

## **El diseño de unidades didácticas para la integración disciplinar, metacientífica en la formación del profesorado en biología**

*Eduardo Lozano<sup>1</sup>, Pamela Diaco<sup>2</sup>, Nora Bahamonde<sup>3</sup>, Paula Mut<sup>4</sup>, Cecilia Cremer<sup>5</sup>*

*<sup>1-5</sup>Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro – Argentina*

*<sup>1,3</sup>Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales. CeFIEC. Universidad de Buenos Aires.*

*<sup>1</sup>elozano@unrn.edu.ar, <sup>2</sup>pdiaco@unrn.edu.ar, <sup>3</sup>nbahamonde@hotmail.com, <sup>4</sup>pau.mut@gmail.com, <sup>5</sup>cecremer@hotmail.com*

### **Resumen**

Las Unidades didácticas (UDs) constituyen un potente dispositivo para el desarrollo de innovaciones en la enseñanza de las ciencias. Pueden dar lugar a transformaciones profundas en las prácticas educativas y también colaborar en la reconfiguración de diferentes campos intervinientes en un área de formación. Situados en el contexto del profesorado en Biología en el ámbito de la universidad, presentamos y fundamentamos tres aspectos innovadores promovidos por el diseño e implementación de UD: la vinculación de los campos de la formación disciplinar y didáctica, la integración de la modelización disciplinar y metacientífica y la interacción específica y productiva entre esas modelizaciones. Luego se presentan dos UD, una, elaborada e implementada en una materia del eje de formación disciplinar, y otra, en una materia del eje de formación didáctica y se identifican en ellas los aspectos mencionados. El marco teórico que orienta el trabajo de diseño de las UD se referencia en el Modelo cognitivo de ciencia escolar, la Actividad científica escolar y la modelización, el eje Naturaleza de la ciencia y la perspectiva de Asuntos sociocientíficos.

**Palabras clave:** Unidades didácticas, Integración disciplinar y metacientíficas, Enseñanza de las ciencias, Profesorado en biología.

### **Introducción**

En diferentes universidades europeas y americanas, a comienzos de la segunda mitad del siglo XX y en los inicios del desarrollo del campo de investigación en la enseñanza de las ciencias, se formularon diversos dispositivos pedagógicos basados en proponer secuencias didácticas que distinguían fases o momentos del proceso de aprendizaje de los estudiantes y también diferentes niveles que podía alcanzar la enseñanza del contenido. En ese contexto, la preocupación por hacer más significativos los aprendizajes de los estudiantes y como consecuencia de ello, la construcción de una visión más compleja sobre las tareas de diseño e implementación de la enseñanza, llevaron a Robert Karplus y Chester Lawson a proponer la idea de ciclos de aprendizaje. Ese constructo incluía básicamente la consideración de ciertas etapas que debían cumplirse en las tareas de enseñanza de las ciencias y, luego de una década de investigaciones y con un notable basamento constructivista, las definieron como etapas de exploración, de introducción de conceptos y

de aplicación de conceptos. En los años 90, Jorba y Sammartí (1994) dieron continuidad a esa línea, atendiendo también a los modelos de diseño instruccional de Reigeluth, pero ahora en el contexto de visiones socioconstructivistas sobre el aprendizaje y en el marco del Modelo Cognitivo de Ciencia Escolar (MCCE) (Izquierdo, 2000). En ese nuevo período desarrollaron una serie de ajustes a esas secuencias y definieron aspectos básicos de las UD, que implicaban la organización y estructuración de diferentes tipos de actividades orientadas tanto a la enseñanza y el aprendizaje como a la evaluación y regulación de los mismos (Sanmartí, 2002). En la actualidad y tal como propone Sammartí, el diseño de las UD sigue constituyendo la actividad más importante en el trabajo docente, ya que es a través de ellas que se concretan y se hacen explícitas las intenciones educativas de las y los profesores. Además, las UD constituyen un dispositivo privilegiado para el desarrollo de investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias ya que, en función de los contextos en los que puedan aplicarse y de acuerdo a las diferentes directrices teóricas que en la actualidad puedan sustentarlas, se constituyen como potentes herramientas que pueden dar lugar a la producción de innovaciones y de transformaciones profundas en las prácticas concretas de enseñanza.

Esta comunicación tiene como objetivo presentar y fundamentar tres aspectos implicados en la elaboración de UD que consideramos constituyen un aporte sustancial a la formación del profesorado en biología en el ámbito de la universidad, y dos ejemplos de UD en las cuales identificaremos los aspectos innovadores mencionados. Esas UD fueron diseñadas, implementadas y evaluadas en el marco de un proyecto de investigación a partir del desarrollo de ciclos iterativos.

### **Aspectos de la formación intervenidos por el diseño de UD y su implementación**

*a. El diseño de UD permite establecer vinculaciones entre diferentes campos de la formación del profesorado en Biología.*

Existe una fuerte tradición en los profesorados universitarios en ciencias en nuestro país, respecto de establecer una separación entre la formación que reciben los estudiantes en el ámbito de las disciplinas de las ciencias naturales y la formación vinculada con los aspectos pedagógicos y didácticos. Frente a esta situación sostenemos que los ámbitos de formación en didáctica de las ciencias naturales pueden conectarse y difundir modelos y estrategias de enseñanza hacia la formación biológica. Además, si los espacios de formación en didáctica de las ciencias que cursan los estudiantes del profesorado, retoman y vuelven a tratar los modelos biológicos con miras a su enseñanza, la integración podría hacer más significativos y estables los aprendizajes tanto de los modelos científicos disciplinares de la biología como de los modelos didácticos que construyan los estudiantes. Para operativizar esta hipótesis, la línea de investigación que desarrollamos se ocupa del diseño, implementación y evaluación de UD que dan lugar a que los espacios de formación disciplinar en biología que cursan los estudiantes estén informados e intervenidos desde modelos didácticos actualizados (ver aspecto b), afines a aquellos que los estudiantes construyen en los espacios de formación para la enseñanza de la ciencia, y el desarrollo de UD que en el ámbito de las materias de formación didáctica retoman modelos biológicos.

b. *El diseño de UD's permite la integración de la modelización disciplinar y metacientífica en el abordaje de asuntos sociocientíficos.*

La estructuración teórica general que sostiene el diseño de las UD's que elaboramos, se hace a partir del Modelo Cognitivo de Ciencia Escolar (MCCE), 2000), el cual hibrida una vertiente epistemológica, la concepción semántica de las teorías científicas (Adúriz-Bravo 2012), que otorga un lugar central a la producción de modelos teóricos en los procesos de construcción del conocimiento científico, con una vertiente axiológica de la filosofía de las ciencias, desde la cual la ciencia es definida como actividad científica para intervenir en el mundo y esto habilita al análisis de las cuestiones valorativas que pueden atribuírseles a las intervenciones (Sammartí, 2002). Desde el MCCE se propone, como idea básica, que la educación científica debe ofrecer a los estudiantes oportunidades para pensar teóricamente al mundo y para intervenir en él y, en ese marco teórico, la Actividad científica escolar permite extender sus ideas centrales al trabajo concreto de diseñar la enseñanza, orientada a la modelización de fenómenos (Gilbert, 2016 Adúriz-Bravo, 2012). Desde la perspectiva de Asuntos sociocientíficos (Bahamonde, 2014) se da lugar a la dimensión práctica de aplicación de dichos modelos a fenómenos de interés de la realidad, abordando problemas significativos para los estudiantes y la sociedad. Además, desde el eje Naturaleza de la ciencia, se orienta al desarrollo de ideas claves metacientíficas que permiten a los estudiantes pensar diferentes temas de epistemología, historia y sociología de las ciencias (Gilbert, 2016). Así, y situados en esas coordenadas teóricas, diseñamos UD's que abordan hechos sociocientíficos e integran, dinamizados por la modelización, un eje disciplinar biológico y un eje metacientífico que se desarrollan simultáneamente en las clases y se explicitan mediante la formulación de ideas clave disciplinares y metacientíficas (Figura 1) (Bahamonde y Lozano, 2017).



Figura 1. Modelo de integración de perspectivas teóricas en el diseño de UD's dinamizadas por la modelización.

c. *El diseño de actividades específicas en las UD's da lugar a interacciones significativas entre el eje disciplinar y el metacientífico.*

Este es uno de los aspectos de mayor interés en el diseño de las UD's, ya que no sólo consideramos apropiado el trabajo en doble agenda, disciplinar y metacientífica

durante el desarrollo de una UD, sino que además propiciamos que el diseño contemple actividades que actúen a modo de dinamizadoras entre los ejes y que sean útiles para pensar y desarrollar un aspecto de la idea metacientífica durante la construcción del modelo biológico, y también a la inversa (Figura 2). De este modo, consideramos que mediante el diseño de las UD es posible avanzar en una integración explícita y profunda entre modelos disciplinares y reflexión metacientífica.

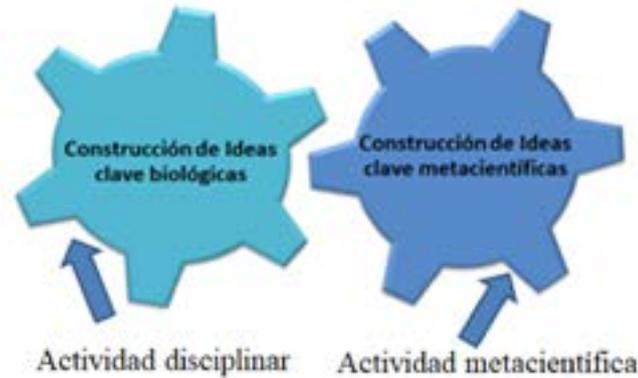


Figura 2. Modelo de vinculación disciplinar-metacientífica mediante el diseño de actividades específicas en las UD

## Desarrollo

A continuación presentaremos dos UD desarrolladas en el ámbito del mencionado proyecto de investigación y se hará referencia a los aspectos antes señalados, los cuales denominaremos: Aspecto a, b y c.

1) *Unidad Didáctica para la enseñanza del modelo de presión arterial (PA) y la idea metacientífica de paradigma.*

Aspecto a. El diseño de esta UD dio lugar a la integración del campo de la formación disciplinar y didáctica del profesorado en Biología. Su desarrollo se llevó a cabo en la materia Biología Humana de 3er año, y el equipo que diseñó e implementó la UD estuvo conformado por docentes de Biología Humana, de Didáctica de las Ciencias y de Pensamiento y Actividad Científica. El itinerario didáctico y la tipología de actividades puestas en juego da cuenta del nivel de intervención de los modelos teóricos didácticos en el seno de la materia disciplinar (Ver Tabla 1).

Aspecto b. Durante el proceso de modelización que los estudiantes llevaban a cabo sobre el fenómeno de PA, se intercalaron actividades para el desarrollo de una idea sobre paradigma cuyo contenido se definió a partir de insumos producidos por un estudio histórico epistemológico llevado a cabo sobre el modelo de PA (Ver Tabla 1).

Aspecto c. Un ejemplo de actividad de la línea metacientífica que traccionó el modelo disciplinar de PA, fue el análisis del experimento de Stephen Hales (1677 – 1761) quien midió la PA en un animal utilizando un método a la *Torricelli* (presión directa de la sangre del animal en un capilar) y esto llevó a los estudiantes a investigar de qué manera miden la PA los dispositivos actuales, los que evidentemente no utilizan la sangre de manera directa.

Tabla 1. UD Modelo de Presión Arterial y Paradigmas

<b>Unidad didáctica</b>	
<b>Se presenta el hecho sociocientífico</b>	
Se analizan recortes periodísticos que informan sobre medidas relacionadas con la prohibición de colocar saleros en las mesas de restaurantes y casas de comida. Se generan espacios para que los estudiantes expresen sus ideas sobre el sentido y alcance de esa medida y sobre los aspectos de la salud humana que estarían implicados.	
Línea disciplinar biológica	Línea metacientífica
<b>Actividad para la modelización inicial</b>	<b>Actividad para la modelización inicial.</b>
Se orienta a la explicitación de modelos iniciales de Presión Arterial (PA) a partir de la formulación de hipótesis sobre la acción del agua y luego el consumo de sal sobre la PA de alumnos/as de dos grupos, en una situación experimental que implica registros de tensión arterial y volumen de orina.	Da lugar al inicio del análisis histórico. Los alumno/as observan imágenes de sangrías terapéuticas para curar la "enfermedad del pulso duro" en la antigüedad e hipotetizan sobre el sentido de su utilización. Se analiza el componente teórico de las explicaciones que brindan.
<b>Actividades para la modelización intermedia</b>	<b>Actividades para la modelización intermedia</b>
Se analizan los modelos iniciales puestos en juego para explicar la situación experimental. Se realizan protomodelos con materiales concretos para avanzar en la comprensión de aspectos del modelo de PA.	La contextualización de las sangrías: se introduce a la Teoría de los cuatro humores y a las prácticas médicas sobre la "enfermedad del pulso duro" y se discuten relaciones con la actividad de iniciación de la línea disciplinar
Se realizan puestas en común y se avanza sobre el análisis de modelos eruditos en la bibliografía.	La identificación de una nueva teoría: se analiza un nuevo modelo teórico para la circulación del siglo XVII basado en el modelo copernicano y un paradigma mecanicista.
<b>Actividades para la estructuración del modelo de Presión Arterial</b>	El inicio del modelo de presión arterial: se analiza el experimento de Hales sobre presión arterial del siglo XVIII.
Se rediseñan modelos en 3D que abordan diferentes aspectos del modelo de PA y se describen mecanismos de regulación que avanzan sobre los modelos iniciales.	<b>Actividades para la estructuración de la idea clave de paradigma.</b>
<b>Actividades de Aplicación</b>	Se inscriben los análisis y las discusiones de la modelización inicial e intermedia en la cuestión de los enfoques anacrónicos y sincrónicos y la noción de paradigma.
Se analizan prospectos médicos de fármacos de uso cotidiano para tratar la HTA y se construyen modelos explicativos de la acción.	<b>Actividad de aplicación.</b>
Se analiza nuevamente el problema de la limitación al uso de saleros a partir de los modelos construidos	Se analiza una práctica médica de sangrías pero llevada a cabo en la actualidad y se discuten las condiciones y las orientaciones teóricas.

2) *Unidad Didáctica para la enseñanza del modelo de Evolución por Selección natural (SN) e ideas sobre la naturaleza de la actividad científica.*

Aspecto a. El diseño de esta UD también dio lugar a la integración del campo de la formación disciplinar y didáctica en la formación del profesorado en Biología, pero en este caso se implementó en la materia Didáctica de las Ciencias Naturales de 3er año de la carrera. (Ver Tabla 2). En ese ámbito, además de asumirse el tratamiento simultáneo de modelos biológicos e ideas metacientíficas, se llevaron a cabo actividades para la reflexión sobre el modelo didáctico y un análisis de los modelos teóricos que sustentan el diseño didáctico. Estas actividades centradas en reflexiones teórico-didácticas permitieron en etapas posteriores a los estudiantes diseñar una UD para la enseñanza del modelo de evolución por SN. Si bien las mismas formaron parte de la investigación no se presentan en esta comunicación.

Aspecto b. Durante el proceso de modelización que los estudiantes llevaban a cabo sobre el modelo de Evolución por SN, se intercalaron actividades para la construcción de una idea clave sobre la naturaleza de la actividad científica, cuyo contenido se definió a partir de insumos producidos por un estudio sobre el episodio histórico que culminó con la publicación del origen de las especies por Charles Darwin.

Aspecto c. Un ejemplo de actividad de la línea metacientífica que traccionó el modelo disciplinar de Evolución por SN fue el análisis de las cartas en las que Darwin intercambia ideas, información, hipótesis, resultados y experimentos, con distintos actores sociales. Estas ilustran como, a través del intercambio epistolar, era posible construir progresivamente las principales ideas del modelo SN.

**Tabla 2. UD Modelo de Evolución por selección natural y naturaleza de la actividad científica**

Unidad didáctica	
Se presenta el hecho sociocientífico	
A partir de la lectura de un artículo periodístico publicado en primera plana que plantea graves pérdidas económicas por prohibición para la exportación de Peras y Manzanas a Brasil. Se plantea como problema fallas en el control de la Carpocapsa en el alto valle del Rio Negro. Se generan espacios para que los estudiantes expresen sus ideas sobre por qué y cómo se produjo esta problemática, que actores sociales están involucrados.	
Línea disciplinar biológica	Línea metacientífica
<b>Actividad para la modelización inicial.</b>	<b>Actividad para la modelización inicial.</b>
A. Se plantea a los estudiantes la problemática ¿Por qué, a pesar de que en Alto Valle de Rio Negro (zona de cultivo intensivo de manzanas) se ha combatido a la Carpocapsa (polilla de la manzana) desde 1930, ésta sobrevive al uso intensivo de plaguicidas y continúa produciendo innumerables pérdidas económicas? para la explotación de los modelos iniciales sobre microevolución, a partir de la escritura de un texto explicativo y un gráfico o esquema que permita comprender el razonamiento realizado.	A partir del documental "El árbol de la Vida", la película "La duda de Darwin y un texto. Se propone a los estudiantes caracterizar la sociedad victoriana, teniendo en cuenta el rol y las relaciones entre las diferentes instituciones como la iglesia, la comunidad científica (temas de investigación y acuerdos metodológicos, principales representantes, agrupaciones). Y otros aspectos de la sociedad victoriana desconocidos por ellos.

<p><b>Actividades para la modelización intermedia</b></p> <p>A.A partir de la lectura de nueva información proveniente de diferentes fuentes se complejizan los modelos iniciales. La actividad propone identificar la información que permita sostener la hipótesis inicial, es decir, que oficie de prueba para apoyar el mecanismo o proceso propuesto o que permite inferir un mecanismo alternativo.</p>	<p><b>Actividades para la modelización intermedia</b></p> <p>A partir de la lectura de los fragmentos seleccionados del libro "El origen de las especies" y de las cartas escritas por Darwin, se busca complejizar los modelos iniciales sobre la idea clave de actividad científica. Se solicita a los estudiantes que identifiquen los aportes que Darwin señala como importantes para el desarrollo de su modelo SN, se solicita caracterizar la actividad científica de la época a partir de esta nueva información. Seguidamente se incorporan las metáforas y analogías del "El origen de las especies". Se plantean preguntas para promover la comprensión del rol que jugaron las metáforas y analogías propuestas por Darwin en la interpretación /aceptación de su teoría, considerando el contexto en que fueron elaboradas.</p>
<p><b>Actividades para la estructuración del modelo de evolución por selección natural (Darwiniano aspecto Microevolutivo)</b></p> <p>Se reescriben y reestructuran los modelos iniciales.</p> <p>A. Se propone a los estudiantes relacionar la nueva información con las hipótesis iniciales, ¿permite inferir un mecanismo o proceso alternativo al propuesto? Se les propone "ir un poco más allá" y escribir un texto que argumente su hipótesis con base a la información científica. Se analizan y sistematizan las conclusiones de los diferentes grupos.</p>	<p><b>Actividades para la estructuración de idea clave naturaleza de la actividad científica.</b></p> <p>Se reescriben y reestructuran las ideas iniciales. Se propone a los estudiantes caracterizar en un texto breve la actividad científica, en su complejidad, tomando como ejemplo el episodio histórico trabajado.</p>

Actividades de Aplicación	Actividades de Aplicación
Se propone elegir un problema ambiental o sanitario, regional o internacional, que pueda interpretarse a partir de los aspectos estudiados del modelo de evolución por selección natural, justificando por escrito su elección.	A partir de una noticia del diario La Nación escrita por el procurador general de CABA titulada: "Darwin ha muerto". Se propone a los estudiantes realizar un esquema explicativo que contenga los argumentos desarrollados, incluyendo un análisis del uso que realiza de la teoría Darwiniana. Posteriormente se los invita a analizar la contestación de la comunidad científica a la carta del procurador. Para finalizar se solicita a los estudiantes elaborar un texto comparando la respuesta de la comunidad científica y el análisis realizado sobre la carta del procurador. Indicando semejanzas y diferencias, y su relación con la idea meta científica trabajada.

## Conclusiones

La comunicación ha dado cuenta de la producción de UD's que, orientadas por directrices teóricas actuales del campo de investigación en enseñanza de las ciencias, poseen aspectos particulares que han permitido intervenir en la práctica y dar lugar a la integración de diferentes campos de formación en el contexto del profesorado en biología.

Si bien no es objeto de esta comunicación - orientada a la difusión de propuestas innovadoras - cabe mencionar que los resultados de investigaciones que implicaron el diseño, evaluación e implementación de UD's con estas características, han mostrado avances significativos en la integración de procesos de modelización disciplinar y metacientífica que llevaron a cabo los estudiantes (Bahamonde y Lozano 2017).

Consideramos que esta perspectiva de trabajo se encuentra en una fase inicial de desarrollo y constituye un ámbito de interés para la proyección de nuevas experiencias de enseñanza y proyectos de investigación.

## Referencias Bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. (2012) 'Semantic' View of Scientific Models for Science Education. Science & Education DOI 10.1007/s11191-011-9431-7
- 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 Lozano, E. (2017). El diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica sobre el modelo de presión arterial advertido por ideas metacientíficas en la formación del profesorado en biología. *Enseñanza de las Ciencias*. N° Extraordinario 2017: 449-454.

Gilbert, J. y Justi, R. (2016). Models of modelling. En J. Gilbert, R. Justi (Ed.) *Modelling-based Teaching in Science Education* (pp. 17-40). Switzerland: Springer.

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En Perales Palacios F. J. Y Cañal de León, P. (Ed). *Didáctica de las ciencias experimentales*. (pp. 35-64). Alcoy: Editorial Marfil.

Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis Educación.