

LA CÉLULA REAL VS. EL MODELO DE CÉLULA: UNA TENSIÓN EPISTEMOLÓGICA CON IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Lydia Galagovsky, Natalia Ospina Quintero

Instituto CeFIEC – FCEN – Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina

Graciela Merino

Facultad de Odontología. Universidad Nacional de La Plata. La Plata. Argentina.

RESUMEN: En el presente trabajo se discute el concepto de “modelo de célula” respecto del concepto de “célula real”, y se analizan las derivaciones didácticas provenientes de la falta de tal discusión epistemológica, indagando las visiones de estudiantes de profesorado que se enfrentan al uso de un videojuego, llamado KOKORI, cuyo escenario principal recrea una célula eucariota.

PALABRAS CLAVE: célula eucariota, modelo, representación artística.

OBJETIVOS: Indagar acerca de qué visiones sobre la tensión entre modelo de célula y una célula real se suscitan en los estudiantes de profesorado (EsP) a partir de la interacción con el videojuego (VDJ) KOKORI y reflexionar sobre el impacto didáctico de tales visiones.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

¿Cómo conocemos los seres humanos? ¿Qué diferencias en el procesamiento de información específica tiene lugar en mentes expertas o novatas en algún tema? ¿Cómo se especifican esas diferencias cuando se trata de comprender modelos? Estos cuestionamientos están involucrados en la investigación propia de la didáctica de las ciencias, y diferentes marcos teóricos, tanto de la psicología cognitiva como de la epistemología de las ciencias, confluyen en la necesaria construcción de consideraciones para obtener respuestas apropiadas a estas profundas preguntas.

La enseñanza de modelos desafía a los docentes y a los libros de texto. La introducción de TIC en la escuela plantearía, así mismo, la necesidad de discutir epistemológicamente este desafío cuando se utilizan modelos en VDJ educativos, tales como KOKORI¹ (biología), DRAGONBOX² (matemáticas) y SIMPLE MACHINES³(física), etc.

1. <http://www.kokori.cl/>

2. <http://dragonbox.com/>

3. <http://www.simplemachines.org/>

¿Qué son los modelos?

La polisemia del concepto modelo merece desde la didáctica de las ciencias una amplia discusión, ya que hay acepciones que pueden asimilarse a “un modelo de”; “un modelo para”, “un modelo porque”, etc. (Galagovsky, 2011). Considerando la propuesta de entender que un modelo científico es un conjunto de *herramientas de representación teórica del mundo, auxiliares para explicarlo, predecirlo y transformarlo* (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001), cabe aún discutir las posibles diferencias y similitudes entre el concepto de modelo aplicado a temas de química, física, biología, geología o ciencias de la atmósfera.

Galagovsky y colaboradores (2009, pp 957) han planteado particularidades para los modelos de la disciplina química; ya que éstos son exclusivamente interpretaciones de nivel simbólico que explican fenómenos macroscópicos mediante la construcción *ad hoc* de entidades simbólicas (Galagovsky y colaboradores, 2003, pp 109).

Los modelos en biología y en física, en cambio, serían de una naturaleza epistemológica diferente a la de la química, por cuanto hay en estas disciplinas no sólo fenómenos macroscópicos, sino también entidades macroscópicas reales. Sin embargo, la biología molecular se asemejaría al problema de modelización que presenta la química.

Breve historia de representaciones de célula

La construcción de los modelos científicos en la disciplina biología celular reviste de una particularidad: la posibilidad de contar con *representaciones instrumentales o representaciones artísticas* (Galagovsky y colaboradores, 2009). Las representaciones instrumentales son imágenes obtenidas a partir de la mediación de un instrumento (microscopios de varios tipos). Una representación instrumental implica un recorte de la realidad ya que se encuentra intervenida tanto por el instrumento como por los protocolos de preparación de las muestras; por ese motivo, la imagen que finalmente captura el ojo humano presenta únicamente algunas características de un referente teórico mucho más complejo.

Respecto del concepto biológico de célula, los libros de texto, manuales y TIC utilizan *representaciones artísticas* (Galagovsky y colaboradores, 2009) para referirse -desde el lenguaje gráfico- a algunos aspectos del complejo *modelo científico de célula*. Estas representaciones se encuentran plagadas de códigos gráficos que a través del tiempo se han convertido en dibujos más o menos estereotipados. Estos dibujos que no provienen de imágenes de microscopía, ni intentan recuperar la variabilidad morfológica y funcional de los múltiples tipos de células animales existentes, llegan a los estudiantes en el contexto de ciencia escolar como un “modelo de célula eucariota”. Así, tal como se muestra en la Figura 1, en la mayoría de las representaciones gráficas que se encuentran en libros y manuales, el dibujo es bidimensional y se acompaña de colores específicos para diferenciar las organelas.

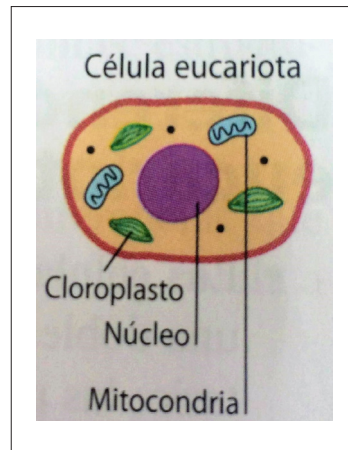


Fig. 1. Representación artística de célula eucariota (Bisheimer, 2008 pp 36) presentado en un libro de segundo año (escuela secundaria argentina).

La Figura 2, es un dibujo extraído de un libro de biología -quinto año escuela secundaria argentina- que se utiliza para sustentar que existe una escala de complejidad creciente que se continúa hasta conformar la unidad celular. Este tipo de representaciones no explicitan, generalmente, las dimensiones relativas de las entidades, ni los códigos gráficos utilizados (Galagovsky y colaboradores, 2009).

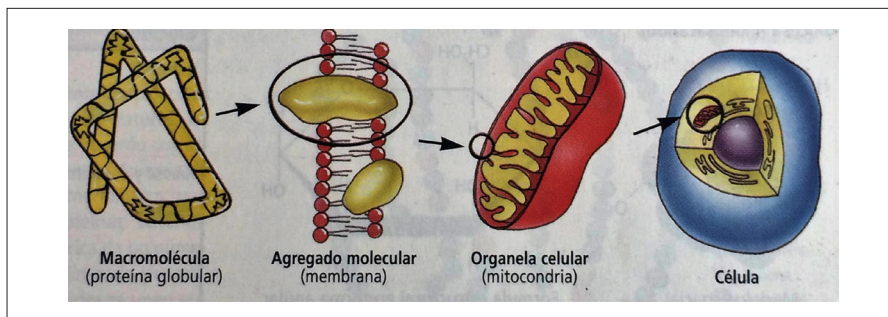


Fig. 2. Representación artística que refiere a las relaciones de complejidad creciente que terminan en la formación de una célula eucariota (tomada de Cuni-glio y colaboradores, 1998 pp 57).

En la Figura 2 se advierte un efecto óptico de proyección para simbolizar el volumen de algunas de las entidades representadas.

El VDJ Kokori

La Figura 3 es una captura de pantalla tomada del VDJ KOKORI en funcionamiento, cuyo escenario es una representación artística de un modelo de célula eucariota, por cuanto no se trata de una célula de algún tejido especializado.

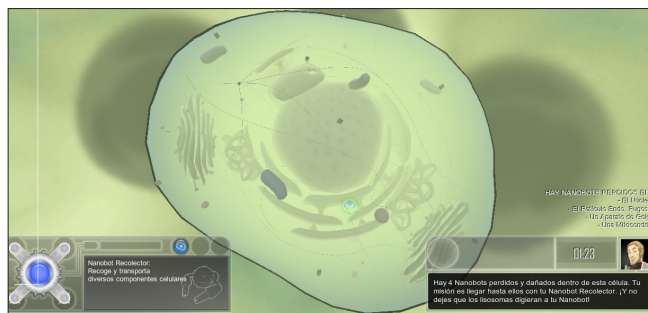


Fig. 3. Captura de pantalla de la representación de célula en el VDJ KOKORI.

En este escenario la célula es tridimensional, con una membrana celular que está en leve movimiento continuo. En ningún caso en el VJD se explicitan códigos gráficos. La visión que tiene el videojugador (vdjedor) es desde el citoplasma, en el cual se puede adentrar para observar más de cerca el sistema de endomembranas en el que los organelos se encuentran unidos, a excepción de los lisosomas y las mitocondrias.

El VDJ plantea desafíos que se desarrollan en siete misiones. Cada misión enfatiza algún problema o proceso celular que el vdjedor debe resolver con la ayuda de pequeñas naves, denominadas nanobots. Estos dispositivos tienen el acecho permanente de lisosomas, que los detectan, y los destruyen, a menos que el vdjedor pueda esquivarlos y así completar la misión.

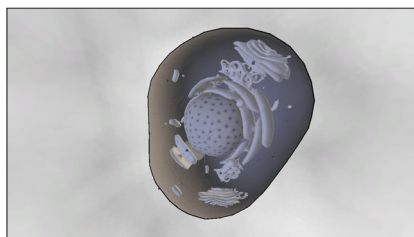
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Se trabajó con un total de 34 EsP de química y biología pertenecientes a tres profesados de gestión pública (dos de Argentina y uno de Colombia). Los participantes en su totalidad habían aprobado más de los dos tercios de sus respectivas carreras y un 10% se encontraba ya ejerciendo la docencia en escuelas secundarias.

Los EsP interactuaron libremente con el VDJ KOKORI durante dos horas (en promedio), y, luego, se les solicitó que completaran por escrito un cuestionario en el cual se los indagaba sobre diferentes cuestiones de biología celular y de su didáctica, de tal forma de poner en evidencia sus visiones epistemológicas. Algunas preguntas del cuestionario escrito referidas a estas cuestiones fueron:

Cuadro 1. Pregunta del cuestionario referida a indagar acerca de la tensión entre modelo de célula y célula real

*La siguiente imagen es el primer "pantallazo" que se nos muestra en el juego de la célula:



Por favor, describe la imagen con tus palabras y explica todo lo necesario para que otra persona entienda de qué se trata la imagen. Por ejemplo:
¿Por qué la forma? ¿Es plana? ¿Se ve directamente lo de adentro? ¿Por qué los colores, por qué las formas? ¿Qué hay entre esas estructuras?)

Posteriormente, voluntariamente el 50% de los participantes (17 EsP) accedieron a ser entrevistados. Mediante la entrevista semiestructurada se indagaron los significados dados por cada entrevistado a lo que había escrito al contestar el cuestionario.

A continuación, las regularidades encontradas en la población se categorizan globalmente, tanto para el cuestionario como para la entrevista posterior, ya que no se encontraron diferencias significativas.

Dado que las reflexiones epistemológicas entre modelo de célula y célula real son un campo nuevo de investigación (Lozano y colaboradores, 2016), la expectativa no era encontrar referencias directas a esta tensión. Por lo tanto, los instrumentos de indagación tenían el objetivo de relevar en las expresiones discursivas de los participantes sus conocimientos o reflexiones, para poder, a partir de ellas, interpretar sus respectivos modelos mentales subyacentes (Galagovsky y colaboradores, 2009). Las preguntas de la entrevista estaban dirigidas a complementar sus eventuales apreciaciones epistemológicas con respecto a dicha tensión, que no hubieran aparecido explicitadas en las respuestas escritas del cuestionario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las respuestas escritas para responder a las preguntas consignadas en el Cuadro 1, fueron en su gran mayoría de tipo descriptivo. En total se obtuvieron 101 opiniones, que se categorizan en la Tabla 1.

Los resultados de la Tabla 1 muestran que sólo un 5% de los EsP menciona la palabra “modelo”. Dada esta escasa referencia espontánea y explícita de los EsP las entrevistas individuales posteriores tenían el objetivo de indagar la toma de conciencia, o no, acerca de la tensión epistemológica entre modelo de célula vs. célula real.

Tabla 1.
Porcentaje de respuestas de los EsP frente a las preguntas del Cuadro 1

<i>CATEGORIZACIÓN DE LAS EXPRESIONES ESCRITAS</i>	<i>PORCENTAJE</i>
Utilizan la palabra <i>modelo</i> para referirse al escenario del KOKORI	5%
Enuncian lo que hay en el espacio intracelular	53% en total, incluye: 46%: menciona organelas 3%: menciona espacio vacío. 3%: menciona aire 1%: menciona nanobots.
Enfatizan en el carácter 3D del escenario	42%

Los entrevistados produjeron 55 respuestas. En la Tabla 2 se consignan categorías para estas respuestas, que permitieron generar cuatro grupos diferentes (A-D).

Tabla 2.
Resultados de las entrevistas sobre
la eventual toma de conciencia de los EsP sobre la tensión entre modelo de célula vs. célula real

<i>DESCRIPCION DE CATEGORÍAS</i>	<i>PORCENTAJE</i>	<i>CONCLUSIONES PARCIALES</i>
Grupo A Respuestas que mencionaban la palabra “modelo”.	8% total, que incluía: 3%: mencionó que KOKORI es un modelo que no contempla los tipos de células. 5%: mencionó que KOKORI es un modelo ideal, pues que no contempla los tipos de células.	Estas respuestas mostraron cierta toma de conciencia implícita sobre la tensión modelo de célula vs. célula real, pero no hicieron planteos epistemológicos explícitos.
Grupo B Respuestas que señalaban la palabra “abstracto”	14%: sostuvo que el KOKORI permite imaginar la célula, que es un referente abstracto. Valoraron la imagen 3D como aporte didáctico valioso.	Estas respuestas no mostraron toma de conciencia sobre la tensión modelo de célula vs. célula real Estas respuestas no mencionaron la palabra “modelo”, ni la referencia a que el escenario de KOKORI es una representación artística. La referencia al adjetivo “abstracto” sugiere una visión epistemológica ingenua o superficial.
Grupo C Respuestas que señalaban falencias en las representaciones del KOKORI.	17%: sostuvo que las imágenes del KOKORI no concordaban con las aprendidas por ellos	Estas respuestas no mostraron toma de conciencia sobre la tensión modelo de célula vs. célula real. Estas respuestas advierten que en este grupo se produjeron aprendizajes inmovilizados, en los que la concepción de célula debía estar representada en dibujos, tal como ellos los habían estudiado.
Grupo D Respuestas que insistían sólo en comparar la representación del KOKORI con otras.	30% sostuvo las imágenes de KOKORI son similares a la de libros y manuales. Valoraron la imagen 3D como aporte didáctico.	Estas respuestas no mostraron toma de conciencia sobre la tensión modelo de célula vs. célula real Ningún entrevistado de este grupo mencionó que todas las representaciones artísticas tienen códigos que son convencionales.

Los resultados de la Tabla 2 resultan contundentes: los EsP no han manifestado expresiones que den cuenta de la toma de conciencia sobre las tensiones epistemológicas entre los conceptos de “modelo científico de célula”, “representación artística de célula”, “representación instrumental de alguna célula en particular” y “célula real”. Sólo un 5% mencionó la palabra modelo, sin una discusión sobre su polisemia, y 14% se refirió al carácter abstracto del concepto de célula, sin mediar otro cuestionamiento epistemológico.

CONCLUSIONES

Si bien la muestra de estudiantes de profesorado fue reducida -sólo 34 individuos indagados mediante un cuestionario y 17 de ellos mediante una entrevista posterior-, los resultados dan cuenta de sus escasas reflexiones epistemológicas con respecto a la tensión entre los conceptos de célula real y de modelo de célula.

Esta falta de cuestionamientos epistemológicos sobre el significado de por qué y para qué una entidad es modelizada por la ciencia, con sus alcances y sus limitaciones, generaría en los estudiantes la falsa idea de que sus representaciones estereotipadas son modelos.

Esta asignación de realidad a una representación artística no sólo desvanece la idea central de qué es un modelo científico, sino que, en este caso particular sobre el concepto de “célula”, invisibiliza la historia de la construcción de tal modelo, y minimiza su valor, al tiempo que deriva en aprendizajes erróneos que no permiten distinguir entre una representación instrumental y una representación artística (Galagovsky y colaboradores, 2009). Desde este último aspecto, también se deriva una penosa consecuencia didáctica: la obliteración de todos los aspectos instrumentales que con el devenir histórico de la ciencia han permitido a la biología celular a construir sus conceptos básicos sobre estructura y función de las células y sus organelas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEKERMAN, D. (2007). La utilización de la imagen en los procesos de Enseñanza y Aprendizaje de Química Orgánica. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.
- BISHEIMER, V (2008). *Biología 2*. Buenos Aires, Argentina: Doce orcas ediciones.
- Cuniglio, F (1998). *Biología. Citología, anatomía y fisiología*. Buenos Aires, Argentina: Santillana Editorial.
- GALAGOVSKY, L. R., y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- GALAGOVSKY, L. R., MORALES, L., RODRÍGUEZ, M. A., y STAMATI, N. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de las ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121.
- GALAGOVSKY, L., & BEKERMAN, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975.
- GALAGOVSKY, L., DI GIACOMO, M. A., y CASTELO, V. (2009). Modelos vs. Dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vigo*, 8(1), 1-22.
- GALAGOVSKY, L. (2011). *Didáctica de las ciencias naturales. El caso de los modelos científicos*. Buenos Aires: Lugar Editorial,
- GARÓFALO, S.J. (2010). Obstáculos epistémicos de aprendizaje del tema metabolismo de Hidratos de Carbono. Un estudio transversal. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Química Biológica, Universidad de Buenos Aires.
- GARÓFALO, S. J., ALONSO, M Y GALAGOVSKY, L. (2014) Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje. El caso del metabolismo de los carbohidratos. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 155-171.
- JOHNSTONE, A.H. (1997). Chemistry teaching. Science or Alchemy? *J. Chem. Ed.*, 74(3), 262- 268.
- LOZANO, E., BAHAMONDE, N. Y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2016). Análisis histórico-epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de la ciencia al profesorado. *Philosophy & History of Biology/Filosofía e História da Biologia*, 11(1), 49-68.

