

# Un estudio sobre el saber de referencia para el diseño de una unidad didáctica orientada a la modelización de la membrana celular.

Eduardo Lozano<sup>1</sup>, Agustín Adúriz-Bravo<sup>2</sup>, Nora Bahamonde<sup>3</sup>

<sup>1 y 3</sup> Centro de Estudios e Investigación en Educación. CEIE. Universidad Nacional de Río Negro

<sup>2</sup> CONICET/CeFIEC-Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

[elozano@unrn.edu.ar](mailto:elozano@unrn.edu.ar)

[adurizbravo@yahoo.com.ar](mailto:adurizbravo@yahoo.com.ar)

[nbahamonde@hotmail.com](mailto:nbahamonde@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

Desarrollamos este estudio como parte de una investigación que implicó un ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica (UD) para la enseñanza del modelo de membrana celular junto a ideas metacientíficas, en la formación inicial del profesorado en Biología en el ámbito de la Universidad (Lozano, 2015). La investigación se inscribe en una línea de trabajo que propone que los espacios de formación disciplinar en biología que cursan los estudiantes del profesorado deben estar informados e intervenidos por modelos y estrategias de enseñanza provenientes de los espacios de formación en didáctica de las ciencias naturales, como la modelización de fenómenos (Gilbert y Justí, 2016; Bahamonde y Gómez, 2016; Adúriz-Bravo, 2012), la construcción de ideas metacientíficas (Lederman, 2006; Adúriz-Bravo, 2010) y el abordaje de problemas complejos (Zeidler, 2005; Bahamonde, 2014)<sup>1</sup>. La investigación se llevó a cabo en el

contexto natural de clases de la materia Biología celular, en el primer año de la formación del Profesorado en Biología en el ámbito de la universidad y tuvo un enfoque cualitativo afín a las líneas de desarrollo de diseño de unidades didácticas (Sanmartí, 2002) y Estudios de Diseño (DBR) (Psillos & Kariotoglou, 2016).

En el proceso de diseño de la UD, se llevaron a cabo dos estudios sobre el saber de referencia como insumos para determinar y especificar cuáles serían las ideas clave disciplinares (sobre el modelo de membrana celular) y metacientíficas (sobre algunos aspectos de la ciencia) que se explicitarían como saberes a construir por parte de los y las estudiantes. Uno de los estudios consistió en un exhaustivo análisis histórico epistemológico sobre la construcción del modelo de membrana celular (Lozano et al, 2016) y el otro, objeto de esta comunicación, fue orientado a un análisis de *temas de membrana celular* en manuales universitarios de uso corriente en el primer año de la formación biológica en licenciaturas y profesorado universitarios. Los libros de texto científicos expresan “*la investigación basada en uno o más logros científicos pasados, logros que una comunidad científica particular reconoce durante algún tiempo como el fundamento de su práctica*

<sup>1</sup> Los siguientes son proyectos pertenecientes a esa línea: - *Un ciclo de diseño, implementación, evaluación y reformulación de unidades didácticas, integrando las perspectivas disciplinar y didáctica, en la formación del profesorado en Biología*. Directora: Nora Bahamonde. Codirector: Eduardo Lozano. PI UNRN Resolución 368/2017 / - *El diseño, implementación y evaluación de unidades didácticas como estrategia de integración de las perspectivas disciplinar y*

*didáctica en la formación del profesorado de Biología*

Directora: Nora Bahamonde. PI UNRN Resolución 290/2015.

*ulterior*” (Kuhn, 2006, p. 70). Desde esta perspectiva, en el contexto educativo de la actividad científica (Echeverría, 1998) y mediante la utilización de esos textos, los alumnos pueden formarse en tres aspectos básicos de la ciencia normal: “...la determinación de los hechos significativos, el encaje de los hechos con la teoría y la articulación de la teoría...” (Kuhn, 2006 p. 103). Los científicos autores de los capítulos con los cuales las disciplinas pasarán a las nuevas generaciones “desarrollan la teoría teniendo ya en mente unas determinadas aplicaciones, las que se proponen como ejemplos-epítome, y por ello imponen desde el principio, al argumentar, unas determinadas condiciones iniciales (las reglas de juego)” (Adúriz-Bravo et al., 2009, p. 45). En este marco, el análisis y la discusión sobre cómo se presenta el modelo a enseñar en los manuales, los aspectos que se destacan y los que no, el modo en el que se los representa y el tipo de problemas/ejemplos en los cuáles se aplica, pueden colaborar en la construcción de una perspectiva más amplia sobre los modelos “de ciencia normal” a enseñar y en tomar decisiones más informadas y significativas en función de los intereses de la formación, en este caso orientada al profesorado en Biología. Además, al combinarse con estudios históricos-epistemológicos (Matthews, 1994; Adúriz-Bravo, 2010) favorecen la contextualización de la enseñanza al iluminar el proceso de construcción de los modelos y dar lugar a la identificación de aspectos de interés metacientífico que pueden incluirse y sincronizarse en la enseñanza. En el desarrollo de la investigación didáctica, el resultado de estos estudios orienta las decisiones que se tomen sobre lo que se va a enseñar y estas pueden plasmarse mediante proposiciones sencillas, que denominamos ideas clave, en el diseño de la UD (Adúriz-Bravo, 2010).

En esta comunicación se presentará una síntesis del trabajo de análisis de *temas de membrana celular* en manuales universitarios sobre Biología general que en la actualidad utilizan los estudiantes del profesorado y las implicancias que el estudio tuvo en la determinación de una idea clave para la UD de la investigación. El método de análisis documental fue cualitativo, basado en el análisis

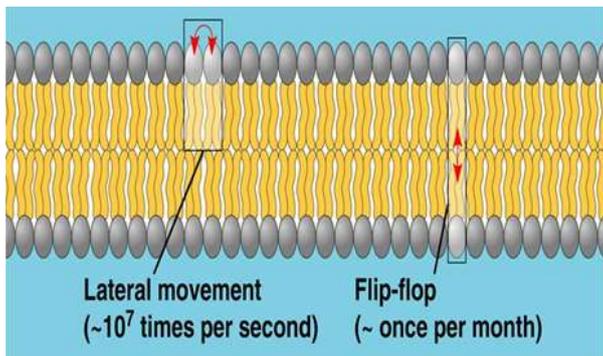
interno de los documentos, procurando destacar su sentido y caracteres fundamentales en función de la intencionalidad del estudio (Bardin, 1986). La bibliografía analizada consistió en tres manuales de Biología General y tres manuales de Biología Celular y Molecular, cuyas ediciones corresponden al período 2004-2009. Cinco de ellos contienen al menos un capítulo que tiene como eje central el estudio de la membrana, y uno de ellos desagrega diversos aspectos de la estructura y el funcionamiento en otros capítulos. Los primeros autores de los manuales elegidos son: Alberts, 2004; Campbell 2007; Curtis, H, 2008; De Robertis, 2008; Karp, 2009; Sadava, 2009.

## DESARROLLO

Del análisis de los diferentes aspectos del modelo de membrana celular que se abordan en los libros de texto fue posible construir una serie de núcleos que, a modo de analizadores, denominamos *temas de membrana celular* y se formularon descripciones básicas para cada uno de ellos. (Ver Tabla 1)

Uno de los temas analizados, y que tuvo implicancias en la elaboración de las ideas clave para la UD, fue el vinculado a la Estructura.<sup>2</sup> En todos los textos analizados se mantiene vigente la consideración del modelo de membrana celular como un “mosaico fluido”, analogía de la década del ‘70 (Singer & Nicolson, 1972) que sugiere pensarla como una unidad que se comporta como un líquido (fluidez) pero que a la vez tiene la capacidad de conservar una estructura bidimensional y ocupar un espacio definido e incluir diferentes organizaciones moleculares (mosaico). El modo extendido, y prácticamente único, de representación de la membrana en los textos y de indicar un aspecto relacionado con la fluidez, es un gráfico de una bicapa lipídica en el cual se indica con flechas que los fosfolípidos que la componen intercambian muy velozmente sus posiciones en cada monocapa (Ver Imagen 1).

<sup>2</sup> Otro tema para el cual se elaboraron ideas clave en la UD fue el de Evolución de la membrana y los sistemas de endomembranas.



(a) Movement of phospholipids

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

### Imagen 1 Extraído de Campbell, 2007

Ahora bien, la fluidez y el autoensamblaje de los fosfolípidos, como aspecto particular de la membrana celular y de los sistemas de endomembranas, es mencionado sólo por tres textos y en ellos no se desarrollan ejemplos ni representaciones gráficas a nivel molecular de fenómenos celulares que permitan aplicarlo. Esta propiedad, que el modelo gráfico estandarizado no constriñe, es una característica determinante de la economía del organismo, por ejemplo, para el transporte de moléculas por vesículas o liposomas naturales al interior de la célula; también está en la base de nuevos modelos sobre el origen de las primeras células, como el propuesto por Szostak (Rauchfuss, 2008), el desarrollo de técnicas de manipulación celular como las fecundaciones invitro, y el transporte de fármacos por liposomas artificiales. Quizás vinculado a este sesgo de los libros de texto, y de la enseñanza que se imparte a partir de ellos, es que sea frecuente que los alumnos definan a la membrana como un “mosaico fluido” pero no puedan justificar la relación que existe entre ese carácter y el transporte por vesículas de una proteína desde el retículo endoplásmico hasta la membrana celular para su exportación.

### La formulación de una idea clave

A partir del análisis y la crítica realizada sobre el aspecto del modelo de membrana relacionado con la estructura, se consideró oportuno la formulación de una idea básica que permitiera a los estudiantes

extender el atributo de fluidez y autoensamblaje a fenómenos que no aparecen como ejemplos en los libros de texto pero que son significativos a la hora de abordar situaciones de interés y relevantes para la formación de los estudiantes del profesorado.

Idea clave: *Las membranas son estructuras fosfolípicas que se comportan como un mosaico fluido y pueden producir el autoensamblaje de sus componentes.*

Las membranas están constituidas por una finísima bicapa de fosfolípidos, unidos por enlaces no covalentes. Son estructuras dinámicas, fluidas, ya que sus moléculas pueden desplazarse en el plano de la membrana y autoensamblarse con otras semejantes. La posibilidad de autoensamblarse y formar liposomas en agua, está vinculada con el carácter anfipático de las unidades de fosfolípidos que las componen.

### CONCLUSIONES

Respecto de las implicancias que estos estudios pueden tener en la implementación de las UD's vemos, por ejemplo, que en el momento de aplicación de la idea clave sobre fluidez y autoensamblaje que habían construido (Sanmartí, 2002), los estudiantes fueron puestos ante diferentes situaciones que debían explicar y definir en un modelo gráfico. El que muestra la Imagen 2 fue producido por un grupo de alumnos y dio cuenta del mecanismo de transporte de moléculas por vesículas en el interior de una célula. Adviértase en el texto que los estudiantes para justificar el autoensamblaje hacen una analogía con gotas de aceite, sustancia que habían utilizado al inicio de la UD, junto con otros materiales, en el proceso de modelización de la membrana (Lozano, 2015).

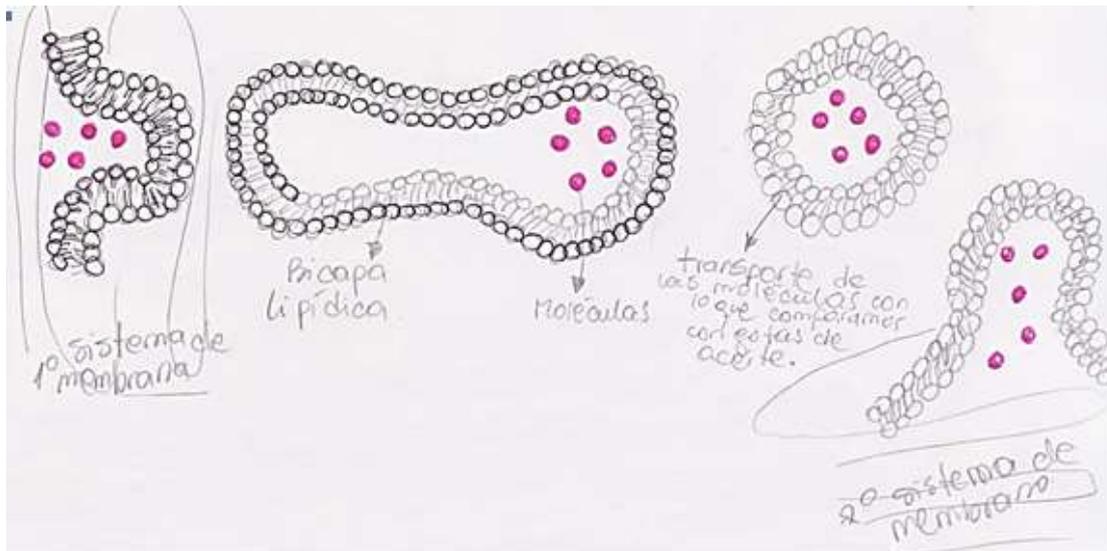


Imagen 2 Modelo gráfico de transporte de moléculas por vesículas (Lozano, 2015)

Otros fenómenos abordados por los estudiantes y modelizados de manera gráfica en función del aspecto de fluidez y autoensamblaje fueron: la entrada y salida de un micropipeta a un óvulo en una fecundación in vitro, la fagocitosis que hace una ameba de un paramecio y la interacción liposomas – células en un caso de un fungicida administrado mediante liposomas artificiales.

Consideramos que el estudio sobre el saber de referencia llevado a cabo, permitió especificar aspectos que no son utilizados como ejemplos de problemas y aplicaciones en los libros de texto, pero que adquieren relevancia para la formación de los estudiantes cuando, en particular, pueden ser útiles para el abordaje de hechos sociocientíficos de interés.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adúriz Bravo, A.; Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *REIEC* 4 (1): 40-49

Adúriz-Bravo, A. (2010). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *Revista EDUCyT*, 1: 125-140.

Adúriz-Bravo, A. (2012). A 'Semantic' View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22 (10): 1593-1611.

Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. (2004). *Biología molecular de la célula*. (4° Ed.) Barcelona: Omega.

Bahamonde, N. (2014). Pensar la educación en Biología en los nuevos escenarios sociales: La sinergia entre modelización, naturaleza de la ciencia, asuntos sociocientíficos y multireferencialidad. *Bio-grafía - Escritos sobre la Biología y su enseñanza* 7(13): 87-98.

Bahamonde, N. y Gómez, a. (2016) Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos. *Enseñanza de las ciencias* 34(1): 127-149.

Bardín, L. (1986). *Análisis de contenido*. Akal. Madrid.

Campbell, N. R. (2007). *Biología*. (7° Ed.) Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Curtis, H. (2008) *Biología* (7° Ed) Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana

De Robertis (h) Hib – Ponzio (2008) *Biología celular y molecular*. (15° Ed. 6ta reimp.) Buenos Aires: El Ateneo.

Echeverría, J. 1998. *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal Ediciones.

Gilbert, J. & Justi, R. (2016 a) Models of modelling, en: Gilbert, J. & Justi. R. (Eds.). *Modelling-*

- based Teaching in Science Education*, 17-40. Springer. Suiza.
- Kuhn, T. S. (2006) *La estructura de las revoluciones científicas*. (3° Ed.) México: Fondo de Cultura Económica. Original en inglés de 1962.
- Lederman, N. G. (2006) Research on nature of science. Reflections on the past. Anticipation of the future. *HKI Ed APFSLT* 7(1): 2-12.
- Lozano, E. (2015) *Diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica para la enseñanza de modelos de membrana celular en la formación biológica del profesorado, con aportes de ideas metacientíficas provenientes del eje naturaleza de la ciencia*. Neuquén, Tesis (Doctorado en Enseñanza de las Ciencias Naturales con Orientación en Biología) – Universidad Nacional del Comahue.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12049/527>
- Lozano, E.; Bahamonde, N. y Adúriz-Bravo, A. (2026). Análisis histórico-epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de la ciencia al profesorado. *Filosofía e História da Biologia*, São Paulo, 11(1): 49-68.
- Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(2): 255-278.
- Psillos, D. & Kariotoglou, P. (Editors) (2016) *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*. London: Springer.
- Rauchfuss, H. (2008) *Chemical Evolution and the Origin of Life*. Springer. Berlín.
- Sadava, D.; Heller, H.; Orians, G.; Purves, W.; Hillis, D. (2009) *Vida. La ciencia de la Biología*. (8° Ed.) Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Singer, S.; Nicolson, G. (1972). The Fluid Mosaic Model of the Structure of Cell Membranes. *Science*. 175(4023): 720-731 DOI: 10.1126/science.175.4023.720
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria Obligatoria*. Síntesis Educación: Madrid.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. & Howes, E. V. (2005). *Beyond STS: A research based framework for Socioscientific Issues Education*. Wiley interscience..

<b>Temas</b>	<b>Descripción general del contenido</b>
<b>Estructura básica. “Mosaico fluido”</b> En la totalidad de los textos <b>Fluidez y autoensamblaje</b> En 3 textos	Hace referencia a la composición química y a los atributos físicos de la membrana celular. Si bien es uno de los atributos físico-químicos de los fosfolípidos y una consecuencia de la fluidez, se decidió destacar el autoensamblaje como aspecto de interés para la comprensión de diversos fenómenos de la economía celular
<b>Intercambios</b> En la totalidad de los textos  <b>Sistemas de endomembranas</b> En 4 textos	Incluye los aspectos estructurales y funcionales que permiten explicar la salida y entrada de materia desde y hacia la célula.  Se refiere a la función de las membranas para la compartimentalización del interior celular y el desarrollo de actividades especializadas (organelas en eucariotas y pliegues de membrana en procariontes)
<b>Comunicación celular</b> En 4 textos	Incluye aspectos estructurales y funcionales de la membrana que explican fenómenos de señalización celular
<b>Formación de gradientes</b> En 3 textos	Implica la consideración de las membranas como espacios físicos que dan lugar a la formación de potenciales que tienen implicancias energéticas
<b>Evolución de la membrana y de los sistemas de endomembranas</b> En 1 texto	Hace referencia al aspecto dinámico y evolutivo de la estructuras fosfolipídicas
<b>Historia de los modelos de membrana</b> En 2 textos	Incluye el abordaje en apartados específicos dentro del capítulo, de temas relacionados con episodios históricos y algunos análisis epistemológicos

Tabla 1 Temas de membrana en manuales de Biología