

## **Integración disciplinar y metacientífica en la formación del profesorado: La construcción de los hechos científicos**

**Eduardo Lozano<sup>1,2</sup>, Paula Mut<sup>1</sup>, Cecilia Cremer<sup>1</sup> y Nora Bahamonde<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Estudios e Investigación en Educación (CEIE). Universidad Nacional de Río Negro, Argentina. <sup>2</sup> Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (CeFIEC). Universidad de Buenos Aires, Argentina. E-mail: [pmut@unrn.edu.ar](mailto:pmut@unrn.edu.ar)

**Resumen:** El presente trabajo se enmarca en una línea de investigación de ciclos iterativos de diseño, implementación y evaluación de unidades didácticas (UD) que permean directrices teóricas actuales del campo de la didáctica en espacios de formación disciplinar biológica en la formación de un profesorado de Biología en la Universidad. La dinámica implica un trabajo de modelización simultánea para la construcción del modelo biológico y para el desarrollo de ideas clave metacientíficas. Se presenta el resultado de la 4ta sesión del segundo ciclo realizado con 25 estudiantes de 3º año de la materia Biología Humana a partir del tema sociocientífico: las ordenanzas para retirar los saleros de las mesas de restaurantes. En ese contexto, se abordó "*la presión arterial normal (Pan)*" para el desarrollo de la idea metacientífica: la construcción de los hechos científicos. Los estudiantes pudieron estructurar el proceso de construcción social del hecho científico como un aspecto central de la actividad científica, hecho que nos alienta a sostener y profundizar el "campo de formación disciplinar y metacientífica integrado" para el desarrollo de UD significativas para la formación de profesores.

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

**Title:** Disciplinary and meta-scientific integration in teacher training: Building the Scientific Facts

**Abstract:** The present work is part of research iterative cycles of design, implementation and evaluation of didactic units (UD) in disciplinary training in Biology with the current theoretical guidelines of the field of didactics at University. It's implies a dynamic simultaneous method of biological modeling and a meta-scientific key-ideas development. Here we present the result of the 4's session of UD's second cycle, carried out with 25 students of 3rd year of the Human Biology subject on the socio-scientific topic: the ordinances to remove the saltshakers of restaurant tables. In this context, was addressed "normal blood pressure (Pan)" for the development of the meta-scientific idea: the construction of scientific facts. Students were able to structure the process of social construction of the scientific theme as a central aspect of scientific activity, a fact that encourages us to sustain and

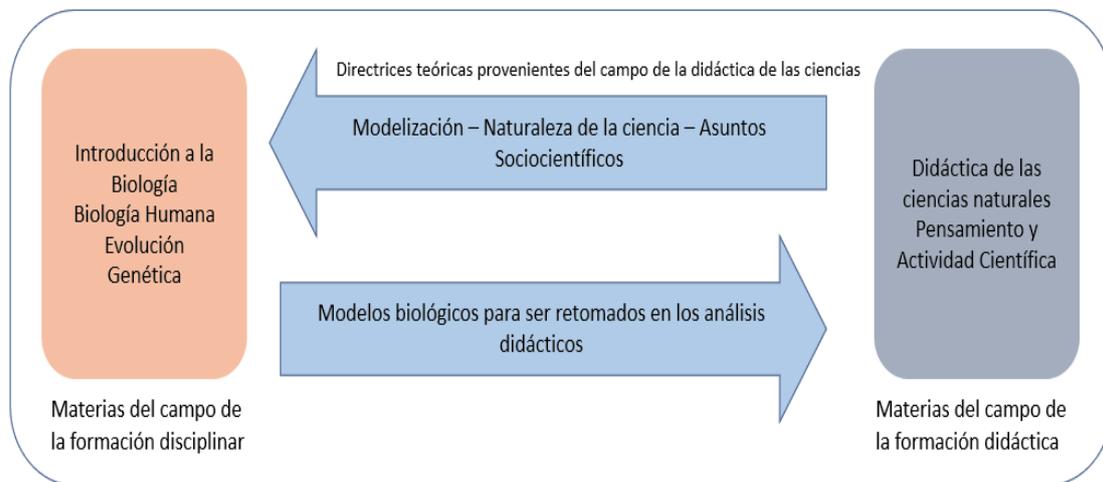
deepen the “field of integrated disciplinary and meta-scientific training” for the development of significant UD's for teacher training.

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

### Introducción y fundamentación teórica

#### *La integración de la formación disciplinar y didáctica en el profesorado*

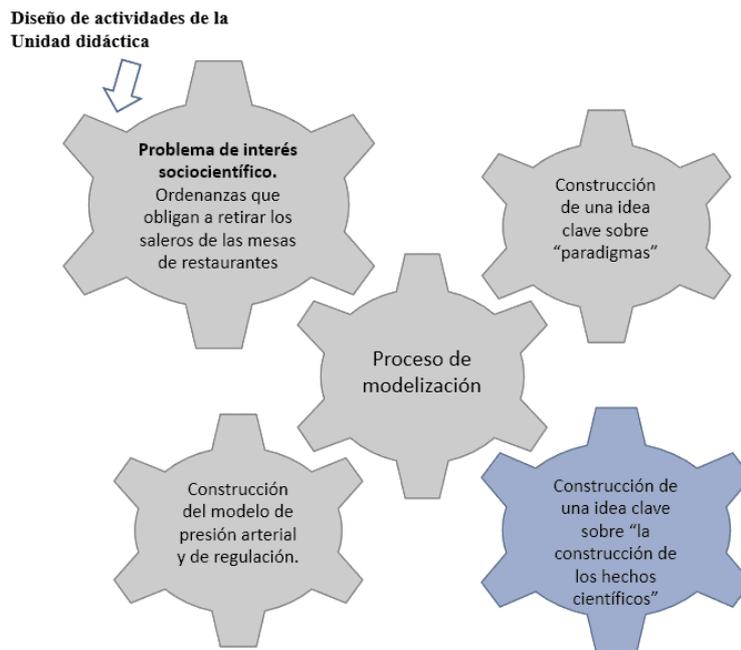
La línea de investigación que venimos desarrollando, en la perspectiva modelos y modelización (Adúriz-Bravo, 2012; Gilbert y Justi, 2016a; Gilbert y Osborne, 1980), se encuentra orientada a lograr avances en la integración de la formación disciplinar y didáctica en el profesorado en Biología en el ámbito de la universidad. El dispositivo que utilizamos es el desarrollo de ciclos iterativos de diseño, implementación y evaluación de unidades didácticas que permean directrices teóricas actuales del campo de la didáctica, como la modelización, el eje naturaleza de la ciencia y la perspectiva de asuntos sociocientíficos, hacia los espacios de formación en biología, tradicionalmente a cargo de especialistas disciplinares. A su vez, en los espacios de formación en didáctica del profesorado, las UD permiten retomar y volver a tratar modelos biológicos en el contexto de la reflexión sobre la enseñanza de las ciencias (Esquema 1). Nuestra hipótesis es que, a partir de la producción de unidades didácticas integradas y validadas en los contextos naturales de las clases, se promueven aprendizajes más significativos por parte de los estudiantes y se hace más robusta y compleja la identidad de la formación del profesorado en el ámbito de la universidad.



Esquema 1.- Relaciones entre campos de formación en el Profesorado en Biología de la universidad.

Tal como se señaló antes, las directrices teóricas adoptadas para la enseñanza provienen del Modelo Cognitivo de Ciencia Escolar (Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí, 1999), y sus ideas centrales las extendemos al trabajo concreto de enseñar ciencia en el marco de la Actividad Científica Escolar (Sanmartí, 2002). El objetivo central es que los estudiantes, a partir de la modelización de fenómenos, tengan oportunidades genuinas de pensar teóricamente algo del mundo y puedan

intervenir en él. Además, a la modelización de fenómenos se integra el eje Naturaleza de la ciencia, a partir del desarrollo de actividades que permiten pensar, de manera explícita y sistemática, diferentes aspectos epistemológicos y socioinstitucionales de la actividad científica (Adúriz-Bravo, 2005; Erduran y Dagher, 2014). Por último, esta propuesta se complementa con la perspectiva de Asuntos Sociocientíficos (Bahamonde, 2014; Bahamonde y Rodríguez, 2012; Zeidler, Sadler, Simmons y Howes, 2005) al dar lugar a la dimensión práctica y a la contextualización de los modelos biológicos a enseñar en el abordaje de problemas significativos para los estudiantes y la sociedad.



Esquema 2.- Integración disciplinar y metacientífica en la UD de la investigación para la materia Biología Humana del profesorado en Biología.

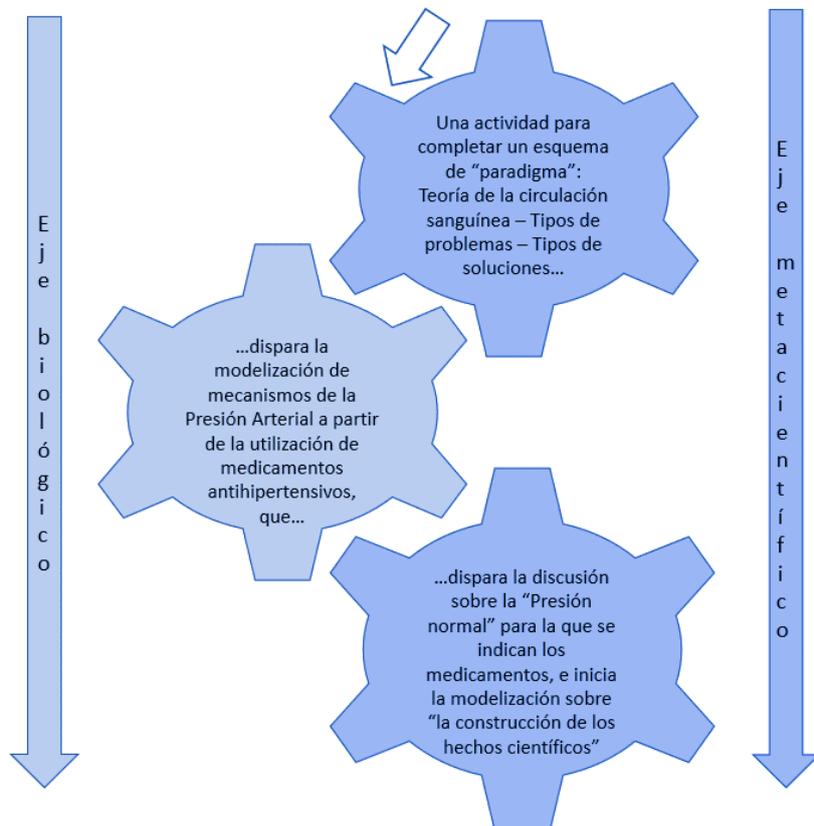
En nuestra línea de investigación, el diseño de las UD implica a los estudiantes en un trabajo de modelización simultánea para la construcción del modelo biológico y también para el desarrollo de ideas clave metacientíficas (Esquema 2).

La dinámica del diseño de una UD implica, por una parte, la identificación del modelo biológico a enseñar y los aspectos más significativos que serán modelizados, en función del hecho sociocientífico considerado significativo para contextualizar su enseñanza. Como antecedentes del trabajo que presentamos en este artículo, encontramos diferentes propuestas de modelización orientada al estudio de los organismos y sus sistemas (Bahamonde y Gómez, 2016; Buckley, 2000; Felipe, Gallarreta y Merino, 2005; Giordan y de Vecchi, 1988; Gómez, 2014) y también a nivel de organización celular (Clément, 2006; Díaz de Bustamante y Jiménez-Aleixandre, 2008; Lozano, 2015; Mengascini, 2006; Rodríguez y Moreira, 1999; Verhoeff, 2003).

Por otra parte, la selección de los temas de naturaleza de la ciencia se orienta a partir de estudios con enfoque histórico/epistemológico sobre el modelo biológico a enseñar (Adúriz-Bravo, 2010; Matthews, 1994). A partir de ellos, es posible identificar episodios de interés, discusiones, controversias, experimentos, analogías, que pueden vincularse de manera consistente con algunos temas metacientíficos y lograr así una propuesta articulada con la propia naturaleza de los modelos biológicos a enseñar. En esta línea se destacan, como antecedentes para nuestro trabajo, el análisis de los casos propuestos por Erduran y Dagher (2014), que contextualizan la enseñanza de aspectos de la ciencia como un sistema socioinstitucional, y también diversas producciones que han implicado ambientaciones en episodios históricos para especificar y enseñar temas de naturaleza de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2005; Álvarez Soria y Lozano, 2019; Garelli, Cordero y Dumrauf, 2016; Lozano, Bahamonde y Adúriz-Bravo, 2016).

De este modo, se avanza con una enseñanza disciplinar y metacientífica integrada, dinamizada por la modelización y orientada a favorecer el desarrollo de capacidades de los estudiantes para otorgar significados a los hechos sociocientíficos abordados y también para actuar, para modificar prácticas, individuales y colectivas y hacerlo de manera informada.

Dentro de este modelo didáctico que desarrollamos, y como otro aspecto tendiente a profundizar la articulación disciplinar y metacientífica, diseñamos actividades puntuales que vinculan y traccionan la modelización en ambos ejes. Estas van a actuar como interfases que les permiten a los estudiantes empujar la modelización disciplinar a partir de un problema construido en la modelización metacientífica y a la inversa (Esquema 3).



Esquema 3.- Cadena de interacciones que traccionaron aspectos disciplinares y metacientíficos en la UD de la investigación.

*La construcción social de los hechos científicos. Consensos sobre la presión arterial normal*

Los influyentes argumentos de Hanson (1958) y Kuhn (1962) respecto de la consideración de la carga teórica que poseen las observaciones científicas ("*theory-ladenness of observation*"), discutieron las ideas excesivamente objetivistas que consideraban que la observación ofrecía una ventana teóricamente neutral para conocer el mundo (Knorr-Cetina, 2005; Suppe, 1977, en Brewer y Lambert, 1993). La idea de que las percepciones se construyen en las comunidades científicas utilizando material cultural previo, profundizó una vía alternativa al imperativo empirista del Círculo de Viena: "*Que el conocimiento del mundo es posible, no se basa en que la razón humana imponga una forma al material, sino en que el material está ordenado de una manera determinada*" (Lorenzano, 2002, p. 119), y permitió postular que, si el material cultural cambia, existe la posibilidad de que ciertos hechos desaparezcan y aparezcan otros. Esta perspectiva encontró, en la noción de paradigma, una síntesis exitosa que volvía compatibles las explicaciones cognitivas y las explicaciones sociales para comprender el funcionamiento de las comunidades científicas (Kreimer en Knorr-Cetina, 2005).

El desarrollo tuvo impacto en el campo de la sociología de la ciencia, casi al mismo tiempo en que se iniciaban las primeras investigaciones para abordar la cuestión vinculada a "cómo hacen la ciencia" las comunidades científicas, tomando a los laboratorios como objeto de análisis (Kreimer en Knorr-Cetina, 2005). A modo de imperativo, pero contrario al del Círculo de Viena, una idea clave que orientaba esta perspectiva es que los hechos adquieren la fuerza de enunciados indiscutibles luego de que han sido resueltas las controversias, se han negociado perspectivas y se han impuesto determinadas visiones sobre otras y, en este proceso, la naturaleza (realidad) tendría poco que ver durante el desarrollo de un modelo, particularmente mientras subsistan controversias con otros (Kreimer en Knorr-Cetina, 2005). Un ejemplo introductorio, a partir del cual nuestros estudiantes de la materia Pensamiento y Actividad Científica del profesorado comienzan a vislumbrar la complejidad que implican estas visiones sobre la actividad científica, es el análisis de las discusiones que ocurrieron entre Sennebier y Berthollet, en la segunda mitad del siglo XVIII, relacionadas con el origen del oxígeno que las plantas liberan durante las horas de luz (Baker y Allen, 1970). El francés Berthollet sostenía que provenía de las moléculas de agua, en cambio el suizo Sennebier postulaba que se originaban en las moléculas de dióxido de carbono y, ambos, ofrecieron sendos experimentos que, con una racionalidad fuerte y de un modo muy consistente, validaban sus respectivas hipótesis. Las orientaciones teóricas ordenaron el modo en el que cada uno de ellos intervino sobre la realidad y buscó los datos, y así se fabricaron dos hechos científicos plausibles con resultados antagónicos. Tal como lo expresó Knorr-Cetina (2005), si bien la palabra "hecho" deviene de "hacer", tendemos a pensar a los hechos científicos como entidades dadas y no como fabricaciones de la comunidad científica. Quizás esta sea la mejor

explicación al asombro que le produce a nuestros estudiantes el análisis de las hipótesis y los experimentos en la controversia que les presentamos.

Las visiones ingenuas sobre la producción de los hechos científicos que persisten en la perspectiva de los estudiantes, nos animaron al desarrollo de una línea de actividades en la UD de la investigación, que abordó como núcleo de análisis a la construcción del hecho científico: "presión arterial normal" (PAN), y nuestra hipótesis es que probablemente los estudiantes la consideren como "un hecho natural preservado por una afirmación científica" (Knorr-Cetina, 2005).

En este marco, lejos de constituir un hecho natural, el modelo de presión arterial es el resultado de un largo proceso que se inició con la declinación de la teoría de los cuatro humores y la construcción y estabilización del modelo de circulación sanguínea de Harvey.

Este modelo estaba anclado en otras visiones teóricas, por ejemplo, el rol del corazón y la circulación de la sangre eran justificados por Harvey desde el modelo astronómico copernicano y el lugar que el sol ocupaba en él, y también por resabios aristotélicos referidos a los movimientos circulares (Mason, 2012). Por otra parte, el análisis de la controversia planteada entre Descartes y Harvey, relacionada con la función del corazón en el nuevo modelo circulatorio (considerado como un horno que calentaba la sangre y la hacía circular o como una bomba que la impulsaba), daba cuenta de la influencia de una creciente visión mecanicista de la época sobre la naturaleza de los organismos y también de elementos vitalistas, como los que postulaba Harvey respecto de la función del corazón (Benítez, 2014). Es en este contexto, que Stephen Hales (1677–1761) y orientado también por nuevas visiones teóricas sobre la naturaleza del aire y la presión atmosférica, diseñó una experiencia "a la Torricelli" (1608–1647) y pudo, quizás por primera vez, medir la presión arterial canalizando la arteria crural de una yegua en un tubo de vidrio dando cuenta de la altura que alcanzaba la sangre con cada latido (Freis, 1995). Luego los trabajos de Thomas Young (1773–1829) dieron origen a una descripción de la hipertensión arterial (Freis, 1995) y, bajo esta nueva perspectiva, la primera indicación terapéutica farmacológica extendida contra la hipertensión arterial fue un relajante que disminuía la tensión de los vasos (García-Barreto, 2009).

En la década de 1910 los médicos comenzaron a definir los tipos de hipertensión arterial (HTA), posteriormente estudiaron su relación con enfermedades cardiovasculares y renales, y en la década de 1950 comenzaron los estudios tendientes a desarrollar tratamientos para la misma. A partir del Estudio prospectivo de Framingham sobre el riesgo cardiovascular, iniciado en 1948, se puso en evidencia la relación de la HTA con patologías cardiovasculares y también la necesidad de consensuar estrategias de definición y manejo de la HTA. En 1972 se estableció en EEUU el NHBPEP (*National High Blood Pressure Education Program*) con el objetivo de reducir las causas de muerte relacionadas con la HTA. Una de las estrategias adoptadas por este programa fue la de crear el JNC (*Joint National Committee on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure*) con el objetivo de proveer recomendaciones prácticas para la identificación, manejo y tratamiento de la HTA. Así, en 1977 se publicaron

las primeras guías desarrolladas por JNC, que han sido revisadas y modificadas por paneles de expertos durante las siguientes décadas bajo la dirección del NIH (*National Institutes of Health*) llegando al consenso JNC8 del año 2014. Las recomendaciones del consenso reflejan los conocimientos adquiridos a partir de estudios clínicos y del desarrollo de nuevos fármacos antihipertensivos (Kotchen, 2014)

Recientemente, en 2017, se publicaron las guías del Colegio Americano de Cardiología (ACC) y de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) que proponen distintas líneas de corte para HTA y han generado una importante controversia. En este sentido, en Argentina se generan documentos semejantes para el diagnóstico, estudio, tratamiento y seguimiento de la hipertensión arterial, siendo el último de 2018 por el consenso de tres Sociedades Científicas que están vinculadas al tratamiento de la HTA (Ramos, 2019)

Un hecho muy significativo, lo constituye un documento elaborado por la Sociedad Argentina de Cardiología (2017), en el cual analizaron críticamente el consenso producido por la *American Heart Association* en 2017 y caracterizaron de "polémica mundial" al efecto que produjo en diferentes países, los cuales han tomado esos lineamientos como guía de referencia. Los cuestionamientos hacen referencia a diferentes dimensiones implicadas en la problemática, por ejemplo, en las cuestiones epidemiológicas y económicas, ya que denuncian que la aceptación de los nuevos valores propuestos implicaría que automáticamente millones de personas pasaran a ser consideradas hipertensas y, por lo tanto, sujetas a las prescripciones de medicamentos. También se hacen cuestionamientos a aspectos técnicos relacionados con la metodología utilizada para medir la PA en los estudios de base de ese consenso.

Así, desde sus inicios el proceso de construcción del modelo de PA ha estado signado por visiones teóricas y también por condicionamientos sociales que, especialmente, en las últimas décadas del siglo XX y las primeras del XXI, se han manifestado claramente en el planteo de controversias. De allí la potencialidad que le atribuimos para su desarrollo en el contexto que propone NOS (*Nature Of Science*) para la educación metacientífica.

#### *El desarrollo de una idea clave sobre la construcción de los hechos científicos*

Naturaleza de la ciencia, constituye una línea de investigación y un componente curricular que integra diversos aspectos de filosofía, historia y sociología de la ciencia, y se orienta a desarrollar la educación metacientífica de los estudiantes para lograr que las imágenes que sobre la ciencia circulan en la sociedad se hagan más actualizadas y críticas (Lederman, 1992; McComas, 1998). En las últimas décadas se han producido distintas propuestas respecto de cuáles son las temáticas metacientíficas que deberían abordarse y también sobre el modo de organizarlas para su enseñanza (Vázquez y Manassero, 2015; Gilbert y Justi, 2016b). Las diferentes perspectivas y taxonomías que se han propuesto, como la construcción de entidades metateóricas específicas para la formación del profesorado (Adúriz-Bravo, Izquierdo y Estany, 2002) la

taxonomía VOSTS -*Views of science, technology and society*- (Aikenhead y Ryan, 1992), y la perspectiva FRA -*Family resemblance approach*- (Erduran y Dagher, 2014) acuerdan, en líneas generales, respecto de la consideración de dos núcleos para la educación sobre la ciencia: uno de naturaleza epistemológica/cognitiva y otro que atiende a los aspectos socio/institucionales implicados en el desarrollo de la actividad científica.

Respecto del segundo, de interés para nuestra investigación, y en el marco particular de VOSTS -*Views of science, technology and society*-, se define un campo social e institucional del conocimiento científico y se identifican dos dimensiones, una vinculada a la sociología interna de la ciencia y otra a la sociología externa. En la primera, se explicita un aspecto denominado "construcción social del conocimiento científico" y dentro de él se hace referencia a la "colectivización" y las "decisiones científicas". En la segunda, se identifica un aspecto denominado "influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad" y dentro de él se hace referencia a temas como la "responsabilidad social" respecto de los "problemas" que se abordan, las "soluciones", y el "impacto" que tienen en la sociedad.

En este marco, fue posible relacionar algunos elementos que encontramos en el estudio histórico/epistemológico sobre el hecho científico: "presión arterial normal" (PAn) con algunos de los aspectos identificados en la taxonomía VOSTS -*Views of science, technology and society*-, del campo social e institucional del conocimiento científico. Esos elementos fueron incorporados en el diseño de la UD y orientaron la formulación de la idea clave metacientífica que debían modelar/construir los estudiantes.

Las ideas clave son afirmaciones sencillas y muy significativas para los estudiantes ya que constituyen el aspecto específico de la ciencia que se pretende abordar (Adúriz-Bravo, 2005). Para nuestra unidad didáctica, además de la idea clave sobre paradigma, cuyos resultados ya fueron publicados, se propuso la modelización de una idea clave sobre "la construcción de los hechos científicos" vinculada a la producción de consensos sobre la PAn.

Idea clave propuesta para la Sesión 4 de la UD: "Los hechos científicos no son hechos naturales enunciados científicamente. Son construcciones orientadas teóricamente, condicionadas socialmente y se manifiestan a través de consensos que por un tiempo son aceptados por la comunidad científica".

#### *Objetivos*

En el marco de la línea de investigación que desarrollamos, se plantearon los siguientes objetivos:

a) Diseñar una UD que, a partir de la consideración de un tema sociocientífico: las ordenanzas para retirar los saleros de las mesas de restaurantes, integrara modelización disciplinar y metacientífica por parte de los estudiantes.

b) Diseñar actividades específicas para lograr interacciones significativas entre el eje disciplinar y metacientífico.

c) Implementar, evaluar, rediseñar y volver a implementar la UD en un ciclo iterativo.

d) Analizar e interpretar los procesos de modelización de ideas disciplinares y metacientíficas que llevan a cabo los estudiantes.

### **Metodología**

En la perspectiva de modelos y modelización (Gilbert y Osborne, 1980) el diseño y la implementación de la UD se encuadró en el marco de la Actividad Científica Escolar (ACE) (Sanmartí, 2002) y los Estudios de Diseño (DBR) (Reigeluth y Frick, 1999). La primera etapa, que denominamos Iteración 1, implicó el diseño de la UD, su aplicación en el aula y el análisis y evaluación de su implementación. La segunda etapa, Iteración 2, 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 (Psillos y Kariotoglou, 2016). La UD se implementó en el contexto natural de las clases, las que estuvieron a cargo de los docentes que a la vez son investigadores y, la búsqueda de los datos y el enfoque que orientó su sistematización y análisis, orientado a la interpretación de los procesos de modelización que llevaron a cabo los estudiantes, es cualitativo (Taylor, 2014). Desde esa perspectiva se organizó la presentación de los datos en este artículo.

En cuanto a la descripción y análisis de la modelización producida por los estudiantes en la Sesión 4 de la UD que se presenta en este artículo, se llevó a cabo con los datos de la implementación de la UD en la Iteración 2, esto es, en la segunda etapa de implementación. En ella, participaron 25 estudiantes de 3º año de la carrera de Profesorado en Biología, de la materia Biología Humana. El grupo era heterogéneo, mayoritariamente mujeres (84%), el rango de edad (32-22), provenientes de diferentes escuelas secundarias, algunos (66%) cursaban por primera vez la materia y otros la recursaban. En este contexto, la diversidad de formaciones, experiencias y saberes que ponían en juego ante las situaciones planteadas en la UD, se modulaban en las discusiones y construcción de consensos al interior de cada grupo y luego en las puestas en común entre los siete grupos que se conformaron. El desarrollo completo de la unidad didáctica ocupó el dictado de 5 clases/sesiones, de 3 a 4 horas cada una.

Como unidades de producción se consideraron a los 7 grupos que conformaron los estudiantes. Como unidades de análisis, contamos con las producciones de gráficos y textos escritos y episodios del trabajo grupal, interacciones con materiales, intercambios y discusiones, a partir de grabaciones/videos o tomando nota en el cuaderno de registros. En el análisis de la modelización se establecieron diferentes categorías que reunían un grupo de elementos bajo un título genérico y que otorgaban un sentido generado desde la intervención teórica sobre los datos (Bardin, 1986). En particular, para el abordaje de los datos obtenidos de la Sesión 4, se utilizaron a modo de descriptores, una serie de términos presentes en el contenido del Campo Social e Institucional del Conocimiento Científico (CSICC) de la visión VOSTS -*Views of science, technology and society*-, adaptada por Vázquez y Manassero (2015). La presencia o ausencia de esos términos en las producciones de los grupos de estudiantes durante el

proceso de modelización, y también el momento en el que se identificaron, permitieron valorar el desarrollo que tuvo en la clase la idea clave metacientífica propuesta en la UD. La tarea de definición de las categorías se efectuó en reuniones entre el equipo de investigadores y la dirección del proyecto.

### Resultados

En este artículo se presentará el plano general de la UD diseñada, el itinerario didáctico de la Sesión 4 y los resultados del análisis de la modelización llevada a cabo por los estudiantes sobre la idea clave: "la construcción de los hechos científicos" en la segunda iteración de la UD.

#### La unidad didáctica

En la Tabla 1, se presenta el plano general de la UD diseñada para la investigación. En artículos ya publicados se mostraron resultados de las modelizaciones de las sesiones 1, 2 y 3, sobre la presión arterial y la idea clave de "paradigma" (Lozano, Bahamonde, Cremer y Mut, 2018, Bahamonde, Cremer, Mut y Lozano, 2020).

<b>Unidad didáctica</b>	
Problema de interés sociocientífico a investigar con estudiantes: <i>Promulgación de leyes que prohíben la colocación de saleros en mesas de restaurantes y casas de comida de la región y el país.</i> Actividades para conocer qué piensan de esas normativas, con qué problemas de salud la vinculan, qué nivel alcanzan en los grupos sociales por los que transitan cotidianamente las discusiones sobre el consumo de sal, etc.	
<b>Eje biológico</b>	<b>Eje metacientífico</b>
Sesión 1: Actividades para la modelización de la presión arterial	Sesión 2: Actividades para la modelización de la idea clave sobre "paradigma"
Sesión 3: Actividades para la modelización de la regulación de la presión arterial	Sesión 4: Actividades para la modelización de la idea clave sobre "la construcción de los hechos científicos" (Tabla 2)
Sesión 5: Vuelta al hecho sociocientífico que disparó el desarrollo de la UD. Actividades para revisar las ideas que habían expuesto inicialmente a la luz de las nuevas visiones construidas durante el desarrollo de la UD. Análisis y discusión sobre las prácticas alimentarias cotidianas de los estudiantes.	

Tabla 1.- Plano general de la UD. Las flechas indican las interacciones entre los ejes (ver Esquema 3) y en sombreado se indica el grupo de actividades objeto de esta publicación.

Luego del desarrollo del modelo biológico de regulación de la PA que llevaron a cabo los estudiantes en la Sesión 3 de la UD, y a partir del análisis de la acción de diversos fármacos recetados a hipertensos con el objeto de lograr el restablecimiento de la PA normal, se planteó la siguiente secuencia de actividades para la modelización de una idea clave sobre "la construcción de los hechos científicos" (Tabla 2).

#### Resultados de la modelización inicial

Objetivo: Se espera conocer qué explicaciones ponen en juego cada uno de los grupos de estudiantes al reflexionar respecto de si existe un valor de presión normal, si es universal y si ha cambiado en el tiempo.

De las discusiones y registros escritos producidos por la totalidad de los grupos, se observa que inicialmente no consideran posible la existencia de un único valor de PAn, y todos proponen la idea de un "rango" en el cual la PA puede ser considerada normal. G1, G4, y G5 desarrollaron diferentes aspectos biológicos para fundamentar que existe un rango de valores de PAn. G2 G3, G6 y G7 fundamentaron desde el conocimiento que poseen en cuanto a que las personas tienen diferentes valores de PA y no están necesariamente enfermas. En esta línea, G2 usó como ejemplo la diversidad de datos obtenida en la experiencia de medir la PA llevada a cabo en una actividad anterior de la UD. Al discutir sobre la universalidad, los estudiantes lo hacen partiendo de la base de que existe un "rango". G1 y G7 argumentan a favor de un rango universal partir de la idea de que es propio de la "especie humana". El resto de los grupos se refieren a las diferentes condiciones ambientales/socioculturales en las que viven las personas para negar la universalidad de un rango de PAn.

<b>Actividades de la UD de la investigación para la modelización de una idea clave sobre "La construcción de los hechos científicos"</b>
<p>Actividades para la modelización inicial</p> <p>a) ¿Creen que existe un valor de presión arterial normal? ¿Por qué?</p> <p>b) ¿Consideran que es un valor universal? ¿Por qué?</p> <p>c) ¿Piensan que ha sido siempre el mismo en la historia? ¿Por qué?</p> <p>A partir de las discusiones y aportes de cada grupo se hace una puesta en común y se construye un esquema que dé cuenta de los diferentes aspectos que han implicado.</p>
<p>Actividades para la modelización intermedia</p> <p>Momento 1</p> <p>Se entregan copias con una cronología de consensos sobre PA seleccionados a los siete grupos de estudiantes.</p> <p>a) Analicen la Tabla 1 de consensos. ¿A partir de qué año se establece un valor de PA normal? ¿Qué característica tiene ese dato? ¿En qué año se produce una modificación en el tipo de dato y cuál es?</p> <p>b) Analicen la Tabla 2. ¿Qué cambio identifican al comparar los datos de JNC VII (2003) con los anteriores?</p> <p>c) Analicen ahora los puntos señalados del informe 2017 que indica los nuevos valores en EEUU y luego el análisis que sobre ese informe hace la Sociedad Argentina de Cardiología.</p>
<p>Momento 2</p> <p>A partir de los análisis realizados, los estudiantes retoman el esquema construido en la modelización inicial y lo intervienen y modifican.</p>
<p>Actividades para la producción de modelos de arribo</p> <p>Estructuración de la idea clave: "Los hechos científicos se construyen".</p> <p>Lectura de los párrafos señalados del prólogo que Pablo Kreimer escribió al libro: "La fabricación del conocimiento Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia", de Karin Knorr-Cetina.</p> <p>Escribir un párrafo que vincule ideas centrales que han encontrado en el texto, con la problemática vinculada a los consensos sobre HTA expuesta en el esquema de la actividad anterior.</p>

Tabla 2.- Secuencia de actividades de la sesión 4.

*Sobre el cambio o permanencia del valor/rango de PAn en la historia.*

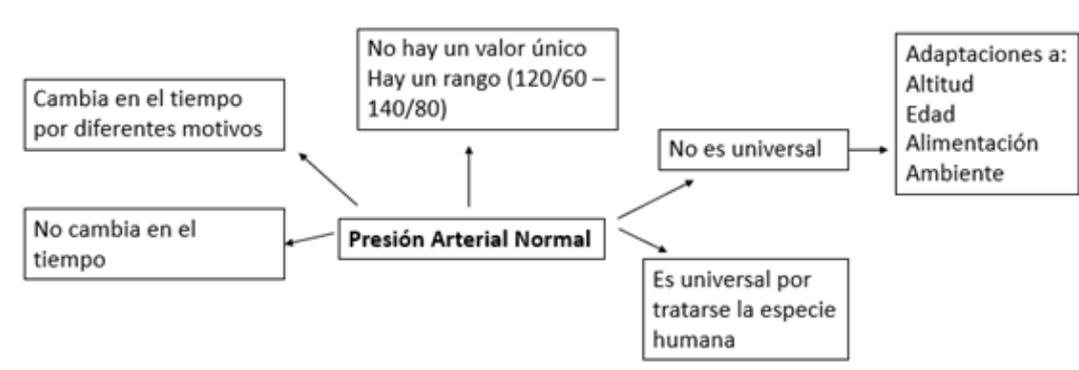
Al poner en una perspectiva histórica el análisis sobre la PAn, los estudiantes de G1 sostienen que además de ser universal, por ser propio de la especie humana no ha variado en la historia.

El resto de los grupos considera que ha cambiado y presentan básicamente dos explicaciones, una vinculada a que, a lo largo de la historia, se han modificado las condiciones de vida de las personas y otra, que considera que lo que fueron cambiando son las técnicas para medir la PA, y que además se plantearon hipótesis e hicieron experimentos para determinarla.

A partir de las diferentes producciones llevadas a cabo en la modelización inicial, se les pidió a los estudiantes que organizaran en la pizarra de clase un esquema que contuviera las ideas principales respecto de cada una de las cuestiones abordadas, considerando similitudes y diferencias.

Sobre el valor de la PAn			Sobre los cambios en el tiempo		
"No existe un valor de PAn, existe un rango"	Referencia a aspectos biológicos		"No ha variado"	G1	Ha sido siempre así ya que somos de la misma especie.
	G1	"...los mecanismos de control y regulación homeostáticos mantienen los valores de 'presión normal' dentro de un rango. Este rango varía desde 120/60 a 140/80 aproximadamente" (G1)			
	Referencia a los diferentes valores de PA que poseen las personas.		"Ha variado en el tiempo"	Cambia porque cambian las condiciones de vida de las personas	
				G3	"creemos que a lo largo de la historia el rango habría cambiado respecto de cómo vivía la gente, no vivían con el stress de ahora..." (G7)
				Cambia porque cambian las formas de medir y/o se hacen experimentos.	
	G2	"...en la primera actividad, cuando le tomamos la PA a los diferentes chicos que participaron, vimos que había diferentes valores y ellos estaban bien, entonces no hay un sólo valor de PAn..." (G2)		G2	"lo que va cambiando es la forma de medir..."
	G3			G3	"Dijeron: éste va a ser el rango normal y éste..." "capaz que agarraron a una persona sana y una enferma y midieron..." (G2)
	G6			G6	
	G7				

Tabla 3.- Resultados de la modelización inicial por grupos y ejemplos de respuestas.



Esquema 4.- Producido por los estudiantes en la pizarra del aula de clase al finalizar la modelización inicial.

### *Análisis de la modelización inicial*

Para analizar el contenido de las discusiones y las respuestas escritas que brindaron cada uno de los grupos en la modelización inicial, se identificaron algunos términos que permitieron asociar la casi totalidad de las respuestas a visiones cercanas a la consideración de la PAN como un hecho o fenómeno natural y construimos dos ideas para agruparlas

#### 1) La PAN “está” en los organismos

Al pensar sobre la existencia o no de un valor que determine si las personas tienen la PAN, los estudiantes de todos los grupos se enfocan exclusivamente en las características propias del organismo humano, su diversidad y en las condiciones que le provee el ambiente. Utilizan términos como: “regulación homeostática”, “fisiología”, “especie humana”, “diversidad de organismos”, “adaptaciones”, “condiciones ambientales”. Estas explicaciones pueden asociarse a una visión que concibe a la PAN como un hecho materializado en los organismos, esto es, la PAN “está” en los organismos sanos.

#### 2) La PAN se mide

Los grupos G2, G3 y G6, al pensar sobre la variación o no del valor de la PAN en el tiempo, incorporan términos que refieren a acciones como: “midieron”, “observaron”, e implican el reconocimiento de intervenciones desde el campo tecnocientífico para la determinación de la PAN. Estas explicaciones se consideran complementarias de la idea anterior, esto es, la consideración de la PAN como un hecho natural pero ahora “preservado” por una afirmación científica. Así, la PAN está en los organismos y la ciencia la refrenda al medirla e identificarla y la correspondencia es icónica (pictórica) entre la idea científica y el hecho natural (Adúriz-Bravo, 2012).

Por otra parte, se organizó un listado de descriptores cuya presencia podría denotar una visión más cercana a la consideración de los hechos científicos como construcciones sociales. Como fuente para su elaboración, se analizó el desarrollo de los diferentes aspectos implicados en el Campo Socio Institucional del Conocimiento Científico presentado desde la perspectiva VOSTS -*Views of science, technology and society*- (Vázquez Alonso y Manassero, 2015)

Los términos seleccionados fueron: discusión, consensos, influencias, intereses, sociedad, instituciones, economía, política

En este sentido, salvo una explicación del total de ideas vertidas en las discusiones y escritos de la modelización inicial: "dijeron éste va a ser el rango normal" (G2) que, potencialmente podría vincularse a una idea de consenso para la determinación de la PAn, no hay otro registro de los descriptores en la modelización inicial que llevaron a cabo los grupos.

*Modelización intermedia. La introducción de nuevos puntos de vista.*

Objetivo: Se espera conocer, al incorporar textos que refieren al desarrollo de consensos sobre la PAn, de qué manera los estudiantes van reflexionando y reelaborando las primeras ideas puestas en juego y qué modificaciones realizan al primer esquema construido.

A partir de una guía con consignas (ver Tabla 2) los estudiantes, organizados en los grupos de trabajo, fueron analizando las diferentes tablas con los datos sobre consensos de PAn que se les ofrecieron y haciendo registros de las respuestas solicitadas.

Al analizar la Tabla 1 de consensos, la totalidad de los grupos identificó que fue en 1977 que, por primera vez en las guías desarrolladas por JNC, se estableció el valor diastólico en 90 como límite para la consideración de la PAn. Luego, identificaron que en 1988 se incorpora a las guías el valor de la presión sistólica y es allí que por primera vez se constituye el par de presiones "sistólica/diastólica", que hoy se sigue utilizando.

Al analizar la Tabla 2, la totalidad de los grupos pudo constatar que los datos de la guía JNC VII de 2003 contienen una modificación de los valores antes considerados normales, los que ahora se consideran como un estado de prehipertensión.

Al analizar la Tabla 3, la totalidad de los grupos identificó las nuevas modificaciones producidas en 2017 por el congreso de la *American Heart Association* (AHA), llevado a cabo en California, y luego analizaron el crítico documento producido por la Sociedad Argentina de Cardiología (2017) respecto de ese consenso, e identificaron los aspectos más controversiales.

<b>Sobre el "rango" de Pan</b>	
G1	E1 "Pusieron un valor ¡No es un rango! como decíamos nosotros... E2 "después de ese valor ya tenés hipertensión". El valor normal lo <i>deciden</i> distintas agrupaciones..."
G2	E 1 "Ahora hay un valor..." E2 "Pero yo creo que sigue siendo un rango porque es menor a 120/80" E3 "No, no es un rango porque no hay un valor mínimo... normal es 120/80 o menos"
G3	E1 "Hay un valor normal" E2 "No hay un rango de PAn"
G4	E1 "En las tablas vemos que consideran un valor y no un rango..."
G5	E1 "Ponen un valor a partir del cual sos hipertenso" E2 "No hay un rango y a la hora de acordar el valor no tienen en cuenta las adaptaciones que nombramos"
G6	E1 "Rango lo descartamos... sería como presión arterial normal" E2 "un valor... 120/80"

	E3 "Claro... antes nosotros hablamos sobre la población, en cambio este valor lo pone el campo de la salud..."
G7	E1 "Habíamos descrito rangos variables de presión normal... y ahora vemos que hay una presión normal..." E2 "Que está definida... en 120/80" E1 "Además... cuando fijan el valor no tienen en cuenta ningún tipo de adaptaciones como la altura, la alimentación, el ambiente, esas cuestiones que nosotros habíamos definido..."

Tabla 4.- Ejemplos de respuestas sobre la cuestión del "rango" de PAn. En cursiva se destacan términos que pueden asociarse al CSICC (VOSTS).

Luego de finalizar esas actividades los estudiantes emprendieron la tarea grupal de analizar el primer esquema construido (ver Esquema 4) y, en función de los nuevos aportes, lo intervinieron y produjeron modificaciones. Este trabajo grupal, implicó diferentes temas de discusión. Por cuestiones de espacio sólo se presentan los resultados relacionados con las ideas iniciales de "rango" y de "cambio".

La totalidad de los grupos decidió intervenir el esquema inicial al reconocer que existe un valor por sobre el cual la PA deja de considerarse normal (Ver Esquema 5).

La totalidad de los grupos, al observar que el valor de la PA tiene una historia reciente y ha sufrido modificaciones en el tiempo, identifican diferentes aspectos implicados en la dinámica.

#### *Análisis de la modelización intermedia*

El análisis de las respuestas de los estudiantes, provenientes tanto del contenido de los diálogos al interior de los grupos como de los registros escritos que entregaban, dan lugar a la construcción de dos nuevas categorías:

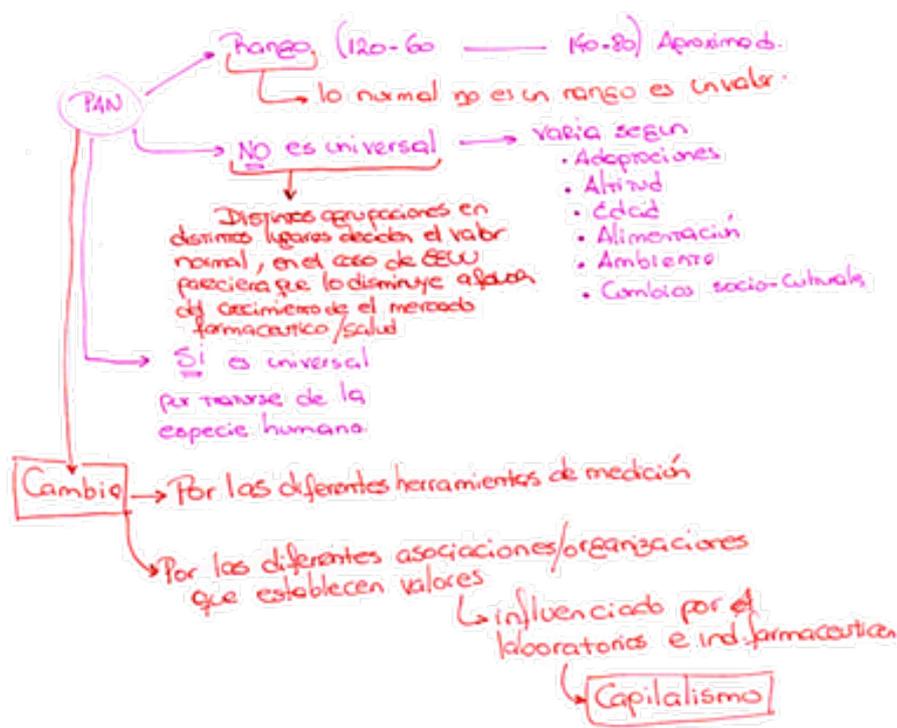
#### 1) La PAn es un valor determinado por instituciones

Si bien todos los grupos reformulan la idea respecto de que la PAn estaba determinada por un rango y asumen, tal cual lo establecen los consensos, la presencia de un valor considerado como límite normal para no ser hipertenso, se registran sólo dos análisis que claramente interpelan aspectos de la visión naturalizada de la PAn. Al interior de G6 se plantea que la idea de un rango la sostenían porque pensaban y lo asimilaban a la variabilidad de valores de PA en persona sanas en una población y que, luego del análisis de los consensos, entendían ahora que el valor era "puesto" por actores del "campo de la salud". El otro análisis que también interpela un aspecto de la visión naturalizada de la PAn es el reconocimiento que hacen G5 y G7 respecto a que, en el análisis de los consensos no se encuentran menciones que consideren condiciones ambientales, tipos de alimentación, modos de vida, vinculados a la determinación de la PAn. Estos análisis fueron socializados y puestos en discusión en una puesta en común llevada a cabo por los docentes con todos los grupos.

<b>Sobre los cambios</b>	
G1	Cambian por las diferentes herramientas de medición, pero los valores los establecen diferentes asociaciones / organizaciones y están <i>influenciados por laboratorios e industrias farmacéuticas.</i>

G2	Cambia a través de <i>juntas y congresos de especialistas</i> e indirectamente por las empresas farmacéuticas.
G3	Cambia por <i>consensos</i> de diferentes actores, consejos, asociaciones.
G4	Cambia según <i>intereses económicos</i> , por el uso de instrumentos no convencionales y por el uso de fármacos
G5	Cambia por diferentes métodos utilizados y en función de <i>acuerdos</i> (ejemplo: normal o prehipertensión) y muchas veces no son extrapolables de un país a otro”.
G6	Cambia por las <i>decisiones</i> de las asociaciones de cardiología, es decir el valor se <i>construye socialmente</i> ...
G7	“El valor normal cambia y está <i>consensuado</i> por asociaciones, hay <i>diferentes actores</i> directos como las asociaciones cardiológicas e indirectos como las industrias farmacéuticas...”

Tabla 5.- Ejemplos de respuestas sobre la cuestión del cambio en los valores de la PAn. En cursiva se destacan términos que pueden asociarse al CSICC (VOSTS)



Esquema 5.- Trabajo de intervención sobre el esquema inicial al interior de G2

2) “El valor de la PAn cambia en el tiempo y lo deciden instituciones”

En las Tablas 4 y 5 se han puesto con subrayado, los términos que se identifican en las respuestas de los diferentes grupos, en la modelización intermedia, pueden vincularse con los descriptores extraídos del CSICC (Campo Social e Institucional del Conocimiento Científico) de la visión VOSTS (*Views of science, technology and society*).

Del análisis total de material documentado en la modelización intermedia se hace referencia directa o indirecta a: influencias – instituciones – intereses – economía – acuerdos – consensos – construcción social y, al menos, encontramos dos menciones de alguno de ellos en la producción de cada grupo.

Otro aspecto de interés es que en G1, G4 y G5, se hace referencia a las cuestiones vinculadas con la evolución en las metodologías de medición y a las diferencias que existen entre las instituciones/países que miden. Esto es significativo ya que, en el marco de una nueva mirada “menos naturalizada” de la determinación y los cambios en los valores de la PAn, se preserva también un componente de corte más epistémico/metodológico, el que también tiene influencia en la dinámica de la construcción del valor de la PAn. En este sentido, la lectura del documento de la Asociación de Cardiología Argentina creemos que fue crucial a la hora de poner en tensión diferentes aspectos implicados en la determinación de un nuevo valor que hizo la JNC (Joint National Committee on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure) en 2017.

Estas ideas también fueron socializadas con el resto de los grupos en una puesta en común en clase.

*Modelos de arribo a la idea clave metacientífica.*

Objetivo: Se espera que los y las estudiantes puedan reflexionar, desde las coordenadas de naturaleza de la ciencia, sobre la construcción de los hechos científicos y aproximarse a la idea clave metacientífica propuesta en la UD.

A los diferentes grupos se les entregó el prólogo que Kreimer escribió al libro “La fabricación del conocimiento. Un ensayo sobre el carácter constructivo y contextual de la ciencia” (Knorr-Cetina, 2005) y se les solicitó que escribieran por grupo, un párrafo que relacionara las ideas centrales del texto con la problemática vinculada a los consensos sobre la PAn (Ver Tabla 6).

G1	Se centraron en el cuadro comparativo que expone Kreimer entre “Ciencia hecha” y “Ciencia mientras se hace” y en la definición de Merton respecto a que la ciencia debe estar libre de influencias externas a su propia dinámica. Al respecto exponen que los consensos estadounidenses y la crítica de la Asociación Cardiológica Argentina demuestran que la actividad científica no funciona de esa manera.
G2	Se centraron en las cuestiones de las negociaciones y las visiones predominantes. Concluyeron que el valor de la presión arterial es un producto al cual se llega luego de un proceso de negociaciones en el que hay varias partes intervinientes y donde unos intentan imponer una visión sobre otros.
G3	Asumen que la función de los consensos es la de hacer creer a la sociedad que los hechos son naturales cuando en realidad son construcciones sociales, resultado de alianzas que pretenden ser más fuertes o poderosas que quienes se oponen a ellas. Pretenden que la sociedad crea que el valor 120/80 es natural cuando no es así.
G4	Toman el concepto de comunidad científica de Merton, como el <i>ethos</i> de la ciencia de construir consensos, ser universal, etc. Explican que los consensos que propone EEUU se corresponden con esa visión pero que la comunidad científica argentina tiene una visión constructivista/social ya que se pone en función de las problemáticas sociales.
G5	Vinculan la problemática sobre la determinación de la PAn a cada una de las características que se exponen en el texto como propias de una visión de “ciencia mientras se hace”. Concluyen que el valor de la PA se vuelve normal cuando es adoptado por las instituciones y que para ser “más fuerte” que una “multitud de opiniones” hay que tener poder sobre el resto (influencias,

	dinero, política)
G6	Consideran que la idea central es la construcción ("fabricación") social del conocimiento científico. Resaltan los cambios a través del tiempo e implican la noción de paradigma (analizada en otro momento del desarrollo de la UD) al remarcar que antes del siglo XVIII había otro paradigma, el de los "cuatro humores" y no existía la presión arterial.
G7	Establecen un paralelo entre el proceso de construcción social del valor de la PAn y el propio proceso que ellos llevaron a cabo al desarrollar la UD "desarrollamos el modelo de PA y nosotros mismos, desde una mirada crítica, consensuamos los resultados en cada actividad planteada, vimos la ciencia como una actividad humana"

Tabla 6.- Resumen del contenido producido por cada uno de los grupos en la última actividad de la UD.

Las producciones de cada uno de los grupos se anclaron básicamente en dos ideas propuestas en el texto. Por un parte el análisis de las diferencias entre "Ciencia Hecha" y "Ciencia mientras se hace" y, por otra, la idea de consenso como proceso que impone visiones sobre la realidad y tiene una consecuencia, que es la naturalización de ese hecho, forjado en un ámbito de disputas y tensiones.

En una puesta en común con todos los grupos, se presentó el texto de la idea clave metacientífica que se había propuesto para la UD. Se analizó en conjunto la evolución, desde el estado inicial de la modelización en la cual aparecía como casi excluyente una visión naturalizada de la PAn, hasta las ideas producidas en la última actividad.

### Conclusiones

A partir de los resultados podemos sostener que, el caso de la "presión arterial normal" (PAn), aparece como un ámbito significativo para contextualizar el desarrollo de una idea clave sobre la construcción de los hechos científicos desde la perspectiva CSICC (Campo Social e Institucional del Conocimiento Científico) de VOSTS (*Views of science, technology and society*).

En cuanto al proceso de modelización, fue posible identificar al inicio, una visión naturalizada del hecho científico abordado (Tabla 3), y luego, durante el desarrollo de la modelización intermedia, se advirtieron algunas modificaciones signadas desde la perspectiva propuesta en la idea clave metacientífica de la UD (Tabla 5 y Esquema 5). En este sentido destacamos la utilización de descriptores del campo de NOS (*Nature Of Science*) para poder evaluar el desarrollo de nuevas ideas y también la necesidad de pensar nuevas estrategias para poder ponderar más en profundidad el alcance de las modificaciones que, creemos, se producen durante el desarrollo de las UD. Además, y en función de la naturaleza integrada de la UD, los estudiantes pudieron reflexionar sobre ese proceso de construcción social del hecho científico y, de manera explícita, estructurarlo como un aspecto central de la actividad científica (Tabla 6).

A nivel de diseño de la UD fue posible:

1) Integrar un eje disciplinar y otro metacientífico, disparados por un hecho sociocientífico de interés para los estudiantes.

2) Implementar actividades para traccionar la modelización entre esos ejes.

3) En el caso particular del tránsito de la Sesión 3 a la Sesión 4 (desarrollada en este estudio) los estudiantes pasaron del análisis de la acción de los medicamentos para "normalizar la PA de los hipertensos" a discutir la condición de "normal" de la PA desde una perspectiva metacientífica.

La fluidez alcanzada en las interfases entre los ejes propuestas en la UD (Ver Esquema 3), y en particular la lograda entre la Sesión 3 y 4, nos animan a pensar que la UD diseñada e implementada se conformó como un consistente y significativo "campo de formación disciplinar y metacientífica integrado", por el cual fueron transitando los estudiantes, sin interrupciones, y teniendo estancias temporales de modelización en cada eje, a partir de las señalizaciones que las actividades les hicieron.

En cuanto a los aportes específicos que nuestra línea de investigación hace a la perspectiva modelos y modelización y NOS (*Nature Of Science*)

4) Se enfatiza el desarrollo de procesos de modelización intermedia y de arribo, ya que estos constituyen una de las debilidades de la enseñanza basada en modelos, la que generalmente presenta logros sólo en las modelizaciones iniciales (Khan, 2011)

5) Se logra una enseñanza metacientífica explícita, articulada y sincrónica a la enseñanza disciplinar, aspecto que Gilber y Justi (2016b), consideran uno de los desafíos del desarrollo de la línea modelos y modelización.

6) En ese sentido, se avanza en el diseño de actividades de interfase entre ejes para el desarrollo de un campo integrado de formación.

En síntesis, consideramos necesario seguir profundizando los diferentes aspectos que están implicados en la línea de investigación, especialmente los vinculados a la integración disciplinar y metacientífica en el desarrollo de UD significativas para la formación de profesores y que constituyan buenos ejemplos, casos validados para sus futuras prácticas en los ámbitos en los que se desempeñen. En este sentido, y con el objeto de conocer la potencialidad de las UD cuando se transfieren a otros contextos, se ha llevado a cabo una experiencia de rediseño y adecuación a un curso de escuela secundaria, y los resultados preliminares son alentadores (Encina, Venegas y Lozano, 2019)

### **Referencias bibliográficas**

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. (2012). A 'semantic' view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611.

Adúriz-Bravo, A., Izquierdo, M., y Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 465-476

Aikenhead, G., y Ryan, A. (1992). The Development of a New Instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education* 76(5), 477-491.

Álvarez Soria, J., y Lozano, E. (2019) Análisis histórico-epistemológico preliminar sobre el modelo de endosimbiosis para enseñar biología celular y naturaleza de la ciencia al profesorado. *XXX Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*. Universidad Nacional de Córdoba, 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., Cremer, C., Mut, P., y Lozano, E. (2020). El desarrollo de una línea disciplinar para la enseñanza del modelo de presión arterial en la formación del profesorado en biología. *TED*, 47, 145-161.

Bahamonde, N., y Gómez Galindo, A. (2016). Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 129-147.

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. *2º Conferencia Latinoamericana del International History, Philosophy, and Science Teaching Group*, Mendoza: Argentina.

Baker, J., y Allen, G. (1970). *Biología e investigación científica*. México: Fondo Educativo Interamericano.

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

Benitez, L. (2014) Sobre la polémica Descartes-Harvey al interior de la lucha entre mecanicismo y vitalismo. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 14(28), 25-35.

Brewer, W., y Lambert, B. (1993). The theory-ladenness of observation: evidence from Cognitive Psychology. *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, University of Colorado*, 254-259.

Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9), 895-935.

Clément, P. (2006) Introducing the Cell Concept with both Animal and Plant Cells: A Historical and Didactic Approach. *Science & Education*, 16, 423-440.

Consenso Argentino de Hipertensión Arterial. (2018). Sociedad Argentina de Cardiología, Federación Argentina de Cardiología. Sociedad Argentina de Hipertensión Arterial. *Revista Argentina de Cardiología*, 86(2), 1850-3748

Díaz de Bustamante, J., y Jiménez-Aleixandre, M. (2008). El desarrollo de competencias para usar la noción de célula en secundaria. En P. Calvo y J. Fonfría (Eds.), *Recursos Didácticos en Ciencias Naturales* (pp. 169-186). Madrid: Real Sociedad Española de Historia Natural.

Encina, M., Venegas, L., y Lozano, E. (2019). Rediseño, implementación y evaluación de una UD para la enseñanza del modelo de presión arterial y la idea de consenso en el nivel medio, a partir del abordaje de un asunto sociocientífico. Avance preliminar. Disponible en <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/6569>

Erduran, S., y Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education – scientific knowledge, practices and other family categories*. Dordrecht. The Netherlands: Springer.

Felipe, A., Gallarreta, S., Merino, G. (2005). La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 4(3), 1-33. Disponible en <http://reec.educacioneditora.net/>

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

García-Barreto, D. (2009). *Hipertensión Arterial*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.

Garelli, F., Cordero, S. y Dumrauf, A. (2016). Relato autobiográfico para la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia: aproximación a la ciencia auténtica a partir de una investigación sobre el dengue. *Ciênc. Educ., Bauru*, 22(1), 183-199.

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

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

Gilbert, J. K., y Osborne, R. J. (1980). The use of models in science and science teaching. *European Journal of Science Education*, 2(1), 3–13.

Giordan, A., y de Vecchi, G (1988) *Los Orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Diada.

Gómez, A. (2014) Progresión del aprendizaje basado en modelos: la enseñanza del aprendizaje del sistema nervioso. *Bio-grafía - Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7(13), 101–107.

Hanson, N. (2010) *Patterns of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press. Primera Edición 1958.

Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, M. R., y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extra, 79-92.

Lorenzano, P. (2002) Presentación de La concepción científica del mundo: El Círculo de Viena. *Revista de estudios sobre la ciencia y la tecnología*, 9(18), 105-149, (2002).

Khan, S. (2011). What's Missing in Model-Based Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22(6), 535-560.

Knorr-Cetina, K. (2005) La fabricación del conocimiento. *Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*. Universidad Nacional de Quilmes Editorial. Original en inglés 1981.

Kotchen, Theodore A. (2014) Developing Hypertension Guidelines: An Evolving Process. *American Journal of Hypertension*. 27(6)

Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. (3º Ed.) México: Fondo de Cultura Económica.

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. (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* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. Disponible en: <https://rid.unrn.edu.ar/jspui/handle/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.

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. Recuperado de <http://reec.educacioneditora.net/>.

Mason, S. (2012) *Historia de las ciencias*. Alianza Editorial. Madrid

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. En W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 53-70). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Mengascini, A. (2006) Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 3(3), 485-495.

Psillos, D.; Kariotoglou, P. (2016) *Iterative design of teaching-learning sequences*. London: Springer.

Ramos, M. V. (2019). Hipertensión arterial: novedades de las guías 2018. *Revista Uruguaya de Cardiología*, 34 (1). <http://dx.doi.org/10.29277/cardio.34.1.10>

Reigeluth, C., y Frick, T. (1999) Investigación formativa: una metodología para crear y mejorar teorías de diseño. En C. Reigeluth (Ed.) *Diseño de la instrucción. Teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción*. Vol. 2 (pp. 181-200). Madrid: Santillana.

Rodríguez, M., y Moreira, M. (1999). Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de caso. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(2), 121-160.

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

Sociedad Argentina de Cardiología (2017) Congreso AHA: Controversia por cambios en guía de hipertensión arterial. Extraído de: <https://www.sac.org.ar/actualidad/congreso-aha-controversia-por-cambios-en-guia-de-hipertension-arterial/>

Taylor, P. (2014) Contemporary Qualitative Research. Toward an Integral Research Perspective. En N. Lederman y S. Abell, (Eds.). *Handbook of Research on Science Education, Volumen II* (pp. 38-54). New York: Routledge.

Vazquez, A., y Mannassero, 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.

Verhoeff, R. (2003). *Towards systems thinking in cell biology education*. (Tesis de doctorado). Universiteit Utrecht, Utrecht. Disponible en [https://elbd.sites.uu.nl/wp-content/uploads/sites/108/2017/04/1471\\_1\\_full.pdf](https://elbd.sites.uu.nl/wp-content/uploads/sites/108/2017/04/1471_1_full.pdf)

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.