

Unidad didáctica sobre la estructura de la célula eucarionte animal, desde el modelo cognitivo de ciencia

Teaching unit on the structure of animal eukaryotic cells, from the cognitive model of science

Natalia Jara¹, Nicole Rubio¹ y Johanna Camacho González²

1 Pedagogía en Biología y Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad Central. Chile.

2 Departamento de Estudios Pedagógicos. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile.

antares.natalia@gmail.com; rubiogarcian@gmail.com; jpcamacho@uchile.cl

Resumen

El presente artículo tiene por objetivo proponer un diseño de unidad didáctica fundamentada desde el Modelo Cognitivo de Ciencia propuesto por Giere (1992) y estructurada con base en el Ciclo Constructivista de Aprendizaje de Sanmartí (2000), para la enseñanza y aprendizaje de la estructura de la célula eucarionte animal. Esta unidad, tiene además la intención pedagógica de contribuir al desarrollo de la competencia científica de explicar fenómenos o hechos y promover la metacognición.

PALABRAS CLAVES: Modelo Cognitivo de Ciencia, célula eucarionte animal, Unidad Didáctica, Aprendizaje Científico Escolar, Metacognición, Competencias Científicas.

Abstract

The aim of this paper is to propose a design of an epistemologically didactic unit based on the Cognitive Models of Science proposed by Giere (1992) and structured based on the "Constructivism Model of Learning" by Sanmartí (2000), for the education and learning of the animal eukaryotic cell structure. This didactic intervention also has the pedagogic intention to contribute in the development of the scientific knowledge of explaining phenomena or facts and to promote metacognition.

Key Words: Cognitive Models of Science, animal eukaryotic cell, Teaching Unit, School Science Learning, Metacognition, Scientific Competences.

Introducción

Según los resultados obtenidos en Chile en los años 2006 y 2009, en la prueba internacional PISA, las y los estudiantes presentan dificultades para explicar científicamente (MINEDUC, 2007)¹. Estos resultados, evidencian un problema en la calidad de la educación científica en el país, lo cual está determinado por muchos factores, por ejemplo; falta de contextos que permitan al estudiantado sentirse cercano al ámbito científico, por prácticas docentes que no promueven un aprendizaje en el área de las competencias y problemas socio-económicos, entre otros.

Entendiendo la problemática en torno al aprendizaje y enseñanza de las ciencias en general y de la Biología en particular, conscientes de la necesidad de generar una discusión en torno a la enseñanza de la Ciencias en la Educación Media, se propone a continuación un diseño de unidad didáctica cuyo objetivo es promover la reconstrucción de los modelos explicativos sobre la estructura de la célula eucarionte animal. En acuerdo con Izquierdo y Adúriz-Bravo (2003), consideramos elaborar una estrategia

¹Ministerio de Educación Nacional de Chile

didáctica que tomará aspectos de diversa naturaleza basada en los modelos científicos escolares y por esto, la propuesta se fundamenta epistemológicamente desde el Modelo Cognitivo de Ciencia (Giere, 1992) y las actividades, se estructuran desde el ciclo constructivista de Sanmartí (2000).

En particular se sugiere abordar el tema de célula eucarionte animal, dado a que se considera obligatorio dentro del marco curricular (MINEDUC, 2007) y un componente fundamental en la comprensión y estructuración de los demás conceptos biológicos (Cohen and Yarden, 2010; Rodríguez y Moreira, 1999; 2002; Soares, 2008), por lo que *"supone un conocimiento altamente estructurado en términos conceptuales de difícil aprehensión por parte del estudiantado, cuya comprensión exige la construcción de un modelo mental explicativo y predictivo que le dé sentido a ese funcionamiento característico de la materia viva"* (Moreira, 2002:13).

Fundamentación de la unidad didáctica

Como se ha dicho, la propuesta toma como eje fundamental el Modelo Cognitivo de Ciencia de Giere (1992), en el cual se establece que el conocimiento científico es una construcción cognitiva que tiene su origen en los modelos mentales de las personas y a través de éstos, se reconstruye e interpreta la realidad, elaborando teorías o modelos teóricos. Para explicar algún fenómeno o hecho a través de una teoría, se consideran dos elementos: la familia de modelos e hipótesis, que vinculen al modelo con algún sistema de la realidad. Así en la construcción de conocimiento científico, los científicos utilizan y agrupan distintos modelos que se relacionan entre sí, a través de relaciones de semejanza o cercanía entre unos y otros, para formar una familia, las cuales pueden reagruparse y dar origen a otras nuevas.

Generalmente, un *"modelo"*, se define como una representación de alguna cosa, sin embargo, entendemos que *"Actualmente el punto de vista más aceptado es que un modelo es una representación de una idea, objeto, acontecimiento, proceso o sistema, creado con un objetivo específico"* (Gilbert et al, 2000, citados por Justi, 2006:175). Es decir, como señalan Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001) los modelos son *"herramientas de representación teórica del mundo, auxiliares para explicarlo, predecirlo y transformarlo"* (p.233).

Así, cuando hablamos de modelo mental, nos referimos al conjunto de ideas organizadas y sistematizadas que proporcionan una interpretación de algo, cuando dicho modelo se representa, a través de un dibujo y/o texto, se puede observar un modelo expresado o explicativo. La elaboración de un modelo, es una actividad llevada a cabo por personas, en solitario o bien integradas en un grupo, el resultado de tal actividad no es accesible de forma directa, aunque puede expresar mediante acciones, el habla la escritura u otra forma simbólica, permiten conocer el modelo mental a través del modelo expresado (Justi, 2006).

En la actividad científica escolar, este proceso de modelización se convierte en un aspecto relevante que permite comprender, el aprendizaje como una construcción individual/colectiva que ocurre en la mente de cada persona, reorganizando e integrando el contenido para formar un modelo que le permita realizar una interpretación de la realidad, elaborando su propio conocimiento, el cual es factible de aplicar en diferentes contextos.

Así, no sólo es importante la re-construcción de los modelos, sino además el proceso metacognitivo que hay detrás de este proceso, ya que la/el estudiante cuando elabora y explicita su modelo puede ser también capaz de proponer instancias que le permitan conocer cómo son sus modelos y cómo aprende, consiguiendo un aprendizaje de mejor calidad.

"La construcción del conocimiento científico escolar puede darse en la confrontación sistemática con base en el error, la autocorrección y por aproximaciones sucesivas que parten de las ideas de los estudiantes en relación con tópicos científicos específicos y que tienden a modificarlas hasta llegar a elaboraciones conceptuales más cercanas a las científicas siendo conscientes cada vez más de cómo lograrlo. Así, la construcción del conocimiento se hace activa, racional, emocional y pragmática, contribuyendo a la formación científica, a la autonomía y autorregulación en el aprendizaje" (Quintanilla, 2006: 15).

El modelo de célula y su importancia en la enseñanza de la biología

La célula se ha caracterizado como una de las temáticas obligatorias dentro del currículo escolar (MINEDUC, 2007) y un componente fundamental para la comprensión de la organización biológica según Cohen & Yarden (2010); Rodríguez y Moreira (1999, 2002) y Soares (2008). Su enseñanza en el contexto escolar, tradicionalmente se ha basado en los libros de texto según Mengascini (2006) y Cohen & Yarden (2010), en donde frecuentemente las células se presentan a través de representaciones icónicas que se caracterizan por ser redondeadas, poseer núcleo, organelos específicamente representados y poco integrados unos con otros, reflejando una estructura basada en anillos concéntricos, que como señalan Díaz y Jiménez (2003) se ha denominado representación de "huevo frito", imágenes que han influenciado altamente en las representaciones estudiantiles según Rodríguez (2003) y Verhoeff et al. (2008).

Algunas características frecuentes en los modelos estudiantiles, están relacionados con la gran dificultad del estudiantado en asociar tipos de célula, solo desde un punto de vista funcional y no estructural (Flores et al., 2000); la frecuente asociación entre célula y núcleo, más que con el citoplasma o membrana plasmática (Cohen & Yarden, 2010); la confusión entre la función y estructura de los organelos (Mengascini, 2006); la apreciación de las dimensiones de la célula y sus estructuras (Rodríguez, 1997); el desconocimiento o baja comprensión del nivel celular (Verhoeff et al, 2008); la confusión entre respiración celular y fotosíntesis (Rodríguez, 1997; Verhoeff et al, 2008) y la dificultad en comprender aspectos relacionados con el crecimiento, reproducción y herencia de los procesos celulares (Rodríguez, 1997; Verhoeff et al, 2008).

En síntesis, se puede señalar que los modelos explicativos del estudiantado se caracterizan por ser simplificados e incompletos (Barquero, 1995 citado en Rodríguez y Moreira, 1999) con respecto al modelo de la Teoría Celular, ya que sólo consideran la célula eucarionte animal como unidad básica estructural y funcional del organismo. En general, estos modelos no tienen en cuenta todas las estructuras principales (membrana plasmática, citoplasma y núcleo); la estructura general de la célula eucarionte animal; las relaciones entre el medio interno - externo de la célula con el intercambio de sustancias; la estructura y función de los organelos celulares y finalmente, la función hereditaria como portadora de la información genética.

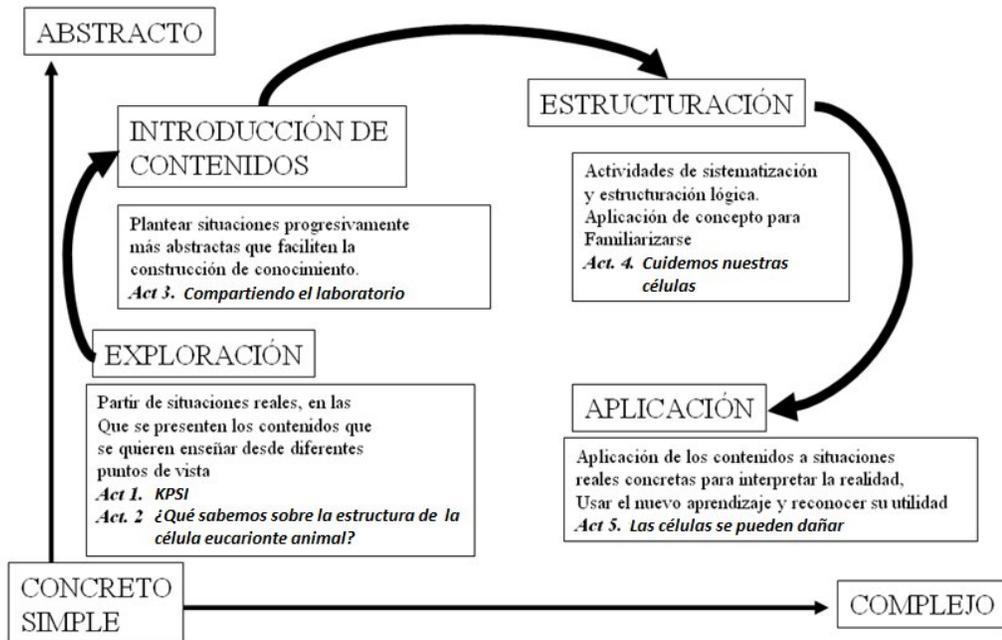
A partir de estos antecedentes se decidió diseñar una Unidad Didáctica que permitiera enriquecer los modelos explicativos del estudiantado acerca de la estructura de la célula eucarionte animal, a través de la incorporación de nueva información relevante con respecto a los conceptos básicos de la Teoría Celular.

Desarrollo de la unidad didáctica

La unidad didáctica propuesta, está dirigida a estudiantes de octavo año básico (13-14

años), para ser aplicada en cuatro sesiones de 90 minutos cada una. Los contenidos seleccionados fueron los siguientes: a) Conceptual: la estructura de la célula eucarionte animal, b) Procedimental: observar, relacionar, reorganizar, sistematizar, formular hipótesis y aplicar el conocimiento, c) Actitudinal: trabajo autónomo y responsable, participación, fortalecimiento de lazos de compañerismo, socialización de ideas y planteamientos, respeto frente a la diversidad de opiniones.

A continuación se propone una serie de actividades enmarcada en el Ciclo de Aprendizaje Constructivista (Sanmartí, 2000) el cual se desarrolla en cuatro fases (Figura 1), en cada una de éstas se describen los objetivos, las indicaciones para el profesorado y las actividades para el estudiantado.



I. Etapa de Exploración. Esta etapa tiene como objetivo facilitar que las/los estudiantes interpreten la problemática a estudiar, elaborando las primeras representaciones del objetivo del estudio.

Objetivo: Identificar las ideas previas sobre la estructura de la célula eucarionte animal. Para lograr este objetivo se sugieren dos actividades: el desarrollo de una propuesta tipo formulario KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory) y la actividad diagnóstica ¿qué sabemos sobre la estructura de la célula eucarionte animal?

Mediante la utilización del KPSI "se obtiene información sobre la percepción que el alumnado tiene de su grado de conocimiento alcanzado en relación con los contenidos que el profesor o profesora propone para su estudio, por tanto es conveniente incluir los prerrequisitos de aprendizaje. En la puesta en común de los resultados, cuando se les pide que expliquen sus ideas, les permite darse cuenta de que su idea inicial no era tan elaborada como pensaban" (Fernández et al, 1995:80).

KPSI.

- 1) A continuación se presentan 8 conceptos. Indica tu conocimiento de cada uno de ellos, colocando a su lado el número que le corresponda según estas equivalencias: 1-no sabes qué es, 2-sabes alguna cosa, 3-sabes bastante de ello, 4-podrías explicarlo a otra persona.

..... Membrana Plasmática

..... ADN

..... Núcleo

..... Retículo endoplasmático

..... Mitocondria

..... Lisosomas

..... Citoplasma

..... Citoesqueleto

- 2) En breves líneas escribe lo que has escuchado o leído sobre la estructura de la célula eucarionte animal por parte de familiares, amigos, profesoras, profesores, etc.
- 3) Imagina que eres una científica o científico que acaba de realizar un gran descubrimiento relacionado con la estructura de la célula eucarionte animal y tienes que escribir un breve artículo sobre tu hallazgo. ¿Cuál sería ese descubrimiento y cómo se relaciona con la Estructura de la célula eucarionte animal?

Actividad Conociendo las estructuras generales de la célula eucarionte animal

Inicio: Se presenta la siguiente situación: "Te invitan a una fiesta de disfraces donde el tema central es "**Nuestro Cuerpo**", por sorteo tu disfraz debe ser el de una "**Célula**", mientras que tu compañero de banco o puesto debe disfrazarse de "Corazón", en el disfraz de tu compañero podemos reconocer estructuras como: Aurícula, ventrículo, vena pulmonar, etc".

Desarrollo: Una vez presentado el contexto de la fiesta de disfraces, se realizan algunas repreguntas de exploración con la intención de indagar sobre las ideas previas. *¿Qué estructuras celulares considerarías para la elaboración de tu disfraz?* Intenta describirlo o hacer un dibujo. Una vez recogidas las primeras textualidades, se trabaja con material bibliográfico, en este caso una guía de contenidos sobre la estructura de la célula eucarionte animal y algunas referencias históricas en la construcción de su concepto. Una vez trabajado el texto se realiza nuevamente la pregunta de diagnóstico *¿Cómo sería tu disfraz considerando las estructuras celulares?*

Final: Se invita a una discusión y socialización oral sobre sus respuestas con el propósito de favorecer la "integración" de algunos de los conceptos en discusión y/o construcción antes mencionada de la clase, en un diálogo dirigido, a fin de integrar las nuevas ideas y los conceptos trabajados durante este encuentro.

Sugerencias al Profesorado: Generalmente, en esta etapa se recomienda que sean actividades que presenten un contexto cercano y de posible interés para niñas y niños. Como señala Sanmartí (2000) actividades motivadores que promueva el planteamiento de preguntas e hipótesis.

II. Etapa de Introducción de los contenidos. Esta etapa tiene la intención de que las y los estudiantes identifiquen nuevos puntos de vista, adopten una postura reflexiva de manera individual y colectiva en relación a su modelo inicial. Permitiéndoles fortalecer o enriquecer su explicación acerca del contenido en cuestión.

Objetivo: Conocer la estructura general de la célula eucarionte animal e identificar sus estructuras principales, utilizando dos tipos de modelos (imágenes y maqueta) y la observación a través del microscopio.

Actividad Identificando la estructura de la Célula.

Inicio: La actividad propuesta se realizará en el laboratorio de ciencias, donde éste se dividirá en tres espacios (mesones: 1, 2 y 3).

Desarrollo: En el mesón 1 se ubicarán cinco modelos de célula eucarionte animal, en ese espacio el estudiantado podrá interactuar físicamente con los modelos propuestos y discutir con sus compañeras(os). Luego deberán describir cuáles son las estructuras que se representan en los modelos. El segundo espacio o mesón, contará con diversas imágenes de célula eucarionte animal (imágenes de libro, dibujos, micro-fotografías), se propone utilizar imágenes para pegarlas en una cartulina y construir individualmente el concepto de célula eucarionte animal en relación a su estructura. Por último, en el mesón 3 deberán crear muestras de células y observarlas en el microscopio, a través de esta fase el estudiantado, deberá realizar un dibujo de la célula con base en lo observado.

Final: Esta actividad permite a los estudiantes comprender la estructura de la célula a través de diferentes modelos o representaciones y, socializar sus nuevos puntos de vista con compañeros

Sugerencias al Profesorado: Durante esta actividad es importante promover la participación, preguntar opiniones y desarrollar hipótesis. Además, acompañar al estudiante y enriquecer sus ideas es central para que logre conectar los tres tipos de modelos. Sí es posible, también se pueden incorporar animaciones tridimensionales de tal manera de ayudar al estudiantado a comprender la integración y dinámica de los procesos celulares (O´Day, 2006).

III. Etapa de Sistematización: Esta etapa tiene la finalidad que las y los estudiantes expliciten de forma libre los conocimientos adquiridos, mencionando los cambios en sus puntos de vista y conclusiones, tomando en consideración las características del modelo reelaborado, " Una síntesis elaborada de una unidad temática es forzosamente provisional, ya que los aprendizajes realizados no deben considerarse como puntos finales, sino como etapas de un proceso que discurre, de hecho, a través de toda la vida" (Sanmartí, 2000:24). En ese sentido, se propone una actividad que busca integrar las ideas que los estudiantes poseen sobre la noción científica de célula a través de la elaboración de un tríptico que informe sobre los buenos hábitos de salud que debemos considerar para cuidar nuestras células.

Objetivo: Organizar los conocimientos adquiridos sobre la estructura de la célula eucarionte animal y promover la alfabetización científica

Actividad Cuidemos nuestras células

Inicio: Se proponen que formen parejas para trabajar, cada una deberá investigar en variadas fuentes bibliográficas los daños que pueden sufrir nuestras células a la exposición del sol, químicos del tabaco, mala alimentación, etc.

Desarrollo: Durante esta etapa, el estudiantado deberá escoger los materiales para elaborar su tríptico, seleccionar la información y crear el mensaje que entregarán a toda la comunidad escolar.

Final: Una vez concluyan su trabajo, el curso completo lo presentará al colegio y lo entregará a cada niño y niña por sala. Finalmente, se responderán algunas preguntas de cierre de la actividad, ¿qué elementos de la estructura de la célula eucarionte animal

incluiste en tu tríptico? ¿Qué mensaje quisiste entregar en tu tríptico?

Sugerencias al Profesorado: Durante esta etapa se recomienda el trabajo en parejas, ya que los estudiantes trabajan intercambiando ideas y reafirmando sus conocimientos, además se promueve el, el respeto por la diversidad de ideas y la integración de nuevos puntos de vista.

IV. Etapa de Aplicación: Esta última etapa, se propone que las y los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos a un contexto nuevo. Se les presenta una situación problemática escolar, a través de la cuál deberían formular hipótesis y aplicar sus conocimientos.

Objetivo: Aplicar los conocimientos construidos sobre la estructura Celular Eucariota Animal a través de una situación problemática escolar.

Actividad Las células se pueden dañar

Inicio: Se les presenta la siguiente situación problema: "Imagina que eres una doctora o doctor que trabaja en urgencias médicas. Una noche llega a tu consulta una mujer desesperada porque cree que sufrió una picadura de araña. Los síntomas de la mujer eran ardor y una gran mancha rojiza en su mano derecha. ¿Qué diagnóstico le darías, sobre las células afectadas por el veneno de la araña?"

Desarrollo: Con base en la situación descrita el estudiantado, debe elaborar una ficha médica explicitando sus hipótesis sobre el diagnóstico. La ficha médica debe estar guiada por las siguientes preguntas: ¿Qué estructura de la célula eucarionte animal piensas tú que fue la primera en ser afectada por el veneno, y por qué? En orden de ingreso del veneno, ¿Qué estructuras se fueron dañando?

Final: Las fichas médicas del estudiantado deben socializarse con todo el curso.

Sugerencias al Profesorado: Es importante recoger las representaciones del estudiantado sobre la célula eucarionte animal y compararlas con las primeras, para reflexionar sobre los cambios en los modelos explicativos de las/los estudiantes y así, observar la posible integración de ideas, relaciones, y elementos al modelo. Generalmente, las actividades en esta etapa del ciclo son actividades en las se proponen nuevas problemáticas o pequeños trabajos de investigación con la finalidad de que el estudiantado consiga plantearse nuevas interrogantes, comenzando así un nuevo proceso de aprendizaje.

Al final la última etapa de la unidad se recomienda aplicar nuevamente el formulario KPSI (mencionado en la etapa de exploración), con la intención de que el estudiantado tome conciencia sobre los nuevos aprendizajes obtenidos y reflexione sobre los logros alcanzados.

Algunos resultados y consideraciones didácticas

Los resultados que se presentan a continuación, hacen parte de una investigación más extensa realizada con 36 estudiantes de 8vo básico en Santiago de Chile (Camacho et al, 2012), se describen para evidenciar que una unidad didáctica con las características acá propuestas, pueden contribuir favorablemente a complejizar los modelos explicativos del estudiantado.

Resultados de la etapa de exploración: ¿Cómo sería tu disfraz considerando las estructuras celulares?

Resultados de la etapa de exploración:

¿Cómo sería tu disfraz considerando las estructuras celulares?

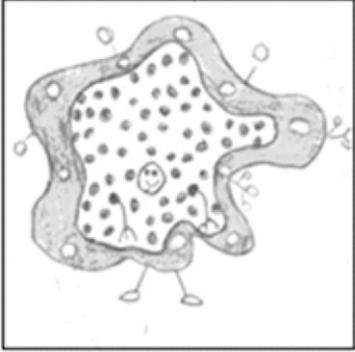
Dibujo	Explicación
	<p><i>“Yo creo que la célula tiene forma de moco, con bacterias. Su color es verde con rojo, los puntos que tiene son bacterias.”</i></p>

Figura 1. Dibujo y explicación estudiantil ¿Cómo sería tu disfraz considerando las estructuras celulares?

Este modelo es el más simple históricamente, en analogía con el modelo de Hooke, se considera la célula como una celda, que carece de estructuras, pero que esta limitada con el exterior. Este modelo fue el más característico en los estudiantes (75.7%).

Una vez que se incorporo nueva información relevante, a través de la secuenciación de actividades desarrollada en la Unidad Didáctica, emergieron nuevos modelos explicativos de los estudiantes en la etapa de aplicación, los que se caracterizaron por incorporar un lenguaje especializado, nuevas relaciones acerca de la estructura principal celular, identificando estructuras con su nombre y función. Esta característica demuestra que los modelos explicativos se transforman progresivamente con la aparición de nueva información relevante, según lo descrito por Rodríguez y Moreira (1999) y Justi (2006).

Resultados de la etapa de aplicación: Dibuja y explica una célula eucarionte animal antes y después de la situación descrita. Identificando las estructura en ambos casos.

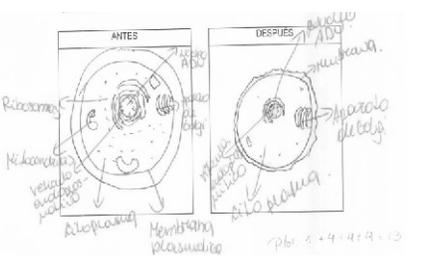
Dibujo	Explicación
	<p><i>“La membrana se destruyo, porque no le llegaban proteínas, los poros del núcleo se taparon y colapsaron, por lo tanto no entraban ni salían proteínas. Las mitocondrias se quedaron sin energía, el R.E estaba debilitado, por lo tanto no podían producir proteínas, para después llevarlas al aparato de Golgi.”</i></p>

Figura 2. Dibujo y explicación estudiantil ¿Qué estructura de la célula eucarionte animal piensas tú que fue la primera en ser afectada por el veneno y por qué?

El modelo de la célula eucarionte animal en esta actividad de aplicación, hizo alusión a una célula sin estructura general y menciona aspectos que permiten relacionar que la célula toma por aspiración líquido del ambiente, para su elaboración. Mencionan alguna de las estructuras principales (Membrana plasmática Núcleo) y algunos organelos y funciones (Mitocondrias, Retículo Endoplasmático, Aparato de Golgi).

Sin embargo, se identificó que existe dificultad en comprender la relación entre medio interno-externo de la célula especialmente, por lo que podemos decir que los modelos estudiantiles tienen algunas relaciones de similitud en determinados aspectos de la Teoría Celular, particularmente en función de la célula como unidad estructural y funcional, no hay evidencias que permitan comprender la célula como unidad de origen. Quizás esto, puede deberse al carácter abstracto de la noción científica de célula (Dreyfus y Jungwirth, 1989; Rodríguez y Moreira, 1999) y al poco abordaje conceptual que se le da a estos aspectos en los libros de texto (Carrillo et al., 2011).

Podríamos concluir a partir de esta propuesta que es posible contribuir a la enseñanza y aprendizaje de la Biología a través de diseños didácticos innovadores que promuevan la explicación científica en las/los estudiantes durante su proceso de aprendizaje científico escolar. La secuencia didáctica propuesta, permitió evidenciar cambios en los modelos explicativos, además de promover el desarrollo de la competencia científica de explicar hechos o fenómenos, ya que, en todas las actividades los estudiantes debían construir explicaciones a través del lenguaje oral y escrito. Por otro lado, una unidad didáctica con estas características, puede desarrollar espacios de reflexión metacognitivos que favorezcan la autoestima y una participación consciente que le permite regular y autoevaluar su forma de pensar y actuar (Sanmartí, 2000).

Bibliografía

- Camacho, J. et al. (2012). Los modelos explicativos del estudiantado de 8vo básico acerca de la célula eucarionte animal. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 9 (2), 196-212.
- Carrillo, L. et al. (2011). La historia de la Ciencia en la enseñanza de la Célula. *Revista Tecné Epistemé y Didáxis TED*, 29, 112-127.
- Cohen, R. and Yarden, A. (2010). How the curriculum guideline "The Cell is to be studied longitudinally" is expressed in six israeli junio high school. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 276-292.
- Díaz, J. Jiménez, M.P. (2003). Imaxes das células. *Boletín das ciencias 200-204*.
- Dreyfus, A. Jungwirth, E. (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23(1), 49-55.
- Fernández, C., Mirandes, J., Porta, I., Rodríguez, M., Solsona, N. y Tarín, R.M. (1995). Una propuesta práctica. Unidad Didáctica: La meteorología. En: Solsona (Coord.) *Una mirada no sexista a la clase de ciencias experimentales*. (pp.77-110). Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Flores, F. et al. (2000). Representación e Ideas Previas acerca de la Célula en los Estudiantes del Bachillerato. México: Eds. UNAM.
- Galagovsky, L. 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.
- Giere, R. (1992). La explicación de la Ciencia, un acercamiento cognoscitivo. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. México
- Izquierdo, M. & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education* 12, 27 – 43.

- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 173-184.
- Mengascini, A. (2006). Propuesta Didáctica para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 485-495.
- Ministerio de Educación, Unidad de currículum y evaluación. (2007) PISA 2006: Rendimiento de estudiantes de 15 años en ciencias, lecturas y matemáticas 2007. SIMCE, Gobierno de Chile. Disponible en: http://www.simce.cl/fileadmin/Documentos_y_archivos_SIMCE/PISA2006/PI SA_2006.pdf
- Moreira, M. (2002). Investigación en educación en ciencias: métodos cualitativos. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos Departamento de Didácticas Específicas Burgos, España
- O'Day, D. (2006). Animated Cell Biology: A Quick and Easy Method for Making Effective, High-Quality Teaching Animations. *CBE—Life Sciences Education*, 5(3), 255-263.
- Quintanilla, M. (2006). Enseñar ciencias en el nuevo milenio. *Desafíos y propuestas*. Ediciones PUC. Santiago de Chile.
- Rodríguez, M. Moreira, M. (1999). Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(2), 121-160.
- Rodríguez, M. Moreira, M. (2002). Modelos mentales Vs Esquemas de Célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), 77-103.
- Rodríguez, M. (1997). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2(2), 123-149.
- Rodríguez, M. (2003). La célula vista por el alumnado. *Ciência & Educação*, 9(2), 229-246.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades Didácticas. En Perales, F.J. y Cañal, P. (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (págs. 239-266). Madrid: Marfil.
- Soares, F et al. (2008). Estratègia didática com uso de analogias no ensino de biologia celular. *Revista Brasileira de Biociências*, 6(1), 37-38.
- Verhoeff et al. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Science Education*, 30(4), 543-568.