

El desarrollo de una línea metacientífica para la enseñanza del modelo de *presión arterial* en la formación del profesorado en Biología

Eduardo Lozano¹, Nora Bahamonde², Cecilia Cremer³ y Paula Mut⁴

^{1,2,3,4} Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina). ^{1,2} Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales. CeFIEC. Universidad de Buenos Aires (Argentina). E-mail elozano@unrn.edu.ar

Resumen: En este artículo se informa sobre los fundamentos y los resultados de un estudio cuyo objetivo general fue el de describir, analizar y evaluar el proceso de modelización de una idea clave sobre paradigma llevado a cabo por estudiantes de la formación de profesorado en Biología en la universidad. Los datos se obtuvieron a partir de la implementación de una Unidad Didáctica cuyo diseño implicó la integración de las actividades metacientíficas junto a actividades para la modelización del fenómeno de presión arterial. El análisis se hizo sobre las producciones de seis grupos de alumna/os de la materia Biología Humana que implicaron un total de 18 estudiantes y nos permite inferir que el modelo inicial se fue complejizando a partir de las actividades diseñadas, incorporando elementos que les permitieron disponer de una idea metacientífica robusta para justificar y contextualizar cada práctica médica analizada en el marco de un paradigma, y plantear una visión dinámica de la ciencia.

Palabras clave: formación de profesorado, biología humana, modelización disciplinar y metacientífica, presión arterial, paradigma.

Title: The development of a meta-scientific line for the teaching of the blood pressure model in the training of teachers in Biology

Abstract: This article reports on the results and results of a study whose general objective was to describe, analyze and evaluate the modeling process of a key idea about the paradigm carried out by students of teacher training in Biology in the university. The data was obtained from the implementation of a Didactic Unit whose design involved the integration of metascientific activities together with the activities for modeling the phenomenon of blood pressure. The analysis was carried out on the productions of six groups of students of the Human Biology subject that involved a total of 18 students and allows us to infer that the initial model is becoming more complex from the activities, incorporating elements that allowed them to have a robust meta-scientific idea to justify and contextualize each medical practice analyzed within the framework of a paradigm, and to propose a dynamic vision of science.

Keywords: Teacher training, human biology, disciplinary and meta-scientific modeling, blood pressure, paradigm.

Introducción

Enseñanza disciplinar y metacientífica en la formación del profesorado en Biología

Al analizar la mayoría de las propuestas de formación de los profesorados en Biología en el ámbito de las universidades de Argentina, encontramos que los espacios de formación en enseñanza de las ciencias se encuentran notoriamente diferenciados de los espacios de formación disciplinar en Biología y con escasa comunicación entre ellos (CIN, 2012). En el marco de una línea de investigación que venimos desarrollando (Bahamonde, Lozano, Diaco, Cremer y Mut, 2015; Lozano, 2015), 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 alumnos 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.

Al revisar las perspectivas teóricas del campo de la didáctica que desde nuestro trabajo han comenzado a orientar la enseñanza de la biología en la formación disciplinar, aparecen con especial significatividad: la modelización (Gilbert, 2004; Gilbert y Justi, 2016 a) desde el marco que propone el Modelo Cognitivo de Ciencia Escolar, operativizado a través de la Actividad Científica Escolar. La concreción en las aulas de la Actividad Científica Escolar requiere poner en marcha procesos de diseño de Unidades Didácticas (Izquierdo, 2000; Sanmartí, 2002); la formación en ideas metacientíficas (Lederman, 1992; Matthews, 1994. Adúriz y Ariza, 2012) y el abordaje de problemas complejos (Bahamonde, 2007) de interés sociocientífico, significativos para la vida de los estudiantes (Zeidler, Sadler y Simmons, 2005). Todas estas perspectivas se integran con miras al desarrollo de capacidades para la actuación (Couso Lagarón, 2013) (Ver Figura 1).

Sostenemos que la sinergia entre estos aspectos integrados en la formación del profesorado redundará en una mejora en la calidad de la educación científica que reciben los estudiantes (Bahamonde, 2014), pero reconocemos - a partir de ciertos estudios que desarrollamos al interior de comunidades de aprendizaje de profesores que enseñan ciencias básicas en la universidad (Bahamonde, Lozano y Diaco, 2014) y del análisis de las trayectorias profesionales que los llevaron a la tarea docente universitaria (Lozano y Zanón, 2012) - que existen ciertos déficits y obstáculos, (concepciones de ciencia desactualizadas y prácticas de enseñanza basadas sólo en la transmisión de contenidos) que es necesario abordar desde la investigación educativa al promover estas perspectivas de trabajo. En función de lo anterior, propiciamos la conformación de equipos que integren docentes investigadores del campo de la didáctica de las ciencias y del campo de la Biología, en el curso de investigaciones didácticas en el contexto de la formación del profesorado.

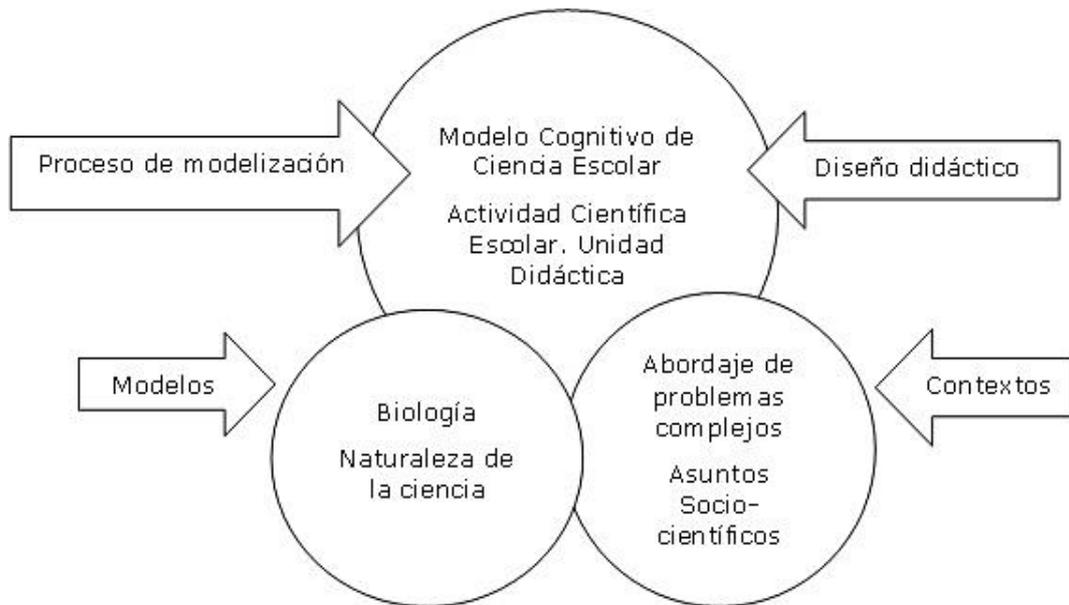


Figura 1. Integración de perspectivas para la formación biológica, metacientífica y didáctica del profesorado en Biología

La Unidad Didáctica y la formulación de la idea clave metacientífica

Dentro del modelo de integración de aspectos disciplinares, metacientíficos y didácticos que proponemos para la formación del profesorado, una de las líneas de investigación se orienta al diseño, implementación y evaluación de unidades didácticas que, al interior de las materias de formación biológica, integran contenidos biológicos y metacientíficos para ser modelizados por los alumnos (Ver figura 2).



Figura 2. Plano general de la UD diseñada para la materia Biología humana del Profesorado en Biología. En gris se indican los aspectos de la UD desarrollados en este artículo. Con flechas en círculo, el establecimiento de relaciones entre ambas líneas.

Desde esta perspectiva, se avanza sobre la educación metacientífica implícita, la que supone que los estudiantes aprenden sobre la ciencia al aprender ciencia (Gilbert y Justi, 2016 b) y también sobre la enseñanza explícita, pero que presenta a los alumnos los entes metateóricos en abstracto. En nuestra propuesta estos se presentan contextualizados en la enseñanza de modelos biológicos y los resultados obtenidos nos muestran que las modelizaciones biológicas y metacientíficas, al trabajarse de manera simultánea en una Unidad Didáctica, pueden traccionarse entre sí, esto es, el desarrollo de una idea metacientífica puede colaborar en la comprensión de un aspecto disciplinar y a la inversa (Bahamonde, 2014; Lozano, 2015).

En el diseño de este tipo de unidades didácticas, una vez seleccionado el modelo biológico a enseñar y el hecho sociocientífico que lo contextualizará, es necesario definir y justificar el saber de referencia metacientífico, en este caso, qué aspecto/s de la ciencia se harán explícitos junto al desarrollo del modelo biológico y el modo en el que serán presentados.

La perspectiva *Naturaleza de la ciencia* constituye una línea de investigación y a la vez un área curricular emergente que integra aspectos de filosofía, historia y sociología de la ciencia, con el objetivo de desarrollar la educación metacientífica de los y las estudiantes del profesorado, y hacer más actualizadas y críticas las imágenes que sobre la ciencia circulan en la sociedad (Lederman, 1992; McComas, 1998). Dentro de este eje, existe en la actualidad un amplio campo de debates y postulación de diferentes perspectivas respecto de cuáles son las temáticas metacientíficas que deberían enseñarse y el modo de organizarlas (Vázquez Alonso y Manassero Mas, 2015; Gilbert y Justi, 2016 b). Para nuestra investigación adoptamos una propuesta que se orienta a la construcción de entidades metateóricas específicas (Adúriz-Bravo y Ariza, 2012), necesarias para estructurar un campo epistemológico que sea fecundo a los estudiantes del profesorado y que potencie y haga más significativa la formación disciplinar y didáctica que lleven a cabo. En esta perspectiva, un modo de especificar los aspectos a enseñar es mediante la formulación de *ideas clave* metacientíficas, afirmaciones sencillas pero muy significativas para los estudiantes ya que constituyen el aspecto específico de la ciencia que se pretende abordar en cada campo. Para nuestra unidad didáctica, la idea clave a construir en el trabajo con los estudiantes se refiere a los *paradigmas*, en el contexto de la Nueva filosofía de la ciencia (Kuhn, 2004).

Idea clave: Los paradigmas son marcos conceptuales que durante un tiempo ofrecen modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica.

Esta visión se ha considerado como un aspecto muy significativo en la estructuración de un sistema de ideas actualizado sobre la ciencia, que debieran desarrollar los estudiantes y, en particular, quienes llevan a cabo la formación del profesorado. Así, entre las diferentes perspectivas respecto de los criterios de selección y formas posibles de organizar los aspectos de la ciencia a enseñar, es posible advertir la presencia de "*el cambio en la ciencia*" y la noción de "*paradigma*" como temas metacientíficos de interés para la formación de los estudiantes.

En la taxonomía propuesta en Views on Science, Technology and Society, (VOSTS), (Aikenhead y Ryan, 1992), en el campo de análisis que proponen

vinculado a los aspectos epistemológicos de la ciencia que denominan *Naturaleza del conocimiento científico*, se incluye el concepto de *Paradigma* como contenido a la hora de evaluar las concepciones básicas sobre la ciencia que poseen los estudiantes. También, y desde la perspectiva del "Parecido familiar entre ciencias", (Irzik y Nola, 2014), Erduran y Dagher (2015) proponen, como idea a desarrollar en la educación científica, que las incertidumbres y las ideas científicas cambian a lo largo del tiempo, al dimensionar a la ciencia como sistema institucional y social. Desde la perspectiva que adoptamos en este estudio vinculada a la propuesta de Adúriz (Adúriz-Bravo y Ariza, 2012), el aspecto de la naturaleza de la ciencia a tratar es histórico y también, en cierta medida epistemológico; el campo teórico estructurante tiene que ver con la evolución del conocimiento científico; la cuestión metateórica está relacionada con la permanencia y cambio de las teorías en el tiempo, y la idea clave, a modo de respuesta a la problemática, tiene que ver con la formulación de la noción de paradigma en el seno de la Nueva filosofía de la ciencia.

Además de la identificación y formulación de las ideas clave, en el proceso de producción del diseño de una línea metacientífica, realizamos estudios histórico-epistemológicos de los modelos biológicos a enseñar, ya que constituyen una valiosa herramienta de contextualización (Adúriz, 2010). Estos estudios, por su carácter internalista, permiten enfocarse en la dinámica de construcción del modelo abordado y de su evolución en el tiempo, poniendo a disposición episodios en los cuales pueden referenciarse aspectos de interés a enseñar. Esto enriquece el desarrollo de las ideas clave y da lugar a entramados significativos entre los modelos biológicos y metacientíficos a enseñar (Matthews, 1994; Bahamonde y Rodríguez 2012; Lozano, Bahamonde y Adúriz Bravo, 2016).

Así, en el estudio histórico epistemológico que llevamos a cabo, encontramos que, *la plétora del cerebro* y *la enfermedad del pulso duro* y, por otra parte, *la hipertensión arterial*, descripciones médicas que corresponden a dos períodos diferentes de la medicina en la historia, que fueron formuladas de acuerdo a diferentes teorías y que posiblemente refieran a comprensión de fenómenos similares (Esunge, 1991; Freis, 1995; Heydari, Dalfardi, Golzari, Habibi y Zarshenas, 2015), constituyen hechos apropiados para la contextualización de la problemática en la UD y la construcción de la idea clave sobre paradigma.

El objetivo general del estudio fue el de describir, analizar y evaluar el proceso de modelización de la idea clave metacientífica llevado a cabo por los y las estudiantes en el marco de la implementación de la Unidad Didáctica.

Metodología

Situados en el campo de investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales, los datos surgieron por un tipo especial de intervención de los investigadores, al implementar una secuencia de actividades propuesta a los alumnos en el marco de la Actividad Científica Escolar (Sanmartí 2002) Luego, el análisis cualitativo dio lugar a las perspectivas y a los significados que los estudiantes pusieron en juego en las diferentes situaciones propuestas, y la interpretación y construcción de categorías (Bardin, 1986)

permitió evaluar el nivel de logro en cada uno de los aspectos implicados en el desarrollo de la idea clave sobre paradigma.

La implementación de la unidad didáctica y la búsqueda de los datos se llevaron a cabo en el aula de clases, en los días y horarios en que normalmente se enseña Biología humana. Esto, junto a los aspectos metodológicos antes mencionados, inscriben a la investigación en la tradición cualitativa (Kemmis y McTaggart, 1988).

Participaron los 18 alumna/os de 3° año de la carrera de Profesorado en Biología, de la materia Biología Humana, organizados en 6 grupos, y el desarrollo completo de la unidad didáctica ocupó el dictado de 7 clases, de 3 a 4 horas cada una. Los registros de las producciones de los alumna/os para el análisis consistieron en modelizaciones gráficas y en maquetas, textos escritos, y también registros de audio y video de diálogos al interior de cada grupo de trabajo, intercambios con los investigadores y puestas en común en clase. El equipo de investigación estuvo integrado por dos doctoras en biología, profesoras a cargo de la materia Biología humana, y por tres especialistas en enseñanza de las ciencias a cargo de las materias Pensamiento y Actividad científica y Didáctica de las ciencias naturales de la carrera.

Intervención y análisis de las producciones de los estudiantes

Por cuestiones de espacio, se presentarán las producciones de un grupo (G1) y un análisis de la progresión en la modelización que llevaron a cabo sus integrantes. También se utilizarán algunas producciones del resto de los grupos para enriquecer la descripción y exponer otros aspectos de interés que surgieron durante el trabajo.

Actividad para la modelización inicial

Aspecto a evaluar: Conocer, luego de estimular una discusión inicial, si los estudiantes recurren a algún tipo de justificación teórica para dar sentido a una práctica médica contextualizada en el siglo XVII, que implica la utilización de sangrías. El ejemplo posee los elementos de la idea clave de paradigma a elaborar: un marco teórico (la Teoría de los cuatro humores), un tipo de problema asociado (la enfermedad del pulso duro) y un tipo de intervención/solución (la sangría), y sólo se hacen explícitos estos dos últimos.

Consigna. Se presentó a los estudiantes una imagen ("Breathing a vein" de James Gillray. 1756-1815) en la cual un médico está practicando una sangría a un paciente y se les informó que era un tratamiento que se utilizaba para curar la "enfermedad del pulso duro", la cual podía manifestarse con congestión de los vasos situados en la cabeza y el cuello, globos oculares inflamados, y a veces hemorragias en el interior del cráneo que producían la muerte a las personas.

"Si tuviéramos la posibilidad de preguntarles a los médicos retratados allí ¿Por qué están haciendo eso? ¿Pueden imaginar ustedes alguna respuesta a partir de la cual justificarían esas prácticas para curar la enfermedad del pulso duro? Discutan al interior de cada grupo y completen la viñeta"

A cada grupo se le entregó una copia de la obra a la cual se incorporó un globito de diálogo para que los estudiantes completaran con el párrafo que ellos proponían a modo de "la explicación" que en ese momento ofrecería el médico que hacía la intervención.

Resultados. En el análisis de las producciones que llevaron a cabo todos los grupos, identificamos explicaciones construidas básicamente a partir de la consideración de los aspectos empíricos implicados (acumulación/concentración de sangre/sangre espesa, pinchar/punzar la vena/sacar/descomprimir/extraer sangre), estableciendo relaciones que podrían considerarse de tipo causal-lineal, caracterizadas por Driver (Driver, Guesne y Tiberghien, 1999) como propias de un pensamiento guiado por la percepción.

"Está muy hinchado, o sea que tiene mucha cantidad de sangre, por eso hay que sacarle un poco" (G2).

En las explicaciones brindadas por el grupo 1 y el grupo 5, los alumnos además hicieron referencia al concepto de presión, lo cual interpretamos como una asimilación de la situación que debían abordar al modelo actual de presión arterial.

"Le descomprimo la presión en las venas sacando sangre, debido a que padece la enfermedad del pulso duro, con este tratamiento se evitarán hemorragias internas en la cabeza" (G1)

Para corroborar esto, durante la puesta en común, en la cual se compartieron las viñetas entre todos los grupos, se les preguntó a la totalidad de los alumnos si encontraban alguna relación entre la actividad llevada a cabo y el problema sobre el consumo de sal planteado en la actividad de iniciación de la línea de trabajo disciplinar (ver Tabla 1). Los estudiantes del G5 manifestaron que sí, que: "seguramente la enfermedad del pulso duro era el modo en el que antes se denominaba a la hipertensión arterial" (Alumna G5). Los alumnos del G1 también manifestaron que habían pensado de ese modo al resolver la situación y, consultado el resto de los alumnos de los grupos restantes sobre esta posibilidad, acordaron en general que sí, que era razonable vincular el pulso duro con lo que hoy consideramos presión alta ya que seguramente "las arterias se ponen más duras" (Alumno G1)

De este modo, los alumnos resolvieron la situación considerando que la argumentación que brindaría el médico estaría basada en los aspectos empíricos implicados y dos grupos de ellos "actualizaron" el análisis de la situación y la asimilaron al modelo de presión.

Actividades para la modelización intermedia

Aspecto a evaluar: A partir del análisis de diferentes materiales bibliográficos, conocer si los estudiantes logran contextualizar las prácticas de las sangrías - por flebotomías y sanguijuelas - en el marco de la teoría que las orientaba en la época y verificar si logran confrontar y revisar los argumentos que pusieron en juego en la actividad anterior, en función de la idea clave de paradigma. Estas actividades implicaron tres etapas.

Etapa 1: La contextualización de las sangrías

Consigna. Se les indicó a los estudiantes que debían leer la publicación: "La sangre en la historia de la humanidad" (Góngora-Bianchi 2005) y, como texto complementario, la nota de divulgación: "Mucha sangre y quién sabe cuántas lágrimas" (Rodríguez, 2010).

Unidad didáctica Se presenta el hecho sociocientífico	
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
<p>Actividad para la modelización inicial 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.</p>	<p>Actividad para la modelización inicial. 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.</p>
<p>Actividades para la modelización intermedia 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. Se realizan puestas en común y se avanza sobre el análisis de modelos eruditos en la bibliografía</p>	<p>Actividades para la modelización intermedia 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 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. El inicio del modelo de presión arterial: se analiza un experimento sobre <i>presión arterial</i> del siglo XVIII.</p>
<p>Actividades para la estructuración del modelo de Presión Arterial 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.</p>	<p>Actividades para la estructuración de la idea clave de paradigma. 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.</p>
<p>Actividades de Aplicación Se analizan prospectos médicos de fármacos de uso cotidiano para tratar la HTA y se construyen modelos explicativos de la acción. Se analiza nuevamente el problema de la limitación al uso de saleros a partir de los modelos construidos</p>	<p>Actividad de aplicación. Se analiza una práctica médica de sangrías pero llevada a cabo en la actualidad y se discuten las condiciones y las orientaciones teóricas.</p>

Tabla 1 Desarrollo general de las actividades de la UD para las líneas disciplinares y metacientíficas.

Luego de la lectura ¿Encuentran elementos que les permitan revisar el/los sentidos que les atribuyeron a las sangrías al completar la viñeta? ¿Cómo la reescribirían de nuevo?

Resultados. Durante la puesta en común los diferentes grupos fueron exponiendo el resultado del análisis de los textos. Manifestaron que les había sorprendido la existencia de la Teoría de los cuatro humores, y que los médicos en ese momento no conocieran que la sangre fuera única y que circulara y, en líneas generales, pudieron explicar a partir del análisis del texto, cómo funcionaba el modelo de los cuatro humores y el sentido que tenían las sangrías tanto en la época de la medicina hipocrática como de Galeno.

En la reescritura de las viñetas, se pudo identificar en G1, G3, G4, G5 y G6 un avance hacia la contextualización y el reconocimiento de algunos aspectos de la teoría orientando la acción del médico (proporciones/desequilibrio entre humores depurar/volver el equilibrio al cuerpo).

“Este es un caso que presenta un desequilibrio entre los ‘cuatro humores’, y estoy aplicando la sangría de tipo revulsiva, realizando un corte para poder equilibrar nuevamente los humores y poder así depurar a esta persona y curarla” (G1).

Esto no se hizo evidente en G2:

“Este hombre padece de pulso duro, esto es un exceso de sangre, pero está grave y al parecer unas cuantas sanguijuelas no alcanza para extraer lo suficiente, así que estoy realizando un corte para que fluya más sangre” (G2).

Al cierre de la puesta en común, y a partir de una intervención del profesor se volvió a plantear la discusión generada en la actividad de iniciación, respecto de la consideración de la enfermedad del pulso duro en términos de la actual hipertensión arterial y algunos alumnos manifestaron que sí: “y... quizás debía ser la misma enfermedad... pero explicada por otra teoría”. En este punto se compartieron con los estudiantes imágenes de distintas publicaciones científicas, referidas a la historia del modelo de Presión arterial (Freis, 1995; Heydari, 2015) que proponen en sus introducciones, y tal cual ellos lo hicieron, que la enfermedad del pulso duro y la actual hipertensión arterial se corresponden en realidad con el mismo fenómeno.

Así, el cierre de esta etapa de la modelización intermedia implicó la consideración de una teoría actuando en la situación inicial planteada, aspecto que no había sido considerado y que, en gran medida, concitó la atención de los estudiantes.

Etapa 2: La identificación de una nueva teoría

Consigna. Se les solicitó a los estudiantes que analizaran un dibujo que reproduce la experiencia de S. Hales (1677-1761). Se les informó que había ligado una arteria de una yegua a la cual le introdujo un tubo de cobre con forma de pipa y en el otro extremo del tubo colocó otro de cristal. Luego desató la ligadura de la arteria y constató que la sangre subió 8 pies y 3 pulgadas.

¿Qué sentido pueden atribuirle a la experiencia de Hales? ¿Qué aspectos consideran de interés en la experiencia y que podrían considerarse novedosos respecto de la teoría de los cuatro humores?

Resultados. Luego de observar la imagen y de un tiempo de discusión respecto de las interpretaciones que hacían, en la puesta en común estudiantes de diferentes grupos manifestaron que creían que Hales estaba midiendo la presión de la sangre en la arteria del animal. La mayoría de los alumnos adhirió a esta idea y el profesor les preguntó respecto de si pensaban que esta experiencia se encontraba dentro del ámbito de la teoría de los cuatro humores. Los alumnos rápidamente respondieron que no, y algunos explicaron que el experimento implicaba necesariamente la idea de que la sangre circulaba por el cuerpo y que esto no estaba presente en la teoría de los cuatro humores.

En ese marco se planteó a los estudiantes que entonces sería necesario indagar respecto de qué nueva teoría se desarrolló vinculada con estos fenómenos, posterior a la de los cuatro humores y cuándo y en qué contexto se formuló. Para esto se les propuso la lectura de fragmentos del capítulo "La medicina y la circulación de la sangre" del libro Historia de las ciencias (Mason, 2012). A partir de la lectura, la totalidad de los grupos fueron haciendo aportes a la discusión con el grupo de clase e identificaron los aspectos centrales que sostienen al nuevo modelo:

"El corazón es el centro funcional del cuerpo humano y ahora se hace una analogía con el sol respecto al lugar que ocupa en el sistema solar. La función del corazón es generar el pulso que mueve la sangre y el movimiento es de tipo circular atribuyéndolo a los cuerpos celestes" (G1).

También pudieron establecer las rupturas con el modelo anterior:

"Una vez que la sangre arterial y venosa son consideradas como idénticas cae la opinión tradicional de que había tres fluidos distintos. Vimos la utilización de analogías entre el movimiento circular de la sangre con el movimiento de los cuerpos celestes y que hay un cambio en la concepción que se tenía sobre el centro del sistema solar, donde el sol se considera como el centro y su relación análoga con el lugar que ocupa el corazón y la sangre" (G5).

Etapa 3: El inicio del modelo de Presión arterial

Consigna. Luego de la socialización de las producciones, el profesor presentó un esquema en el cual se sumaba a lo anterior, el modelo de *presión atmosférica* de Torricelli, como otro elemento sincrónico que contextualizó la experiencia de Hales y se invitó a los estudiantes a que la revisaran nuevamente. Se presentó la siguiente consigna:

"En función de las ideas que hemos desarrollado, discutan nuevamente la experiencia de Hales y propongan qué nuevos elementos encuentran".

Resultados. En la socialización de los aportes de los diferentes grupos se pudo identificar la comprensión del fenómeno y la integración de los aspectos del nuevo modelo.

“A partir de la introducción del tubo en la arteria del caballo, y debido a la diferencia de presiones entre la circulación de la sangre y la atmosférica, la sangre comenzó a ascender por el tubo hasta un punto en el cual las dos presiones se igualaron. Fue el primer hombre en medir la presión arterial o de alguna manera aproximarse al proceso” (G1).

Esta ideas permitieron establecer otro vínculo, entre la línea disciplinar y metacientífica, ya que al momento de llevar acabo esta actividad, los estudiantes ya habían utilizado tensiómetros para hacer las mediciones que les requería la actividad de modelización inicial de la línea disciplinar (ver Tabla 1). De aquí que surgieron dudas y preguntas respecto de qué manera los tensiómetros actuales miden la presión, si es la presión u otro valor el que registran ya que no ingresan a lo “Hales” al interior de las arterias. Estas cuestiones se trabajaron en la línea disciplinar.

Con lo desarrollado hasta aquí, y teniendo a disposición el modelo de presión arterial que los estudiantes construían en paralelo en las actividades del eje disciplinar, se les pidió que pensarán respecto de la razonabilidad de la utilización de las sangrías, pero ahora desde la perspectiva del modelo de presión arterial. En líneas generales todos pudieron aproximar ideas respecto de que al extraer sangre se disminuía el volumen y eso implicaba una disminución en la presión arterial de las personas: “Por más que ellos pensarán que estaban equilibrando humores” (Alumna G3). Este fue uno de los puntos más sobresalientes de las relaciones construidas entre ambos ejes.

Actividades para la estructuración de la idea clave sobre paradigma

Aspecto a evaluar. Conocer si los estudiantes logran contextualizar las discusiones y producciones que llevaron a cabo, en la perspectiva teórica de los denominados *enfoques anacrónicos y sincrónicos* (Boido, y Lombardi, 2012) y a partir de allí identificar y relacionar los aspectos básicos de la idea de paradigma. Esta actividad implicó dos etapas.

Etapa 1: Enfoques anacrónicos y sincrónicos

Consigna. Les proponemos leer ‘Anacronismo vs. Diacronismo en la historia de la ciencia’ (Boido, y Lombardi, 2012). Luego de la lectura discutan respecto de las relaciones que pueden establecerse entre estos enfoques y el trabajo que llevaron a cabo.

Resultados. En las producciones de la totalidad de los grupos se constató que pudieron vincular de manera consistente las actividades que hicieron con los enfoques analizados en la bibliografía.

“La actividad de las viñetas es la que consideramos anacrónica, porque se trabajó sobre un supuesto, sin la base teórica que tenían los médicos de esa época y se la analizó desde la perspectiva que tenemos hoy en día. Fue una actividad que estuvo sesgada por nuestro marco teórico. Por otro lado, la actividad diacrónica fue la última que trabajamos en clase por el hecho de que los casos que se trataron estaban contextualizados en su época y se brindaba información acerca del techo teórico que poseían los científicos de la época” (G1).

En el análisis del G4 se identifica además una mirada valorativa sobre el enfoque diacrónico:

“La visión anacrónica de la ciencia fue porque analiza la historia con los marcos teóricos actuales de la ciencia, sin tomar el contexto sociocultural de la época histórica que se analiza. El enfoque histórico se dio cuando reescribimos las viñetas, entendimos el contexto sociocultural y analizamos la historia de manera más rica, pretendiendo entender la influencia de los ideales de esas épocas sobre el desarrollo científico” (G4).

En la puesta en común en clase, el profesor y los estudiantes recuperaron toda la secuencia de trabajo desarrollada hasta el momento en la línea metacientífica y se puntualizaron los cambios producidos en la manera de comprender las situaciones analizadas, particularmente al reflexionar sobre los modelos iniciales que habían puesto en juego, en los cuales la mayoría de los estudiantes no reconocían la presencia de alguna teoría orientado las prácticas de las sangrías o asimilaban la enfermedad del pulso duro a la hipertensión arterial. Los estudiantes pudieron reconocer que en la historia de esta problemática podían identificar claramente que una teoría explicativa había sido reemplazada por otra.

Etapa 2: La idea de paradigma

Consigna. “Lean el extracto de párrafos de “La estructura de las revoluciones científicas” (Kuhn, 2004) y establezcan relaciones con las discusiones que se estaban llevando a cabo”.

Resultados. La totalidad de los grupos estableció relaciones consistentes con la idea de paradigma y, en un caso, se avanzó en la explicitación de un ejemplo para entender la vinculación Teoría – forma de intervención.

“Kuhn consideraba a los paradigmas como las construcciones llevadas a cabo por los científicos que durante un tiempo ofrecían problemas y soluciones. El análisis histórico diacrónico nos permitió visualizar los paradigmas que imperaban en determinadas épocas, ver ‘la ciencia normal’ que se practicaba. Desde ese punto de vista podemos afirmar que se encontraban bajo un paradigma que definía los problemas del ser humano a partir del desequilibrio de ‘Cuatro humores’, el cual se solucionaba drenando la plétora. Hasta que sucedió una “Revolución científica” o un cambio de paradigma” (G 4).

El G1 presentó una visión más vinculada con una proyección educativa:

“Como planteó Kuhn, en la Estructura de las revoluciones científicas, las interpretaciones antiguas de cualquier otro conocimiento debe ser aprovechada para enseñar a la sociedad que la ciencia no significa una verdad absoluta sino que se adapta en una escala espacio temporal y que la que mejor describe o interpreta un fenómeno será la que utilizaremos, como en este caso, para diagnosticar a las personas con problemas sanguíneos” (G1).

Recuperando este avance, y haciendo una comparación con las sangrías como forma de intervención bajo el paradigma de los “cuatro humores”, se les preguntó a los alumnos, qué intervenciones podían describir para el tratamiento de la hipertensión arterial desde el paradigma actual. Esto

implicó una vinculación explícita entre la modelización disciplinar y la metadisciplinar, ya que los estudiantes comenzaron a mencionar la disminución en el consumo de sal y los remedios antihipertensivos que utilizaban algunos miembros de sus familias y esto anticipó aspectos del desarrollo de la línea disciplinar biológica.

Actividades de aplicación de la idea clave

Aspecto a evaluar: Constatar si los estudiantes pueden activar y aplicar la idea de paradigma construida en el desarrollo de la UD al analizar una práctica médica.

Consigna. Se utilizó una foto de un paciente que está siendo tratado con sangrías por sanguijuelas pero que se encuentra en un contexto que claramente remite a una clínica médica en la actualidad.

“Observen la imagen. Qué reflexiones pueden hacer al respecto en función de las discusiones que se vienen sosteniendo”

Resultados. La observación de la foto llamó de manera notable la atención de los estudiantes quienes comenzaron a discutir ideas sobre el sentido de esa práctica en la actualidad. La mayoría de las intervenciones que hacían los estudiantes estaba ya contextualizada en la temática de la idea de paradigma, esto es hacían referencia a que en la actualidad esa práctica necesariamente se llevaría a cabo *“pero bajo otro paradigma”*. Comenzaron a buscar información y el profesor les entregó una publicación científica en la cual se describen acciones terapéuticas de la saliva de las sanguijuelas en lo que actualmente se denomina hirudoterapia (Cornejo-Esquerro, 2009). Luego se les solicitó que llevaran a cabo un análisis desde la perspectiva metacientífica que se estaba desarrollando.

La totalidad de los grupos formularon producciones consistentes con la idea de paradigma analizada. El G1 recuperó diferentes aspectos de la modelización que llevaron a cabo.

“La utilización de sanguijuelas para tratar enfermedades sigue siendo válida, pero sólo con el uso de estos anélidos cultivados en granjas y no en estado salvaje. La diferencia radica principalmente en que su utilización se hace con otro marco teórico. En la antigüedad se basaba en la creencia de los cuatro humores, por lo que el tratamiento de extracción de sangre que hacían estos anélidos reducía las anormalidades que consideraban como enfermedad. Hoy en día, y con el techo teórico del sistema circulatorio y el conocimiento de las propiedades de la sanguijuela, como su poder anticoagulante y anestésico, se interviene en el mismo tratamiento, pero con una justificación más robusta. No se puede considerar que en la antigüedad estos médicos estaban equivocados en el fin de su tratamiento, sino que bajo ese marco teórico de los cuatro humores era efectivo. A medida que el tiempo pase, es muy probable que esta terapia sea reemplazada, anulada o por el contrario aplicada a un número mayor de tratamientos y tal vez el marco teórico que se tiene en la actualidad pueda robustecerse aún más o incluso cambiar” (G1).

Discusión

El estudio llevado a cabo permitió, de manera preliminar, describir, analizar y evaluar producciones de los y las estudiantes al desarrollar una idea clave metacientífica sobre paradigma. Consideramos que a partir de esta primer etapa de diseño, implementación y evaluación, será posible mejorar y complejizar no solo la UD y su itinerario de actividades, sino también la formulación de los aspectos a evaluar y colaborar así con la elaboración de una rúbrica que dé cuenta de cada uno de los componentes implicados en la construcción de la idea clave sobre paradigma, mejorando las condiciones de transferencia y aplicabilidad del estudio en otros contextos.

Ahora bien, y dentro de los límites que la modalidad del estudio ha impuesto, el análisis de las producciones en la línea metacientífica de la UD en G1, nos permite inferir que el modelo inicial que aplicaron a la situación propuesta se fue complejizando, incorporando elementos que, al finalizar la tarea, les permitió disponer de una idea metacientífica robusta para justificar y contextualizar una práctica en el marco de un paradigma, y plantear una visión dinámica de la ciencia, tal cual prescriben las principales corrientes de Naturaleza de la ciencia analizadas. Esta progresión que, con diferentes niveles de desarrollo, también identificamos en el resto de los grupos, se logró en la interacción con los docentes, los otros grupos y las actividades que en paralelo desarrollaban en el eje disciplinar (Ver Figura 3).

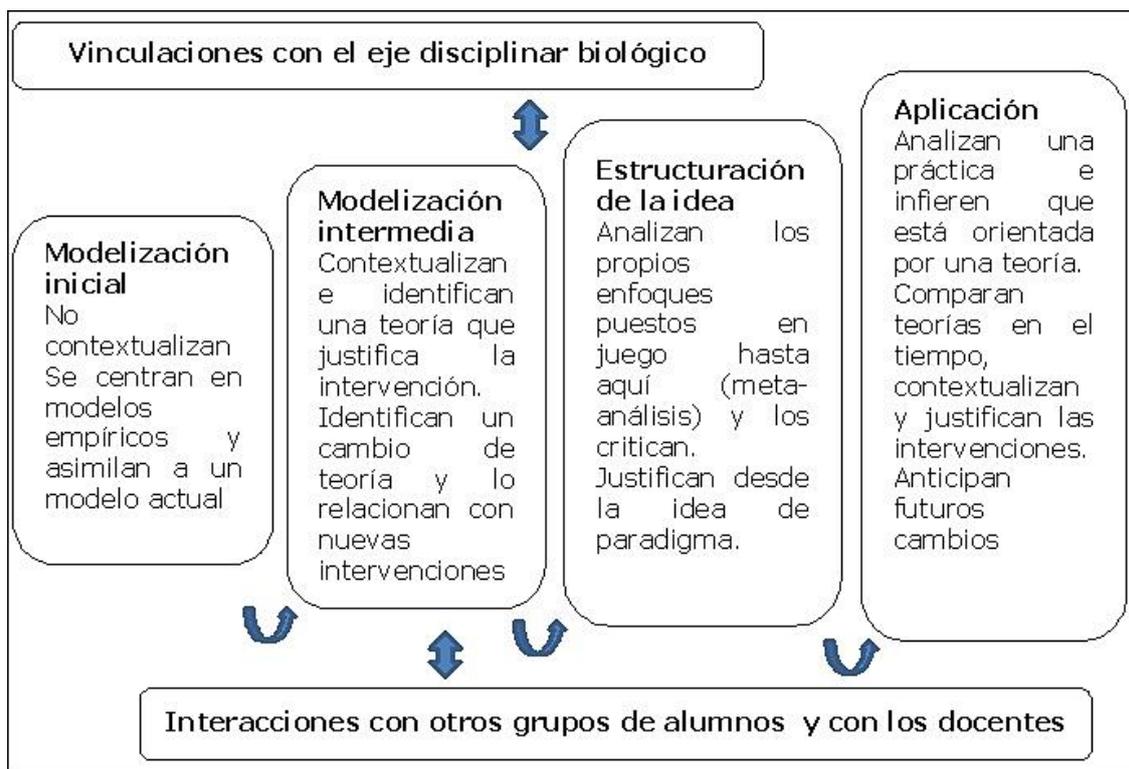


Figura 3 Análisis de la progresión de la modelización del G1 en el contexto de desarrollo de la UD

Las vinculaciones antes descritas en los resultados, entre los ejes disciplinar y metacientífico, nos animan a pensar que la propuesta de modelización metacientífica, explícita y contextualizada en la enseñanza de

modelos disciplinares, fue significativa. Por ejemplo, los estudiantes, al estructurar la idea de paradigma y comprender que las teorías definen los problemas y las formas de intervención, pudieron volver al problema sociocientífico que disparó la Unidad Didáctica, relacionado con la eliminación de saleros en los restaurantes, y pensar a partir de allí que la disminución en el consumo de sal es una de las soluciones bajo el modelo actual y esto a su vez contextualizó la modelización disciplinar que llevaban a cabo. De este modo, los estudiantes no perdieron de vista el sentido de la integración de la enseñanza disciplinar y metacientífica en el contexto del problema que la dinamizó. Creemos que los resultados de la implementación de la UD nos permiten abonar, con una nueva referencia empírica, el modelo de vinculación teórica planteado en los fundamentos (ver Figura 1) y colaborar, por la sinergia entre los enfoques que lo componen, con la mejora en la calidad de la formación de los estudiantes en general y del profesorado en particular.

Referencias

Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo Editorial Económico.

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

Adúriz-Bravo, A. y Ariza, Y. (2012). La importancia de la filosofía y de la historia de la ciencia en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En Z. Monroy Nars, R. León Sánchez, G. Álvarez (Eds.), *Enseñanza de la ciencia* (pp. 79-92). México: UNAM

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.

Bahamonde, N. (2007). *Los modelos de conocimiento científico escolar de un grupo de maestras de educación infantil: un punto de partida para la construcción de "islotes interdisciplinarios de racionalidad" y "razonabilidad" sobre la alimentación humana*. Tesis de Doctorado. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra. Recuperado de <http://www.tesisenred.net/handle/10803/4720>.

Bahamonde, N. y Rodríguez, M. (2012). *Diseño de una unidad didáctica para el abordaje de asuntos socio-científicos en la educación secundaria: clonación humana, huella genética y aproximación histórico-epistemológica a la modelización del ADN*. Comunicación presentada en la 2° Conferencia Latinoamericana del International History, Philosophy, and ScienceTeaching Group. Mendoza: Argentina.

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.; Lozano, E.; y Diaco, P. (2014). *Una comunidad de aprendizaje para pensar la enseñanza de las ciencias en el ámbito de la universidad*. Comunicación presentada en el VI Congreso Internacional de

Enseñanza de la Biología. General Roca: Argentina. Recuperado de https://www.academia.edu/27704894/Una_comunidad_de_aprendizaje

Bahamonde, N.; Lozano, E.; Diaco, P.; Cremer, C. y Mut, P. (2015). *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*. (Proyecto Investigación UNRN 40 A 412 Resol. 290/2015) Universidad Nacional de Río Negro: Argentina.

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

Boido, G. y Lombardi, O. (2012). Anacronismo vs diacronismo en la historia de la ciencia. *Exactamente* 51, 49.

Consejo Interuniversitario Nacional CIN (2012). *Lineamientos generales de la formación docente comunes a los profesorados universitarios*. Consejo Interuniversitario Nacional. Resolución CE, N° 754/12. Buenos Aires.

Couso Lagarón, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 74, 12-24.

Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghien, A. (1999). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.

Erduran, S. y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Dordrecht: Springer.

Esunge, P. (1991). From blood pressure to hypertension: the history of research. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 84, 621.

Freis, E. (1995). Historical Development of Antihypertensive Treatment. En J.H. Laragh and B.M. Brenner (Eds.) *Hypertension: Pathophysiology, Diagnosis and Management. Second Edition* (pp. 2742-2750). New York: Raven Press.

Gilbert, J. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115–130.

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

Gilbert, J. y Justi, R. (2016 b). Learning About Science Through Modelling-Based Teaching. En J. Gilbert, R. Justi (Eds.) *Modelling-based Teaching in Science Education* (pp. 171-191). Suiza: Springer

Góngora Bianchi, R. (2005). La sangre en la historia de la humanidad. *Rev Biomed*, 16: 281-288.

Heydari, M.; Dalfardi, B.; Golzari, S.; Habibi, H. y Zarshenas, M. (2015). The Medieval Origins of the Concept of Hypertension. *Heart Views* 3(15), 96-98.

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.

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. Perales y C. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 35-64). Madrid: Alcoy Marfil.

Kemmis, S. y McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Alertes.

Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. (3° Ed.) México: Fondo de Cultura Económica. Original en inglés de 1962.

Lederman, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of research in science teaching* 29(4), 331-359.

Lozano, E. y Zanón, V. (2012). *Savoir enseigner à l'université: un enjeu à caractère pédagogique*. Ponencia presentada en: Congrès international de Pédagogie universitaire. AIPU. Montreal: Canadá Recuperado de https://www.academia.edu/27704728/Savoir_enseigner_a_luniversit%C3%A9_un_enjeu_a_caractere_pedagogique

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 de doctorado. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén: Argentina. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12049/527>

Lozano, E.; Bahamonde, N. y Adúriz-Bravo, A. (2016). Análisis histórico-epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de la ciencia al profesorado. *Filosofia 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.

McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science. Dispelling the myths. in W. F. McComas (ed.) *The Nature of Science in Science Education*, (pp. 53-70). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Mason, S. (2012). *Historia de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.

Rodríguez, M. (2010). Mucha sangre y quién sabe cuántas lágrimas. <https://www.pagina12.com.ar/diario/suplementos/futuro/13-2403-2010-09-02.html>

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

Vazques, A.; Mannassero Mas, M. (2015). Una taxonomía para facilitar la enseñanza explícita de la naturaleza de la ciencia y su integración en el desarrollo del currículo de ciencias. *Interacções*, 34, 312-349.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. y Howes, E. V. (2005). *Beyond STS: A research based framework for Socioscientific Issues Education*. Wiley interscience.