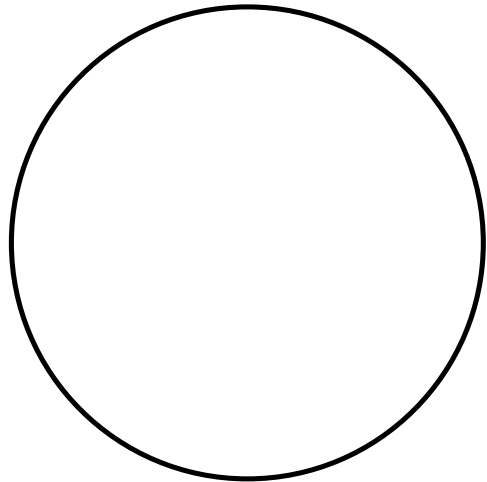
¿Y si tuviéramos que decir cómo funciona?

- a :
- b :
- c :

¿Y si tuviéramos que dibujar cómo funciona?

4.- ¿Qué le hace falta a una célula para serlo? ¿Qué le hace falta para ser físicamente una célula? ¿Y qué le hace falta para funcionar como una célula?

5.- Si lo siguiente fuera una célula ¿qué pondrías dentro?



6.- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

B: solicitud de diseño:

Haz un dibujo que plasme la estructura y el funcionamiento de una célula.

Referências

ALBERTS, B. et al. *Biología molecular de la célula*. Barcelona: Omega, 1986. 1232 p.

ANGULO, E. La imagen de la célula: evolución de la imagen de la célula en los textos científicos. *Bio: revista del Colegio oficial de biólogos*, Madrid, n. 18, p. 4-7, 1999.

_____. La imagen de la célula en los libros de texto de enseñanzas no universitarias. *Bio: revista del Colegio oficial de biólogos*, Madrid, n. 19, p. 2-4, 2000.

BAJO, M.; CANÁS, J. Las imágenes mentales. In: RUIZ VARGAS, J. *Psicología de la memoria*. Madrid: Alianza Editorial, 1991. p. 267-288.

CABALLER, M. J.; JIMÉNEZ, I. Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.10, n.2, p. 172-180, 1992.

_____. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la Educación General Básica. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.11, n.1, p. 63-68, 1993.

DÍAZ DE BUSTAMANTE, J.; JIMÉNEZ ALEXANDRE, M.P. ¿Ves lo que dibujas ?. Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.14, n.2, p. 183-194, 1996.

_____. ¿Ves lo que dibujas ? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, p. 161-162, 1993. N° Extra.

- DÍAZ, J. et al. Imaxes das células. *Boletín das ciencias*, p. 200-204, 1993.
- EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. *Cognitive Psychology*. a student's handbook. London: Erlbaum, 1991.
- GRECA, I. Representaciones mentales. In: MOREIRA, M. A.; CABALLERO SAHELICES, C.; MENESES VILLAGRÁ, J. *I Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. Burgos: Universidad de Burgos, 1991.
- HOST, V. Bosquejo sobre la historia de la teoría celular. In: GIORDAN, A. et al. *Conceptos de Biología 1*. Barcelona: Labor/MEC, 1988. 205 p.
- JOHNSON-LAIRD, P. *Mental models*: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Cambridge: Harvard University Press, 1983. 513 p.
- _____. Modelos mentales en ciencia cognitiva. In: NORMAN, D. *Perspectivas de la ciencia cognitiva: cognición y desarrollo humano*. Barcelona: Paidós, 1987. p. 179-232.
- _____. *El Ordenador y la mente*: introducción a la Ciencia. Barcelona: Piados Iberica, 1990.
- _____. Images, models and propositional representations. In: DE VEGA, M. (Ed.). *Models of visuospatial cognition*. Oxford: University Press, 1996. p. 90-127.
- KOSSLYN, S. M. *Image and mind*. Cambridge: Harvard University Press, 1980.
- MAIENSCHEIN, B. From presentation to representation in Wilson, E. B. *The Cell. Biology and Philosophy*, Dordrecht, v.6, n. 2, p. 227-254, 1991.
- PYLYSHYN, Z. W. What minds eye tells minds brain: a critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, Washington, v. 80, n.1, p. 1-24, 1973.
- _____. The imagery debate: analog media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, Washington, v. 88, n.1, p. 16-45, 1981.
- REID, D. The role of pictures in learning biology: Part 1, perception and observation. *Journal of Biological Education*, London, v.24, n.3, p. 161-172, 1990.
- _____. The role of pictures in learning biology: Part 2, picture-test processing. *Journal of Biological Education*, London, v.24, n.4, p. 251-258, 1990.
- REID, D. J. The picture superiority effect and biological education. *Journal of Biological Education*, London, v.18, n.1, p. 29-36, 1984.
- REID, D. J.; MILLER, G. J. A. Pupils' perception of biological pictures and its implications for readability studies of biology textbooks. *Journal of Biological Education*, London, v.14, n.1, p. 59-68, 1980.
- RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. *Modelos mentales de célula*: una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. 2000. Tese (Doutorado) - Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento, Universidad de La Laguna, 2000.
- _____. La concepción científica de célula para la enseñanza de la biología: una reflexión aplicable a la escuela secundaria. *Revista de Educación en Biología*, Córdoba, v. 5, n.1, 2002.
- RODRÍGUEZ PALMERO; MOREIRA, M.A. Modelos mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 4, n.2, 1999. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>

**Artigo recebido em dezembro de 2002 e
selecionado para publicação em agosto de 2003.**