



Fotografía
Edgar Orlay Valbuena Ússa

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA QUE INTEGRA MODELIZACIÓN BIOLÓGICA Y METACIENTÍFICA A PARTIR DE UN HECHO SOCIOCIENTÍFICO EN LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO

Design, Implementation and Evaluation of a Didactic Unit that Integrates Biological and Meta-Scientific Modeling Based on a Socio-Scientific Fact in Teacher Training

Desenho, implementação e avaliação de uma unidade didática que integra modelização biológica e metacientífica a partir de um fato sociocientífico na formação de professores.

Eduardo Enrique Lozano*
 María Cecilia Cremer**
 Paula Natalia Mut***
 Nora Bahamonde****

Fecha de recepción: 17 de mayo de 2020
 Fecha de aprobación: 20 de mayo de 2021

Cómo citar:

Lozano, E. E., Cremer, M. C., Mut, P. N. y Bahamonde, N. (2021). Diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica que integra modelización biológica y metacientífica a partir de un hecho sociocientífico en la formación del profesorado. *Bio-grafía*, 14(27), 78-90. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/15690>

- 1 Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina). elozano@unrn.edu.ar. Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-4897-6673>
- 2 Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina). ccremer@unrn.edu.ar. Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-6460-0273>
- 3 Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina). pmut@unrn.edu.ar. Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-9803-3470>
- 4 Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina). nbahamonde@unrn.edu.ar. Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-6312-2289>

Resumen

El proceso de diseño, implementación y evaluación de Unidades Didácticas (UD), constituye un potente dispositivo para el desarrollo de innovaciones en la enseñanza de las ciencias y puede dar lugar a transformaciones profundas en las prácticas educativas. En el contexto de un Profesorado en Biología en el ámbito de la Universidad, las UD nos permiten concretar y especificar vinculaciones entre el campo de la formación en didáctica y el campo de la formación disciplinar en biología, y también integrar la modelización de fenómenos biológicos y de ideas clave metacientíficas, de manera sincrónica, a partir de la consideración de hechos sociocientíficos que contextualizan y dan sentido a la enseñanza. En este marco, la investigación se desarrolló desde un enfoque cualitativo, implementando “estudios de diseño” en “ciclos iterativos”, con el objetivo de diseñar, implementar y evaluar una UD en la disciplina Biología Humana, para la enseñanza del modelo de “regulación de la presión arterial” (PA), en paralelo al desarrollo de una idea clave sobre “paradigma”. En este artículo se presenta una síntesis de la UD integradora, un detalle de las actividades que colaboraron en la construcción de una idea sobre “paradigma” y el análisis de las producciones de los y las estudiantes, las que dan cuenta de un proceso significativo de reelaboración y complejización de ideas respecto de qué son y cómo operan los paradigmas en la actividad científica.

Palabras clave: unidades didácticas; integración y tracción disciplinar; metacientífica; profesorado en biología; presión arterial; paradigma

Abstract

The process of design, implementation, and evaluation of Didactic Units (UD) constitutes a powerful device for the development of innovations in science teaching and can lead to profound transformations in educational practices. Located in the context, Biology teaching training in the university, the UD allows us to specify links between the field of didactics training and the field of disciplinary training in biology, and also to integrate, synchronously, the modeling of biological phenomena and metascientific key ideas, from the consideration of socio-scientific facts that contextualize and give meaning to teaching. Within this framework, the research was developed from a qualitative approach, implementing “design studies” in “iterative cycles”, with the aim of designing, implementing, and evaluating a UD in the Human Biology discipline, for teaching the blood pressure regulation model, in parallel to the development of a key idea about paradigm. This article presents a synthesis of the integrating UD, a detail of the activities that collaborated in the construction of an idea about “paradigm” and the analysis of the productions of the students, which account for a significant process of re-elaboration and complexity of ideas regarding what paradigms are and how they operate in scientific activity.

Keywords: didactic units; integration and traction discipline; metascientific; teaching in biology; blood pressure; paradigm

Resumo

O processo do desenho, implementação e avaliação das Unidades Didáticas (UD), constitui um poderoso dispositivo para o desenvolvimento de inovações no ensino das ciências e pode levar a profundas transformações nas práticas educativas. No contexto de um professorado em Biologia no âmbito da Universidade, as UD permitem concretizar e especificar ligações entre o campo de formação em didática e o campo de formação disciplinar em biologia, e também integrar a modelização de fenómenos biológicos e de ideias metacientíficas chave, de forma síncrona, a partir da consideração de fatos sociocientíficos que contextualizam e dão sentido ao ensino. Neste enquadramento, a pesquisa desenvolveu-se a partir de uma abordagem qualitativa, implementando “estudos de design” em “ciclos iterativos”, com o objetivo de desenhar, implementar e avaliar uma UD na disciplina de Biologia Humana, para o ensino do modelo “regulação da pressão arterial” (PA), paralelamente ao desenvolvimento de uma ideia-chave sobre “paradigma”. Neste artigo apresenta-se uma síntese da UD integrativa, um detalhamento das atividades que colaboraram na construção de uma ideia sobre “paradigma” e a análise das produções dos alunos, que dão conta de um processo significativo de reelaboração e complexidade de ideias sobre o que são paradigmas e como eles operam na atividade científica.

Palavras-chave: unidades didáticas; integração e tração disciplinar; metacientífica; professores em biologia; pressão arterial; paradigma



Introducción y coordenadas teóricas

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* (Lawson, 1994). 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 *et al.*, 1999). En ese nuevo período desarrollaron una serie de ajustes a esas secuencias y definieron aspectos básicos para el diseño 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 su regulación (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 profesoras y los profesores. También, los procesos de diseño, implementación y evaluación (DIyE) de UD constituyen dispositivos privilegiados para el desarrollo de investigaciones en el campo de la Didáctica de las Ciencias Naturales y pueden dar lugar a la producción de innovaciones y de transformaciones profundas en las prácticas concretas de enseñanza; además pueden constituirse como ejemplos validados que pueden ser extendidos en diferentes contextos educativos. En este marco, la investigación tuvo como objetivo el DIyE de una UD para la enseñanza del modelo de regulación de la Presión Arterial (PA) junto al desarrollo de una idea clave metacientífica sobre “paradigma” en un ciclo iterativo (Psillos y Kariotoglou, 2016), el análisis de las modelizaciones que llevaron a cabo los estudiantes y el valor que cobraron las interac-

ciones y la sinergia producida entre los ejes disciplinar y metacientífico de la formación.

Aspectos de la formación integrados en el diseño de UD y su implementación

- a. El DIyE de UD permite establecer vinculaciones entre diferentes campos de la formación del profesorado en biología en el ámbito de la universidad.

Existe una fuerte tradición en los profesados universitarios en ciencias en Argentina respecto a 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. Sin embargo, a partir de experiencias previas (Lozano *et al.*, 2018) se puede establecer que los ámbitos de formación en didáctica de las ciencias naturales pueden conectarse y difundir modelos y estrategias de enseñanza hacia la formación biológica.

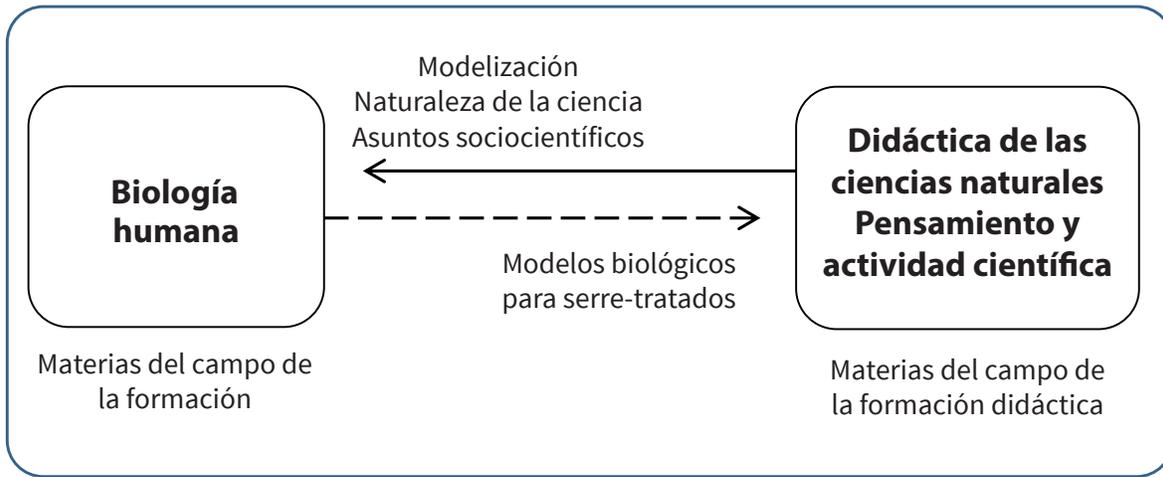
A partir del Modelo Cognitivo de Ciencia Escolar (MCCE) (Izquierdo *et al.*, 1999) se piensa en la capacidad de permear directrices hacia la enseñanza en los espacios disciplinares, ya que se hibrida una vertiente epistemológica, la concepción semántica de las teorías científicas (Giere, 1988; Adúriz-Bravo, 2012), con una vertiente axiológica de la filosofía de las ciencias (Echeverría, 1995). La primera otorga un lugar central a la producción de modelos, definidos como entidades abstractas, representaciones que subrogan aspectos del mundo bajo estudio y que actúan como mapas para facilitar su comprensión. La relación entre los modelos y la realidad se establece en términos de “similaridad” y esto implica que representación y realidad se vinculan analógicamente en forma más o menos estrecha. La segunda define a la ciencia como una actividad humana para intervenir en el mundo, lo cual habilita las discusiones sobre los valores implicados en las intervenciones y los sentidos que las promueven. La Actividad Científica Escolar (ACE) permite extender las ideas centrales del MCCE al trabajo concreto de diseñar la enseñanza, orientada a la modelización de fenómenos, adecuados al contexto escolar, y a promover que los estudiantes tengan oportunidades de pensar teóricamente al mundo con la finalidad de intervenir en él (Sanmartí, 2002; Gilbert y Justi, 2016; Adúriz-Bravo, 2012). Desde la perspectiva de Asuntos Sociocientíficos (ASC) (Zeidler *et al.*, 2005; Bahamonde, 2014) se da lugar a la dimensión práctica, a la contextualización de dichos modelos en hechos de la realidad, que son de interés, ya que abordan problemas significativos para la propia

vida de los estudiantes y que implican la consideración y discusión sobre valores. Por último, desde el eje *naturaleza de la ciencia*, se orienta al desarrollo de ideas clave metacientíficas que permiten a los estudiantes pensar diferentes temas de epistemología, historia y sociología de las ciencias (Adúriz-Bravo, 2005; Gilbert, 2016).

Por otra parte, si esta vinculación de los espacios de formación en didáctica de las ciencias con los disciplinares

que cursan los estudiantes del profesorado permite que se retomen y vuelvan 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 (Figura 1).

Figura 1. Vinculaciones entre diferentes campos de la formación del profesorado en biología en el ámbito de la Universidad Nacional de Río Negro, para el diseño e implementación de UD



Fuente: elaboración propia.

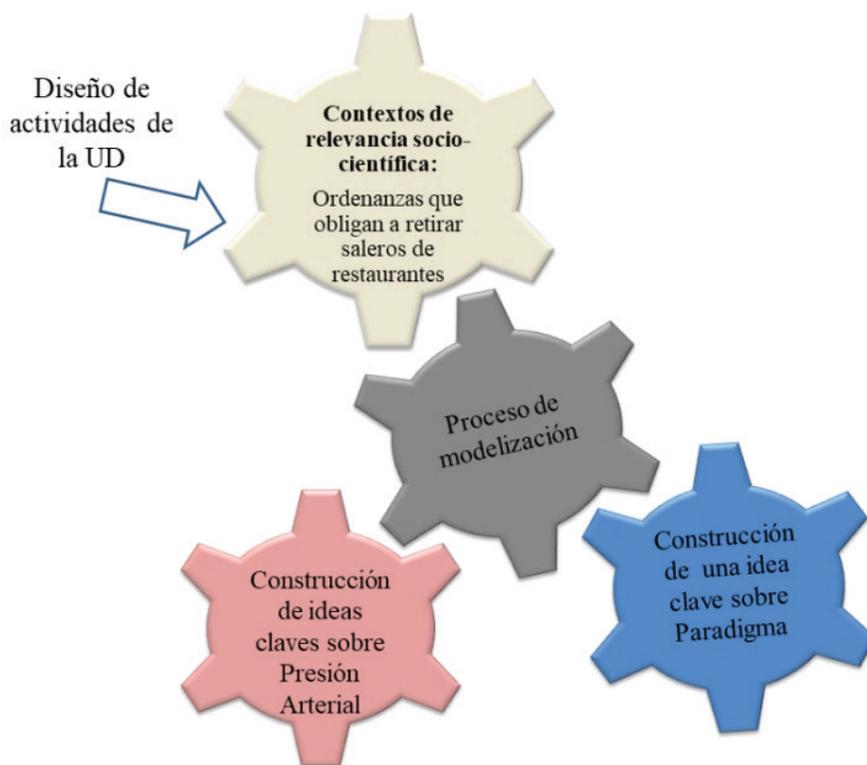
La UD que se diseñó en el marco de la investigación puso en valor esos enfoques teóricos del campo de la didáctica en la materia biología humana, del profesorado. Esta tarea implicó el armado de un equipo constituido por cuatro docentes/investigadores: dos especialistas en biología, a cargo de la materia disciplinar, y dos especialistas en didáctica de las ciencias, uno de la materia Didáctica de las Ciencias Naturales y otro de la materia Pensamiento y Actividad Científica.

- b. El DlyE de UD facilita la integración de la modelización disciplinar y metacientífica en el abordaje de asuntos sociocientíficos.

Lograr esta integración implica el análisis de los modelos biológicos a enseñar, la identificación de los aspectos

más relevantes y la elaboración de las ideas clave disciplinares que deberán construir los estudiantes en el proceso de modelización del fenómeno. Por su parte, la selección de los contenidos metacientíficos surge a partir de estudios históricos/epistemológicos sobre el modelo disciplinar de referencia en los cuales se identifican episodios que pueden vincularse a ideas clave que colaboran en pensar ciertos aspectos de la ciencia: ¿Qué es? ¿Cómo se hace? y ¿Cómo se relaciona con la sociedad? (Adúriz-Bravo, 2005). La integración de estos aspectos en el diseño de UD (Figura 2), permite desarrollar y ejercitar capacidades de los estudiantes para otorgar significados a hechos sociocientíficos y también de actuación, para modificar prácticas, individuales y colectivas, de manera informada.

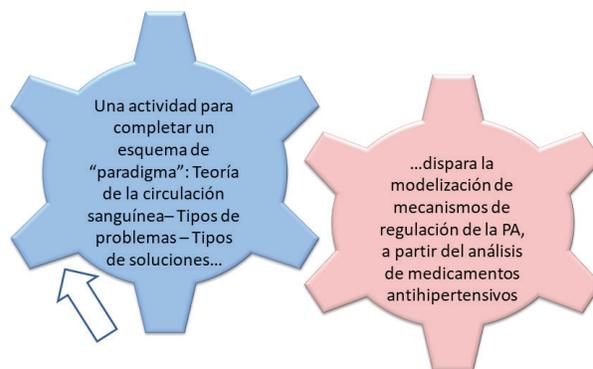
Figura 2. Modelo de integración de perspectivas teóricas aplicado al diseño de la UD de la investigación



Fuente: elaboración propia.

El trabajo en doble agenda, disciplinar y metacientífica no es solo sincrónico, sino que se orienta a que puedan establecerse relaciones significativas entre esos campos durante el desarrollo de la UD. Modelizar el fenómeno, y a la vez pensar sobre la naturaleza de la modelización y el modelo, es posible porque la línea metacientífica ressignifica en “ideas clave” aspectos de la propia historia y evolución de esa construcción científica. De este modo, se promueve una enseñanza disciplinar contextualizada y advertida explícitamente por ideas epistemológicas, históricas y sociológicas que hacen más robusta la formación de los y las estudiantes (Matthews, 1994). Además, se sostiene que es posible profundizar estas relaciones entre las dos líneas, mediante el diseño de actividades puntuales que tengan como objetivo el de empujar, traccionar (Bahamonde *et al.*, 2017; Lozano *et al.*, 2018) el desarrollo de algún aspecto del modelo disciplinar desde la línea metacientífica y también a la inversa (Figura 3). De este modo se sostiene que, mediante el DlyE de las UD, es posible avanzar en una integración explícita y también profunda entre modelos disciplinares y reflexión metacientífica.

Figura 3. Modelo de vinculación disciplinar-metacientífica mediante el diseño de actividades específicas en la UD



Fuente: elaboración propia.

Metodología

En el marco del diseño de la Actividad Científica Escolar (ACE) (Sanmartí, 2002) y los Estudios de Diseño (DBR) (Reigeluth y Frick, 1999), se llevó a cabo un trabajo de DlyE de una secuencia de enseñanza en un ciclo iterativo (Psillos y Kariotoglou, 2016), el cual fue alimentado con

los propios datos de la investigación. La primera etapa, denominada Fase preliminar, implicó el diseño de la UD, su aplicación en el aula y el análisis y evaluación de su implementación. La segunda etapa, Fase definitiva, implicó la elaboración de ajustes y el rediseño de la UD a partir de los datos obtenidos, su nueva aplicación en el aula dos años después, con otro grupo de estudiantes, y el análisis final de los datos.

La elaboración del diseño de la UD en la Fase preliminar implicó al equipo de trabajo en:

- La selección del modelo de presión arterial y la explicitación de los aspectos a enseñar mediante la elaboración de ideas clave.
- La identificación de un hecho social relevante que contextualizara el trabajo de modelización de los estudiantes - El desarrollo de un estudio histórico/epistemológico sobre el modelo de presión arterial, el cual dio lugar a la identificación de episodios que podían vincularse con el desarrollo de ideas clave metacientíficas.
- El diseño de actividades en el marco de la ACE, para la línea disciplinar y la línea metacientífica que implicaran tareas de modelización inicial, intermedia, elaboración de modelos de arriba y actividades de aplicación y la producción de interacciones significativas entre ambas líneas.

Luego de completar la Fase preliminar (Lozano *et al.*, 2018) se efectuó el rediseño de la UD para la aplicación en la Fase definitiva.

En cuanto a la descripción y análisis de la modelización llevada a cabo por los estudiantes que se presenta en este artículo, se llevó a cabo con los datos obtenidos en la Fase definitiva, esto es, en la segunda etapa de implementación. En ella, participaron 25 estudiantes de 3° año de la materia Biología Humana, de la carrera de Profesorado en Biología de la Universidad Nacional de Río Negro, Argentina. Se organizaron en 7 grupos y el desarrollo completo de la unidad didáctica ocupó el dictado de 5 clases, de 3 a 4 horas cada una. Como unidades de producción de datos, se consideraron a los 7 grupos conformados por los y las estudiantes, y también el contenido de las puestas en común efectuadas en la clase. Las unidades de análisis estuvieron constituidas por las producciones de gráficos y textos escritos, y por el registro audiovisual de episodios del trabajo grupal y de intercambios y discusiones generadas a partir de las diferentes actividades (Sampieri, 2010). El estudio de la modelización se llevó a cabo a partir de la recursividad inductivo-teórica que implica el análisis sobre los datos (Bardin, 1986; Sampieri, 2010) y dio lugar al estableci-

miento de diferentes categorías que otorgaban sentidos a las producciones de la modelización. La tarea de definición de las categorías se discutía y consensuaba en reuniones entre el equipo de investigadores, la dirección del proyecto y especialistas externos invitados.

Resultados

En este artículo se presentan los siguientes resultados de la Fase definitiva que se consideran de interés destacar:

- Una síntesis de la UD en la cual se evidencian los dos aspectos de la integración desarrollados en la introducción y las ideas clave a elaborar en las clases.
 - Un detalle de las actividades diseñadas para colaborar en la construcción de ideas clave sobre “paradigma” que culminaron en una tarea que impactó en la modelización de la regulación de la PA en la línea disciplinar.
 - Un análisis de las producciones de los estudiantes relacionadas con esas actividades metacientíficas.
- a. Una UD integrada, para la enseñanza del modelo de presión arterial y el desarrollo de ideas metacientíficas a partir de un hecho sociocientífico**

Las ideas clave disciplinares:

- La presión arterial, determinada por el flujo de la sangre y la resistencia arterial, está regulada por mecanismos nerviosos y endócrinos que actúan sobre la función cardiovascular y renal.
- El consumo de sal está determinado por un complejo de aspectos biológicos y culturales, y se correlaciona con alteraciones en la presión arterial.

Las ideas clave metacientíficas:

La enseñanza de nociones sobre paradigma se encuentra incluida en diferentes perspectivas sobre naturaleza de la ciencia y ubicada en diferentes tópicos (Aikenhead y Ryan, 1992; Adúriz-Bravo y Ariza, 2012; Irzik y Nola, 2014). En la Fase preliminar solo se había propuesto la noción que Kuhn planteó en la introducción a “La estructura de las revoluciones científicas” (ERC) en 1962 (Kuhn, 1971). En el rediseño de la UD para la fase definitiva, también se consideró la noción propuesta en la “Posdata” que Kuhn incluyó en la edición de 1969 de la ERC, ya que permitiría a los estudiantes comprender que los miembros de una comunidad científica no solo comparten teorías racionales sino también otros elementos, como sistemas

o constelaciones de creencias más generales, valores, ideologías, en las cuales las teorías científicas pueden referenciarse y estar ancladas. Así, especificadas como ideas clave (Adúriz-Bravo, 2012) quedaron formuladas:

- Un paradigma es toda la constelación de creencias, valores y técnicas, que comparten los miembros de una comunidad dada. (En la “Posdata” a la ERC, de ahora en adelante la denominamos Noción 1).
- Un paradigma es una realización científica universalmente reconocida que durante cierto tiempo proporciona modelos de problemas y de soluciones a una comunidad científica. (En la intro-

ducción a la ERC, de ahora en adelante la denominamos Noción 2).

También se incluyó una idea clave relacionada con la “construcción de los hechos científicos” vinculada al análisis de la problemática de los consensos científicos sobre la “presión arterial normal”. Los resultados de la implementación no se incluyen en este artículo.

El esquema de la UD que se presenta a continuación privilegia mostrar en paralelo el trabajo en doble agenda, disciplinar y metacientífica, pero la secuencia de clases se desarrolló según el número asignado a cada una.

Tabla 1: Unidad didáctica integradora. En sombreado se indican las actividades de vinculación explícita entre las líneas disciplinar y metacientífica

Hecho sociocientífico abordado “Prohibición de poner saleros en mesas de restaurantes de la región”	
Línea disciplinar biológica	Línea metacientífica
<p>Clase 1. Actividades para la modelización inicial sobre PA Se analizan recortes periodísticos que informan sobre esa situación. Los estudiantes expresan sus ideas sobre el sentido y alcance de esa medida y sobre los aspectos de la salud humana que estarían implicados. Se propone una situación experimental en clase que implica ingestas de agua y papas fritas y el registro de la tensión arterial y volumen de orina en diferentes momentos. Los estudiantes producen diferentes hipótesis y argumentaciones en función de los resultados que van obteniendo para explicar lo que ocurre con la PA.</p>	<p>Clase 2. Actividades para la modelización inicial, intermedia y formalización de las ideas clave sobre Paradigma Los alumnos y alumnas observan imágenes de sangrías terapéuticas para curar la “enfermedad del pulso duro” en la antigüedad e hipotetizan sobre el sentido de su utilización. Luego, se contextualizan en la “Teoría de los cuatro humores”. Se presenta un nuevo modelo teórico para la “Circulación sanguínea” del siglo XVI y el inicio del modelo de presión arterial. Se presentan nociones de <i>paradigma</i> a partir de textos de “La estructura de las revoluciones científicas” de T. S. Kuhn y se construyen esquemas con sus elementos básicos; para el caso de la teoría de los “cuatro humores y la teoría de la “circulación sanguínea”</p>
<p>Clase 3. Actividades para la modelización intermedia y de arribo. A partir de las explicaciones construidas para la situación experimental, se intervienen modelos 2D del sistema circulatorio producidos por los estudiantes y se formalizan, en una puesta en común, los elementos básicos implicados en la regulación de la PA, desde una perspectiva sistémica. Se retoma el modelo de esquema de paradigma utilizado en la línea metacientífica para la teoría de la circulación sanguínea, y se analizan las soluciones propuestas. Se analizan prospectos de medicamentos para la HTA y deben identificar con qué sistemas de regulación del organismo relacionan la acción de cada fármaco. Se formalizan los modelos de regulación de la PA y con ellos los estudiantes vuelven a analizar la situación experimental de la Clase 1.</p>	<p>Clase 4. Actividades para la modelización inicial, intermedia, formalización de la idea clave sobre la construcción de los hechos científicos Se propone una discusión sobre el modelo de Presión Arterial Normal. Se discute respecto a si existe un valor de PA normal, si consideran que es universal y si se ha modificado o no en la historia. Se construye un esquema inicial con las diferentes visiones. Luego se analizan materiales que dan cuenta de diferentes consensos sobre PA normal e informes y discusiones en el ámbito de la comunidad científica. Con estos aportes se redefine el esquema inicial y se formaliza la idea de “construcción de los hechos científicos” con lecturas de párrafos de “La fabricación del conocimiento” de Knorr Cetina (2005).</p>
<p>Clase 5. Actividades para volver al problema inicial y resignificarlo A partir de los resultados del trabajo realizado en un Laboratorio de Nutrición, en el que cada alumno registró su consumo de sal durante una semana, analizan si su consumo fue adecuado y contrastan con bibliografía aportada para tal fin (Jereb, 2016). Posteriormente se solicitó el diseño de una dieta con menor sodio, que fue contextualizada con un texto aportado sobre el consumo de sodio en la dieta de los argentinos, en el que además se deben señalar los párrafos que expresan la relación de la sal con el problema de la HTA. Se incorpora a la discusión el texto “El sodio en su dieta” y se solicita repensar las noticias sobre los saleros en los restaurantes y si lo consideran una medida suficiente (FDA, 2012). Por último, se requiere escriban un texto para la población general que promocióne una dieta saludable en relación a la sal e HTA</p>	

Fuente: elaboración propia.

b. El diseño de actividades específicas para dinamizar, desde la línea metacientífica, la modelización de la regulación de la PA

En el rediseño de la UD para la Fase definitiva, se elaboraron actividades en la línea metacientífica para que la modelización de la idea de paradigma impactara en la modelización de la PA, que empujara el desarrollo de aspectos relacionados con la regulación de la PA que los estudiantes debían abordar como parte de su formación. A continuación, se presenta el detalle ampliado de las actividades implicadas en las zonas sombreadas de la UD en la Tabla 1.

Tabla 2. Detalle de las actividades de vinculación entre las líneas

Línea metacientífica. Clase 2
<p>(Luego de las actividades de análisis de imágenes de prácticas de sangrías y de su posterior contextualización en la Teoría de los Cuatro Humores -TCH- y de las actividades de análisis sobre el inicio de la Teoría de la Circulación Sanguínea -TCS-)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se pone a discusión la consideración de TCH como un paradigma. Se realiza una puesta en común y se confrontan con las nociones 1 y 2 de paradigma. • A partir de las elaboraciones que hicieron, y de volver a las lecturas de textos breves que contextualizan en la historia el desarrollo de la TCH, se les pide a los grupos que construyan un esquema con los elementos que estarían implicados en ambas nociones de paradigma. • De igual manera, a partir de las lecturas de textos breves que contextualizan el desarrollo de la TCS, se les pide a los grupos que construyan un esquema con los elementos que estarían implicados en ambas nociones de paradigma. • Se comparten los esquemas, a partir de las producciones se formalizan las nociones de paradigma y se pone el foco en el tipo de problemas y soluciones propuestos por los diferentes grupos para la noción 2 de la TCS. Se prevé que de manera análoga al análisis de la TCH, se proponga el problema de la hipertensión arterial HTA y, entre las posibles soluciones, las indicaciones para tomar medicamentos antihipertensivos.
Línea disciplinar. Clase 3
<p>(Luego de las actividades que dieron inicio al proceso de modelización de la PA, los estudiantes avanzaron en la elaboración de modelos 2D, en los cuales comienzan a discutir los elementos que intervienen en la regulación de la PA a partir del análisis de los resultados de la situación experimental llevada a cabo).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se retoman los esquemas de paradigma elaborados en la Clase 2. Identifican las “soluciones” que propusieron los estudiantes al “problema” HTA. Entre ellas se encuentran los medicamentos antihipertensivos. ¿Cómo funcionan? Se vuelve a los modelos 2D producidos al inicio de la clase 3 para pensar desde allí la acción de los remedios antihipertensivos, a partir del análisis de la acción farmacológica de prospectos de medicamentos.

Fuente: elaboración propia.

c. Análisis de producciones de los estudiantes en la línea metacientífica que derivaron hacia la modelización de la regulación de la PA

- a. Modelización inicial de la idea de paradigma a partir de la consideración de la TCH

Si bien no forma parte del contenido de los resultados de este artículo, las primeras explicaciones que ofrecieron los grupos al analizar las imágenes de las sangrías, tanto en la Fase preliminar como en la Fase definitiva, estaban desprovistas de la consideración de una teoría enmarcándolas. Los estudiantes debían “preguntarle” al médico de la imagen que efectuaba la sangría: ¿Por qué lo hacía para curar la enfermedad del pulso duro” y debían elaborar las respuestas que suponían les daría el médico en esa época? En las respuestas, solo se mencionaban aspectos empíricos: “Estoy descomprimiendo”, “desinflamando”, “extrayendo sangre para aliviar los síntomas de la enfermedad del pulso duro”. Luego, la lectura del texto: “La sangre en la historia de la humanidad” (Góngora Bianchi, 2005) les permitió reconocer y sorprenderse en cuanto a que las prácticas tenían un sentido diferente al que proponían: “el restablecimiento del equilibrio entre los humores” y que se llevaban a cabo bajo una teoría, la TCH. Un informe detallado de estas actividades y los resultados obtenidos en la Fase preliminar ya fueron publicados y hay evidencias de un significativo proceso de elaboración metacientífica llevado a cabo por los estudiantes (Lozano *et al.*, 2018).

Como parte del rediseño de la UD para la Fase definitiva, se incluyó una actividad para que hicieran explícitas las relaciones que podrían establecer con la idea de paradigma.

Consigna: - ¿Piensan que la teoría de los cuatro humores podría considerarse un paradigma? ¿Por qué?”

Aspecto a evaluar: Si los estudiantes, a partir del trabajo realizado en las actividades anteriores y los saberes previos que poseen sobre la idea de paradigma, pueden identificar elementos que se encuentren relacionados con las nociones a desarrollar.

Análisis y categorización:

Tabla 3: Análisis de las consideraciones sobre la TCH como paradigma

Categorías	Ejemplos desde las unidades de análisis
“La TCH como fuente de explicaciones”	Ej. G6 “Consideramos que sí podría ser un paradigma porque la enfermedad del pulso duro podía explicarse bajo la teoría de los cuatro humores” Ej. G7 “Si lo consideramos un paradigma porque es la información que tenía la época”
“La TCH como fuente de prácticas para resolver problemas”	Ej. G1 “Sí, lo consideramos así porque en esa época las prácticas relacionadas con la salud se llevaban a cabo bajo esas creencias, la de los 4 humores (sic)” Ej. G5 “Consideramos a la TCH como paradigma porque conforma un marco para las prácticas médicas”
“La TCH como fuente de explicaciones y de prácticas para resolver problemas”	Ej. G2 “La teoría de los cuatro humores se puede considerar un paradigma porque a través de esas creencias daban explicaciones y respuestas a los diferentes fenómenos” Ej. G4 “Se puede considerar un paradigma ya que la teoría pudo resolver o diagnosticar la enfermedad del pulso duro, fundamentando porque se producían esos síntomas”

Fuente: elaboración propia.

Los dos aspectos a los que hacen referencia las respuestas de los estudiantes pueden, de manera razonable, asociarse a la idea de paradigma, esto es, definirlos como teorías que permiten explicar fenómenos y que además ofrecen respuestas prácticas para intervenir. En una puesta en común en clase, se compartieron los textos que habían producido los grupos, se explicitaron esos aspectos y se confrontaron con los dos textos de las nociones de paradigma formuladas por Kuhn. Los estudiantes pudieron establecer algunas relaciones iniciales, básicamente con la noción 2: teoría – tipo de problemas – soluciones. Así, la continuidad de las actividades se orientó a complejizar esas visiones iniciales, para entender que las explicaciones que ofrece un paradigma permiten construir determinados tipos de problemas y no otros y que las teorías pueden referenciarse a sistemas amplios de creencias aceptados en diferentes momentos de la historia.

- b. Producción de esquemas de la TCH en relación con las nociones 1 y 2 de paradigma.

Consigna: Lean nuevamente los párrafos señalados en el texto: “La sangre en la historia de la humanidad”. Identifiquen los elementos de la TCH que estarían implicados en las nociones de paradigma y construyan un esquema.

Aspecto a evaluar: Si los estudiantes a partir de la lectura y análisis del texto logran identificar la “Teoría de los cuatro elementos” y la “Teoría de los opuestos o contrarios” como creencias generales y, relacionada con ellas, la “Teoría de los cuatro humores”, el problema: “enfermedad del pulso duro” y como tipo de solución: “las sangrías”.

Análisis. La estructuración de las nociones 1 y 2 de paradigma

El trabajo fue arduo en cada uno de los grupos y se fueron generando discusiones a la hora de identificar los diferentes elementos puestos en juego, especialmente la relación entre la idea antigua de un universo formado por cuatro elementos y la reelaboración de esa creencia transpuesta en “humores”, como modelo teórico aplicado en la medicina. Al finalizar esta etapa, todos los grupos lograron construir esquemas de las nociones 1 y 2 de paradigma, referenciados a la TCH. El siguiente es, como ejemplo, el producido por el Grupo 7.

Figura 4. Elementos de paradigma aplicado a TCH. Grupo 7

9b) Según las nociones 1 y 2 de paradigma de Kuhn.

- Identifiquen los elementos de la Teoría de los cuatro humores que estarían implicados en la Noción 1.

universo formado por 4 elementos
 ← agua
 ← aire
 ← fuego
 ← tierra

- Identifiquen los elementos que estarían implicados en la Noción 2 y construyan un esquema aplicado a la Teoría de los cuatro humores



Fuente: desarrollado por los estudiantes.

En una puesta en común se compartieron los esquemas producidos por los diferentes grupos y se les pidió a los estudiantes que pensarán qué tipo de problema podía construirse ahora bajo la TCS, estableciendo una analogía con el esquema de paradigma de la TCH y la “enfermedad del pulso duro”. En las discusiones que se dieron, algunos estudiantes propusieron que las personas que sufren hipertensión arterial (HTA) tienen “el problema” que debería considerarse bajo las TCS. Luego, en la producción de textos en los grupos, brindaron las justificaciones. Se muestran ejemplos de tres grupos.

G1: “Sí, encontramos relación al sangrado de nariz o derrames en ojos cuando hay hipertensión y los síntomas de la enfermedad del pulso duro. Además, lo asociamos a la vida de las personas de alcurnia de esa época que tenían acceso a la sal en su alimentación y a la atención médica”

G2: “Consideramos que sí tiene relación ya que al extraer sangre se disminuye la presión que esta ejerce sobre las paredes de los vasos. Por ejemplo, al tener presión alta, sangra la nariz y se vuelve al rango normal de presión”

G5: “Podríamos decir que coinciden en los síntomas, por ejemplo, la hinchazón, la hemorragia, el rubor, etc.”

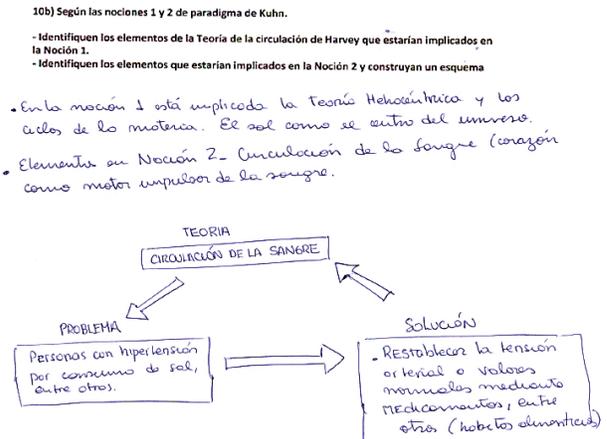
Consigna: Lean nuevamente los párrafos señalados de: “Harvey. La medicina y la teoría de la circulación de la sangre (Mason, 2000)”. Identifiquen los elementos de la TCS que estarían implicados en las nociones de paradigma y construyan un esquema.

Aspecto a evaluar: Si los estudiantes, a partir de la lectura y análisis del texto, logran identificar los movimientos circulares aristotélicos, los ciclos materiales como el del agua y el modelo copernicano como elementos de la noción 1 y anclada en ellos, la Teoría de la Circulación Sanguínea, y establecer relaciones analógicas con el esquema para TCH asociándolo al problema de la HTA.

Análisis. Estructuración de las nociones 1 y 2 de paradigma para la TCS

El trabajo fue más fluido ya que los obstáculos de comprensión del sentido de la actividad y de la caracterización de los diferentes elementos habían aparecido en la etapa anterior. Todos los grupos lograron producir esquemas con los elementos referenciados a las nociones de paradigma aplicados al problema de la HTA. El Grupo 7 elaboró el siguiente esquema:

Figura 5. Esquema de paradigma aplicado a TCS. Grupo 7



Fuente: desarrollado por los estudiantes.

En una puesta en común para compartir los esquemas producidos por los diferentes grupos se formalizaron las nociones de paradigma y se discutieron cuestiones relacionadas a los enfoques que suelen darse a las teorías que, habiendo formulado determinados tipos de problemas y de soluciones, luego fueron sustituidas por otras. Las preguntas que surgieron en la puesta en común cuestionaban, entre otros puntos si: “la enfermedad del pulso duro” podía ser considerada “análoga” a la hipertensión arterial o si “era” hipertensión arterial. Esto llevó a discusiones muy intensas y a desarrollar una actividad de análisis de un artículo breve que aborda las ideas de “anacronismo vs diacronismo” en la historia de las ciencias (Boido *et al.*, 2012. Esta actividad les permitió introducirse en la complejidad de los debates actuales sobre el contenido de las preguntas que se habían formulado y las discusiones que habían entablado. Los resultados no se incluyen en este artículo.

Luego, y con el sentido de direccionar el trabajo meta-científico hacia la modelización disciplinar, se analizaron las soluciones propuestas en el esquema de paradigma, para el caso de la HTA.

Tabla 4. Tipos de soluciones al problema de la HTA en el esquema de paradigma para TCS

Grupos	Soluciones
G1 – G2 – G3 – G4 – G5 – G7	Medicamentos antihipertensivos
G2 – G4 – G6	Disminuir el consumo de sal
G1 – G4 – G5 – G7	Modificar hábitos alimentarios en general y actividad física

Las respuestas incluían más de una solución. La utilización de medicamentos antihipertensivos fue mencionada por seis grupos. Tres grupos se refirieron a la disminución del consumo de sal y cuatro grupos consideraron necesaria la modificación de hábitos alimentarios y el desarrollo de actividad física.

A partir de aquí la continuidad se dio con las actividades de modelización de la regulación de la PA en la Clase 3 de la línea disciplinar. Se retomó el esquema de paradigma para TCS, en particular la “solución”: medicamentos. Los estudiantes manifestaron que desconocían cómo actuaban y se les propuso el análisis de tres prospectos de fármacos con acciones sobre diferentes estructuras que participan en la regulación de la PA: corazón, vasos y riñones. Los diferentes grupos, a partir de la información que les brindaban los prospectos, continuaron la reelaboración de los modelos que habían desarrollado en la clase 1 y el inicio de la 3 y lograron identificar los sistemas de regulación implicados en cada acción de los fármacos y los mensajes de esos sistemas de regulación cuyas funciones se ven modificadas con el objeto de mantener la presión arterial normalizada.

La Clase 5, última de la UD, permitió retomar el problema abordado al inicio, vinculado al retiro de los saleros de los restaurantes y también la solución: “disminuir el consumo de sal” ofrecida en la línea metacientífica, para resignificarlos en función de los modelos de regulación de PA construidos. Los resultados de estas actividades de la línea disciplinar se encuentran en proceso de elaboración de un nuevo artículo.

Conclusiones

La tarea de DIyE de la UD en el ciclo iterativo permitió vincular campos de formación disciplinar y didáctica de la formación de profesores a partir de la integración de equipos de trabajo. A partir de la propuesta que hicieron las especialistas a cargo de la disciplina biología humana, de que fuera el modelo de regulación de la PA el que debía abordarse para su enseñanza, se inició una etapa de trabajo en conjunto con los especialistas en didáctica para la elaboración de la UD. En ese contexto se estableció una retroalimentación positiva entre las especificaciones de los aspectos del modelo disciplinar a enseñar y los aspectos de las directrices teóricas didácticas más adecuados para su tratamiento. Una prueba de ello es el diseño de la actividad que implica abordar modelos de regulación de la PA utilizando prospectos de medicamentos que “solucionan” los síntomas de HTA bajo el paradigma TCS.

La unidad didáctica elaborada se estructuró a partir de la consideración de un hecho sociocientífico que, luego de la implementación en la Fase preliminar, mostró ser muy relevante y significativo ya que, en el análisis que hicieron los estudiantes de la situación relacionada con el retiro de saleros de los restaurantes, no se implicaban inicialmente como parte de los destinatarios de esa medida, sino que mencionaban casos de HTA en personas de mayor edad, a quienes esa medida podría beneficiar. Si bien no forman parte de los resultados puestos a consideración en este artículo, las discusiones que se generaron en los grupos, respecto a la cuestión de la prohibición, confrontada con la cuestión de los derechos y la autonomía de las personas para tomar decisiones sobre su salud, mostraron la dimensión axiológica y las posibilidades que, de manera preliminar, este problema expuso en el encuadre de los denominados asuntos sociocientíficos (Zeidler *et al.*, 2005).

La UD (Tabla 1) logró establecer una doble agenda, disciplinar y metacientífica, estrechamente vinculada en función de la pertinencia que brindaron los temas identificados en el estudio histórico epistemológico y, además, estableció una serie de actividades que desde la línea metacientífica culminaron con una actividad que traccionó y motorizó la continuidad de la modelización en la línea disciplinar (Tabla 2).

Los resultados incluidos en este estudio permiten sostener que los estudiantes reelaboraron y complejizaron sus ideas iniciales sobre paradigma (ver Tabla 3), e incorporaron la perspectiva de la noción 1, que fue incluida en el rediseño para la Fase definitiva, especificando los elementos constitutivos de las nociones de paradigma para los casos de la TCH y TCS (ver Figuras 4 y 5). Esto les permitió luego abordar las discusiones que genera la explicación de problemas construidos bajo teorías que no son las actuales y que abordan fenómenos que podrían considerarse similares.

La tarea de resolución del esquema de la noción 2 de paradigma para el caso de la TCS, puso a los estudiantes a pensar sobre las soluciones al problema HTA (Tabla 4). Las propuestas que hicieron, en particular las relacionadas con el consumo de medicamentos, se basan en las experiencias cotidianas, familiares, de consumo de ese tipo de fármacos. El interés que mostraron en comprender los efectos sobre el organismo, facilitó la interfase hacia la línea disciplinar. En cuanto a la propuesta sobre “disminuir el consumo de sal” se esperaba que los estudiantes de los tres grupos que la mencionaron tuvieran en cuenta los resultados de la experiencia al inicio de la Clase 1, orientada a demostrar que un episodio

de consumo de sal no altera significativamente la PA; sin embargo la continuidad de la modelización intermedia y la producción de modelos de regulación de la PA es lo que permitió comprender el sentido de la medida que prohíbe la presencia de saleros en las mesas, apuntando a concientizar el consumo cotidiano de sal y las implicancias que tiene en los procesos de regulación de la PA en el tiempo.

De este modo, en la experiencia, además de avanzar en la integración de los aspectos de la formación del profesorado desarrollados en el artículo, se han abordado algunos de los problemas que han sido identificados en la enseñanza basada en los modelos y la modelización (Khan, 2011). Uno de ellos tiene que ver con la ausencia o debilidad de los procesos de modelización intermedia y de arriba, que den lugar a modificaciones sustantivas en los modelos iniciales de los estudiantes. Esta situación está ligada a estrategias docentes muy limitadas y centradas solo en el uso de la explicación para enriquecer los modelos de los estudiantes. El diseño de la UD llevado a cabo por un equipo interdisciplinario, del campo de la educación en biología y de la didáctica y las metaciencias, permitió considerar estas cuestiones y orientar el trabajo de los estudiantes hacia lo propuesto en la ACE.

Otro aspecto es el del lugar que ocupa la educación metacientífica en la formación del profesorado. El diseño de la UD en la que se integró la modelización metacientífica a la modelización biológica, para contextualizarla, enriquecerla y también dinamizarla a partir de actividades que traccionaron de ella, permitió superar los enfoques tradicionales que relegan la reflexión metacientífica a los espacios tradicionales de filosofía de la ciencia (Gilbert, 2016) y revalorizar la idea de trabajarlas en paralelo, por el impacto de su sinergia (Bahamonde, 2014).

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2005). Una introducción a la naturaleza de la ciencia. *La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Fondo Editorial Económico.
- 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 multirreferencialidad. *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 de profesorado de biología. *Revista Enseñanza de las ciencias*, N° Extraordinario, 449-454
- Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: Views on science-technology-society. (vosts). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- Boido, G. y Lombardi, O. (2012). Anacronismo vs dia-cronismo en la historia de la ciencia. *Exactamente*, 51, 49.
- Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Akal Ediciones.
- Food and Drug Administration (FDA). El sodio en su dieta. <https://www.fda.gov/food/nutrition-education-resources-materials/el-sodio-en-su-dieta>
- 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.
- Giere, R. (1988) *La explicación de la ciencia: un acercamiento cognoscitivo*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Góngora Bianchi, R. (2005). La sangre en la historia de la humanidad. *Rev Biomed*, 16:281-288.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 17(1), 45-59.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. J. Perales Palacios y P. Cañal de León, (ed) *Didáctica de las ciencias experimentales*. (pp. 35-64). Alcoy: Editorial Marfil.
- Irzik, G. y Nola, R. (2014). New Directions for NOS Research. En M. Matthews (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 999-1022). Dordrecht: Springer.
- Jereb, S. (2016). Consumo de sodio en la dieta de un argentino promedio y su relación con la hipertensión arterial. *Incidencia de los alimentos, aguas y bebidas*. *DIAETA* 34(154), 29-31
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1994) *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la*

- Naturaleza y Matemáticas*. Ministerio de Educación y cultura.
- Kuhn, T. (2014) *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica.
- Lawson, A. E. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 12(2), 165-187
- Lozano, E., Bahamonde, N., Cremer, C. y Mut, P. (2018) El desarrollo de una línea metacientífica para la enseñanza del modelo de presión arterial en la formación del profesorado en Biología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 564-580.
- Mason, S. (2012) *Historia de la ciencia*. Alianza Editorial.
- Knorr Cetina, K. (2005) *La fabricación del conocimiento. Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*. Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
- Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12 N°2, 255-278.
- Psillos, D. y Kariotoglou, P. (eds.) (2016) *Iterative design of teaching-learning sequences: introducing the science of materials in European schools*. Springer.
- Reigeluth, C. y Frick, T. (eds.). (1999). *Instructional-design theories and models – A new paradigm of instructional theory* New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Editorial Síntesis Educación.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. y Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), pp. 357-377.