

**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**

**Design, Implementation and Evaluation of a Teaching-Learning Sequence to Teach Models of Cell Membrane in Biology Teacher Training, with Contributions of Metascientific Ideas from Nature of Science**

**Tesis de Doctorado**

**Autor: Eduardo E. Lozano**

**Director: Dr. Agustín Adúriz-Bravo (UBA)**

**Codirectora: Dra. Nora Bahamonde (UNRN)**

**Programa: Doctorado en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Mención en Biología. Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Comahue.**

**Dirección: Profesorado de Nivel Medio y Superior en Biología – Universidad Nacional de Río Negro. Estados Unidos 750 – (8332) General Roca – Río Negro**

**E-mail: elozano@unrn.edu.ar**

Existe una fuerte tradición en los profesorados universitarios en ciencias, respecto de establecer una separación entre la formación que reciben los alumnos en el ámbito de las disciplinas de las ciencias naturales y la formación vinculada con los aspectos pedagógicos y didácticos. Desde una perspectiva crítica de ese estado, sostenemos que los campos disciplinares pueden y deben ser definidos en función del sentido de su enseñanza y creemos que, para la formación de profesores, es necesario incorporar en el seno de las disciplinas de las ciencias naturales a enseñar, ciertos aspectos centrales que provienen de la investigación en didáctica actual, como el desarrollo de procesos de modelización de fenómenos por parte de los propios estudiantes y el abordaje de contenidos metacientíficos del eje *naturaleza de la ciencia*.

Nuestra hipótesis general sostiene que, si los espacios de formación en modelos didácticos que posee el profesorado comienzan a permear ideas y estrategias de trabajo hacia los espacios de formación disciplinar en biología, la integración de estos ámbitos redundará en hacer más estables y significativos los aprendizajes vinculados tanto a los modelos científicos disciplinares de la biología como a los modelos didácticos que construyan los estudiantes. Creemos que así será posible avanzar hacia una formación disciplinar en biología más significativa para los estudiantes, porque además de brindarles oportunidades para construir modelos científicos escolares, se haría posible la reflexión teórica sobre qué es la ciencia, cómo se elabora y sobre cómo se pueden identificar aquellos modelos que son fundamentales en la organización de una disciplina. Además, la posterior reflexión metacognitiva que sobre las dimensiones disciplinar y metacientífica implicadas en la formación biológica puedan llevar a cabo los alumnos, por ejemplo al cuestionarse qué aprendemos en biología y de qué manera lo hacemos, tendría valor como registro

didáctico, el cual podría ser luego retomado y analizado desde ciertos modelos teóricos en el desarrollo de la Didáctica.

En ese campo general de problematización, y en particular en el ámbito de la materia Biología Celular de primer año del Profesorado en Biología, llevamos a cabo una investigación didáctica orientada al diseño, aplicación y evaluación de una unidad didáctica (UD). Ello implicó a los estudiantes en el desarrollo de procesos de modelización de fenómenos en los que interviene la membrana celular y en el aprendizaje de contenidos metacientíficos provenientes del eje de la *naturaleza de la ciencia*.

Además de la definición del problema, en el **Capítulo 1** de la Tesis se presentan las preguntas y objetivos de la investigación. El objetivo general fue: Interpretar procesos de modelización científica y metacientífica en estudiantes del Profesorado en Biología durante la implementación de una UD para la enseñanza de temas de membrana celular, en el contexto natural de las clases de la materia Biología celular.

El **Capítulo 2** contiene el desarrollo del *Marco Teórico* de la Investigación. Se presentan fundamentos del *Modelo cognitivo de ciencia escolar*, el cual considera que la educación científica consiste en lograr que los estudiantes puedan pensar el mundo con teorías para intervenir en él, realizando actividades parecidas a las que desarrollan los científicos cuando generan y justifican representaciones sobre el mundo. Se presentan dos vertientes de la filosofía de la ciencia desde las cuales se ha nutrido: una de raigambre epistemológica, la *Concepción semántica de las teorías científicas* y otra, más vinculada al campo de las reflexiones axiológicas sobre la ciencia, desde la que se postula el concepto de *Actividad científica*. Luego se desarrolla el modelo de *Actividad científica escolar* el cual operativiza para la enseñanza al *Modelo cognitivo de ciencia escolar*. En ese marco se justifica a la modelización como una actividad central en la formación científica de los estudiantes y se presenta una tipología de actividades que la promueven. Por último, se presenta el componente *Naturaleza de la ciencia* y se desarrolla un modelo de elaboración de contenidos metacientíficos para la UD.

En el **Capítulo 3**, destinado a la *Metodología*, se justifica el abordaje general en un enfoque de tipo cualitativo y se inscribe específicamente a la investigación didáctica a llevar a cabo en los *Estudios de diseño* (Design-Based Research), estudios de campo en los que un equipo de investigación interviene en un contexto de aprendizaje particular para atender mediante el diseño de una UD, el logro de una meta pedagógica explícitamente definida. Se planificaron dos ciclos de implementación y análisis en el contexto natural de las clases que el docente investigador dicta en la materia Biología Celular: el Estudio 1 o Estudio preliminar para el año 2013, su revisión e implementación de ajustes y modificaciones, y el Estudio 2 o Estudio definitivo, para el año 2014. Se especificaron las unidades de análisis y la forma de construir las categorías. En el Estudio 2 el análisis se llevó a cabo sobre las producciones de 32 alumno/as organizados en siete grupos, muestra intencional no probabilística que implicó a más del 50% de los cursantes de la UD en la materia Biología Celular.

En el **Capítulo 4**: *Estudios sobre el saber de referencia para la determinación de las*

*ideas claves disciplinares y metacientíficas*, se presenta un estudio histórico-epistemológico sobre modelos de membrana celular, desde la formulación de la teoría celular en 1839 hasta la actualidad que permitió abordar las siguientes preguntas: ¿Cómo fue la génesis, evolución y desarrollo de los modelos de membrana celular? ¿Qué dificultades, obstáculos, y discusiones aparecieron en su producción?. Dichas preguntas fueron formuladas con el sentido de identificar episodios históricos que aportaran elementos de interés, como la utilización de analogías, discusiones científicas, etc. y también como escenario para ambientar la discusión sobre las ideas clave metacientíficas. El otro estudio, implicado en este Capítulo, es un análisis de temas de membrana celular presente en manuales universitarios de uso frecuente en la formación biológica general, a partir del cual fue posible identificar aspectos del modelo de membrana que aparecen débilmente retratados y que son potencialmente significativos para explicar diferentes fenómenos (por ejemplo, la carencia de un enfoque evolutivo para el desarrollo de los sistemas de endomembranas y la fluidez asociada al transporte por vesículas). Al finalizar este capítulo se formularon las ideas clave, a modo de afirmaciones sencillas sobre aspectos del modelo de membrana celular y temas de naturaleza de la ciencia, que nos propusimos que nuestros alumnos construyan: *Fluidez y autoensamblaje de membrana - Evolución de los sistemas de endomembranas - Los modelos analógicos - La carga teórica de las observaciones y la construcción de los hechos científicos*.

En el **Capítulo 5** se presenta el Diseño de la UD para el Estudio 1, preliminar, y el análisis de las producciones de los alumnos durante su implementación en el año 2013. Se describen aspectos positivos, entre ellos la significatividad que tuvo para dar inicio a los procesos de modelización de la membrana celular la situación problemática propuesta, como *asunto sociocientífico*, relacionada con un caso de fertilización in vitro, en el cual los alumnos debían explicar con gráficos y textos complementarios, por qué a un óvulo puede ingresar y salir una micropipeta para dejar un espermatozoide y no sufrir daños que impidan el desarrollo posterior del embrión. También la utilización de una analogía entre membranas celulares y pompas de jabón, ambientada en un episodio histórico de fines del siglo XIX. Entre los aspectos a revisar se identificó la debilidad del proceso de modelización intermedia que produjeron los alumnos antes de llegar al momento de estructuración del conocimiento y aplicación del nuevo modelo, y también la falta de articulación entre la modelización de la membrana y el desarrollo de las ideas metacientíficas.

En el **Capítulo 6** se presenta la reformulación de la UD para el diseño del Estudio 2. Entre otros puntos, se fortaleció el proceso de modelización intermedia incorporando, entre las actividades, el trabajo con diversos materiales y sustancias y la producción de maquetas. También se llevó a cabo un minucioso proceso de articulación de actividades para permitir el trabajo simultáneo entre las ideas claves disciplinares y metacientíficas. Como corolario de este capítulo, se presenta la Tabla con las veintidós actividades que conformaron el diseño definitivo para la implementación del Estudio 2 con alumno/as de Biología celular en el año 2014. La UD quedó organizada en dos Etapas articuladas entre sí: la Etapa 1 implicó actividades para el trabajo sobre las ideas claves de *Fluidez y autoensamblaje y Modelo analógico* y la Etapa 2, sobre la idea clave de *Evolución de los sistemas de endomembranas y La construcción de los hechos científicos*. Un ejemplo de

la búsqueda de articulación entre la formación disciplinar y metacientífica lo constituyó la actividad de iniciación de la Etapa 2, la cual presentó a los alumnos una discusión científica entre biólogos gradualistas y partidarios de la teoría endosimbiótica, a mediados del Siglo XX, respecto del origen de las mitocondrias.

El **Capítulo 7** está destinado a una descripción densa, un análisis minucioso y la interpretación del proceso de modelización llevado a cabo por alumno/as en la Etapa 1 del Estudio 2. Se trabajó sobre las producciones implicadas en las actividades de iniciación, modelización intermedia, de estructuración del conocimiento y de aplicación. Se produjeron categorías que permitieron dar sentido al trabajo llevado a cabo por los alumno/as en el desarrollo de las ideas clave de *Fluidez y autoensamblaje* y de *Modelo analógico*.

El **Capítulo 8** reproduce para la Etapa 2 el esquema descriptivo y de análisis del capítulo anterior, ahora relacionado con las ideas claves de: *Evolución de los sistemas de endomembranas* y *La carga teórica de las observaciones y la construcción de los hechos científicos*.

En el **Capítulo 9** se presentan las *Conclusiones* de la Investigación en referencia a cada uno de los objetivos específicos propuestos en el Capítulo 1.

Entre otros aspectos, en ellas se expresa que fue posible estructurar un grupo de contenidos para la formación disciplinar y metadisciplinar en la materia Biología Celular, advertidos desde modelos teóricos del campo de la formación en didáctica. Se pudo constatar que los alumnos aprendieron contenidos de membrana celular mediante procesos de modelización en el ámbito de la Actividad científica escolar y también contenidos metacientíficos del eje naturaleza de la ciencia, pudiendo aplicarlos ante nuevas situaciones. Además, el desarrollo de las ideas claves disciplinares y metacientíficas se llevó a cabo, de manera simultánea, durante la implementación de la UD. Fue posible constatar que este desarrollo conjunto facilitó al aprendizaje en cada uno de los ámbitos; esto es, la modelización disciplinar impulsó el desarrollo de la modelización metacientífica y también a la inversa.

En la implementación de la UD, los alumnos manifestaron una actitud muy favorable para implicarse en el análisis de las propuestas de cada una de las actividades; participaron activamente en las discusiones y en las producciones grupales. También en los espacios que implicaban al conjunto de la clase, y en la conformación de un cúmulo de experiencias de aprendizaje, que podrían recuperarlas luego, en espacios de formación en didáctica, desde enfoques metacognitivos, retratarlas y formalizarlas desde los modelos teóricos que se sostienen en ese campo. El tipo de propuesta que implementamos apunta a la enseñanza de determinados modelos, pero también a la elaboración de un registro significativo por parte de los alumnos de un proceso de construcción de un hecho científico en el ámbito educativo.