



El desarrollo de una línea disciplinar para la enseñanza del modelo de presión arterial en la formación del profesorado en biología

- The Development of a Disciplinary Line for the Teaching of the Arterial Pressure Model in Teacher Training in Biology
- O desenvolvimento de uma linha disciplinar para o ensino do modelo de pressão arterial na formação de professores em biologia

Resumen

En este artículo se presentan los fundamentos teóricos y los resultados de una investigación llevada a cabo a partir del diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica para la modelización del fenómeno de *presión arterial* (PA) y su regulación, advertida desde modelos teóricos del campo de la didáctica, en la asignatura Biología Humana de un profesorado de nivel medio y superior en Biología. La unidad se estructuró a partir del abordaje de un hecho sociocientífico e integró contenidos disciplinares de la Biología, vinculados con la PA y los mecanismos para su regulación, con contenidos metacientíficos, que favorecieron la reflexión por parte de los estudiantes sobre determinados aspectos de la ciencia. Se presenta el análisis de los datos de la línea disciplinar biológica que ha dado lugar a una caracterización de los modelos iniciales de los estudiantes, de los modelos intermedios, de los de arriba y de su aplicación. El proceso de modelización llevado a cabo por los estudiantes refleja una complejización ya que, desde modelos inicialmente simples y anclados en el nivel de organización celular, fueron incorporando a partir de las actividades trabajadas, nuevas y más complejas relaciones, lo que favoreció la construcción de modelos con una visión sistémica del fenómeno de la PA y su regulación.

Palabras clave

biología humana; presión arterial; formación del profesorado; integración disciplinar y metacientífica

Nora Bahamonde*
Maria Cecilia Cremer**
Paula Natalia Mut***
Eduardo Lozano****

* Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina), Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (CeFIEC). Universidad de Buenos Aires.
nbahamonde@hotmail.com

** Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina).
cecremer@hotmail.com

*** Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina).
pmut@unrn.edu.ar

**** Centro de Estudios e Investigación en Educación. Universidad Nacional de Río Negro (Argentina), Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales (CeFIEC). Universidad de Buenos Aires.
elozano@unrn.edu.ar



Abstract

In this article, we present the theoretical fundament and results of the research based on the design, implementation and evaluation of a didactic unit for the modeling of the Arterial Pressure (AP) phenomenon and its regulation, in the Human Biology subject of middle and upper level teaching staff in biology. The unit was structured from the approach of a socio-scientific fact and integrated disciplinary contents of Biology, linked to the AP and the mechanisms for its regulation, with meta-scientific contents, which facilitated the reflection on the part of the students on certain aspects of science. In this paper, we present the analysis of the data in the biological disciplinary line that has led to a characterization of the initial models of the students, the intermediate models, the arrival models and their application. This analysis allows us to state that the modeling process carried out by the students reflects a complexity based on the implementation of the designed sequence of activities. Thus, from initially simple models and anchored in the level of cellular organization, they were incorporating new and more complex relationships during the implementation of the proposed activities, new and more complex relationships, which favored the construction of models with a systemic vision of the AP phenomenon and its regulation.

Keywords

human biology; arterial pressure; teacher training; disciplinary and meta-scientific integration

Resumo

Neste artigo apresentam-se os fundamentos teóricos e os resultados de uma pesquisa realizada a partir do desenho, implementação e avaliação de uma unidade didática para a modelização do fenômeno de Pressão Arterial (PA) e sua regulação, advertida desde modelos teóricos do campo da didática, na disciplina Biologia Humana de uma carreira de licenciatura em biologia. A Unidade foi estruturada a partir da abordagem de um fato sócio-científico e integrou conteúdos disciplinares da Biologia, vinculados com a PA e os mecanismos para sua regulação, com conteúdos meta-científicos, que favoreceram a reflexão por parte dos estudantes sobre certos aspectos da ciência. Apresenta-se a análise dos dados da linha disciplinar biológica que deu lugar a uma caracterização dos modelos iniciais dos estudantes, dos modelos intermediários, dos modelos de chegada e de sua aplicação. O processo de modelização realizado pelos estudantes reflete uma complexidade já que, desde modelos inicialmente simples e ancorados no nível de organização celular, foram incorporando a partir das atividades trabalhadas, novas e mais complexas relações, o que favoreceu a construção de modelos com uma visão sistêmica do fenômeno da PA e sua regulação.

Palavras-chave

biologia humana; pressão arterial; formação de professores; integração disciplinar e meta-científica

Introducción

El trabajo se lleva a cabo en el ámbito de la universidad y en el contexto específico de la formación del Profesorado de Nivel Medio y Superior en Biología (PNMSB). Se desarrolla una línea de investigación que, mediante el diseño, implementación y evaluación de unidades didácticas (UD), permite que los espacios de formación disciplinar en biología que cursan los estudiantes estén informados e intervenidos desde modelos didácticos actualizados, afines a aquellos que los estudiantes construyen en los espacios de formación para la enseñanza de la ciencia (Bahamonde et ál., 2015; Lozano, 2015). Como hipótesis general, sostenemos que los espacios de formación en didáctica de las Ciencias Naturales pueden permear modelos y estrategias de enseñanza hacia la formación biológica (figura 1), retomando y reforzando los modelos biológicos con miras a su enseñanza, haciendo más estables y significativos los aprendizajes vinculados tanto a los modelos científicos disciplinares de la biología como a los modelos didácticos que construyan los estudiantes (Lozano, 2015).

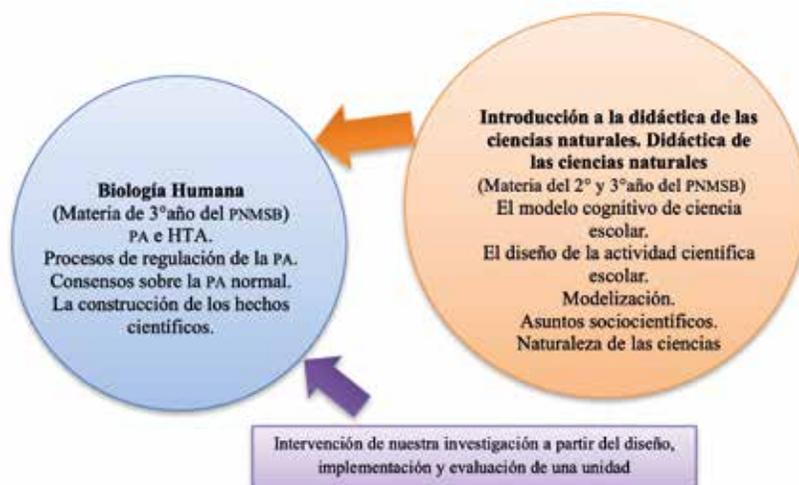


Figura 1. Relación entre la formación en modelos didácticos y la formación disciplinar en Biología por medio de esta investigación

HTA: hipertensión arterial. PA: presión arterial.

Fuente: elaboración propia.

La estructuración teórica general que sostiene el desarrollo de la producción, implementación y evaluación de la unidad didáctica (UD) se hace a partir del *modelo cognitivo de ciencia escolar* (Izquierdo, 2000) el cual propone, como idea básica, que la educación científica debe ofrecer a los estudiantes oportunidades para pensar teóricamente al mundo y para intervenir en él. Este modelo híbrida una vertiente epistemológica, la concepción semántica de las teorías científicas (Giere, 1988) que otorga un lugar central a la producción de modelos teóricos en los procesos de construcción del conocimiento científico, con una vertiente axiológica de la filosofía de las ciencias, desde la cual la ciencia es definida como actividad científica para intervenir en el mundo y esto habilita al análisis de las cuestiones valorativas que pueden atribuírseles a las intervenciones (Echeverría, 1998).

En ese marco teórico, la actividad científica escolar (Izquierdo, 2000; Sanmarti 2002) permite extender las ideas centrales del *modelo cognitivo de ciencia escolar* al trabajo concreto de diseñar la enseñanza, orientada a la modelización de fenómenos (Gilbert y Justi, 2016a; Bahamonde y Gómez, 2016, Godoy, 2018) y, desde la perspectiva de asuntos sociocientíficos (Zeidler, Sadler, Simons y Howes, 2005; Bahamonde, 2014) se da lugar a la dimensión práctica de aplicación de dichos modelos a fenómenos de interés de la realidad, abordando problemas significativos para los estudiantes y la sociedad. Además, desde el eje *naturaleza de la ciencia*, se da lugar al desarrollo de ideas claves metacientíficas que permiten a los estudiantes pensar diferentes temas de epistemología, historia y sociología de las ciencias (Lederman y Lederman, 2014; Adúriz-Bravo, 2005; Gilbert y Justi, 2016b).

Situados en esas coordenadas teóricas, y como aspecto distintivo de la línea de investigación que llevamos a cabo, se destaca el diseño de UD que integran un eje disciplinar biológico y un eje metacientífico que se desarrollan simultáneamente en las clases, dando lugar a interacciones significativas entre ambos, que traccionan los procesos de modelización de los estudiantes en ambos ejes (Bahamonde, 2014; Lozano, 2015).

Otro aspecto por destacar es la producción de UD en el marco de un ciclo iterativo de diseño-implementación-evaluación y nueva implementación, desde el cual se generan condiciones para un análisis profundo de los dispositivos didácticos (Psillos y Kariotoglou, 2016). Desde esta perspectiva se estructuró el desarrollo de la primera etapa del ciclo de la UD (figura 2) y el objetivo de la investigación fue analizar e interpretar los procesos de modelización científica y metacientífica llevados a cabo por los estudiantes durante su desarrollo. En este artículo se presentan los resultados de la implementación de la línea disciplinar biológica, relacionada con el modelo de presión arterial (PA). El diseño completo de la UD se muestra en el anexo.

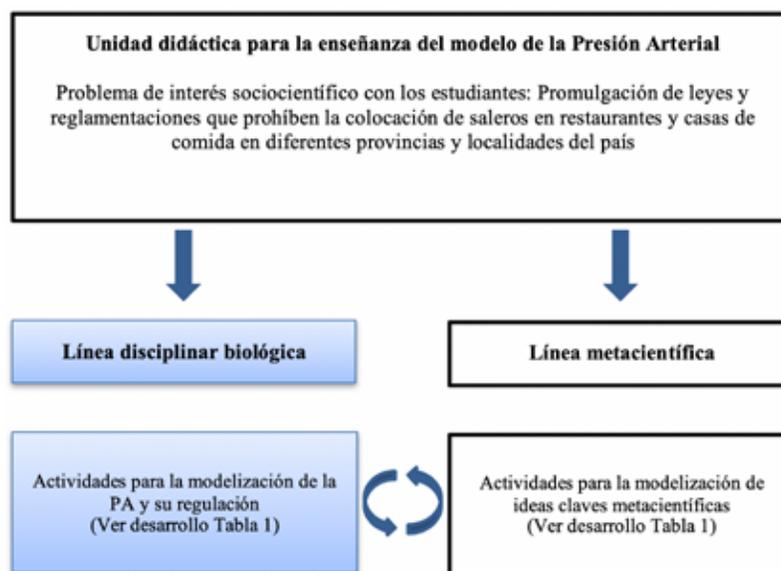


Figura 2. Plano general de la UD. En sombreado se indican los aspectos desarrollados en este artículo

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al modelo de PA, a desarrollar en el eje disciplinar de la UD, se formularon ideas clave (Modell et ál., 2015; Guyton y Hall, 2015; Thibodeau y Patton, 2000), ya que es el modo adoptado para dar cuenta, en proposiciones sencillas, de los aspectos de los modelos que se consideran estructurantes y también significativos respecto del hecho socio-científico abordado (Adúriz Bravo, 2005). A continuación, se esbozan las ideas clave implicadas en la UD:

- Idea clave 1. La presión arterial es la fuerza ejercida por la sangre sobre la pared de las arterias, y es expresada en milímetros de mercurio

La presión arterial se define como la fuerza ejercida por la sangre contra cualquier área de la pared arterial. Durante la sístole cardíaca la contracción del ventrículo izquierdo eyecta sangre hacia el circuito sistémico y eleva la presión arterial (presión sistólica); cuando termina la contracción ventricular, las dilatadas paredes de las grandes arterias elásticas se relajan pasivamente y permiten que el flujo sanguíneo a las arteriolas sea constante, y la presión decae lentamente y se hace mínima exactamente antes de la nueva contracción ventricular (presión diastólica).

- Idea clave 2. La presión arterial asegura la perfusión tisular y así la homeostasis celular

La sangre, bombeada por el corazón en la sístole, circula a través de un conjunto de vasos gracias a la diferencia de presión entre la aorta y la aurícula derecha. Esta circulación sistémica provee de oxígeno y nutrientes a cada célula del organismo, retira los desechos metabólicos y permite la comunicación intercelular a fin de mantener la homeostasis. La sangre es distribuida a los distintos tejidos con una presión adecuada que permite el intercambio a nivel capilar hacia cada célula.

- Idea clave 3. La presión arterial, determinada por el flujo de la sangre y la resistencia arterial, está regulada por mecanismos nerviosos y endócrinos que actúan sobre la función cardiovascular y renal

La PA está regulada por mecanismos nerviosos que actúan rápidamente (segundos) modificando la actividad cardíaca (frecuencia y fuerza) y el radio de las arteriolas (resistencia) por mecanismos reflejos autónomos, y por mecanismos endócrinos a largo plazo (horas y días) que actúan sobre el sistema renal, modificando el sodio y agua a través del sistema renina-angiotensina-aldosterona y vasopresina.

- Idea clave 4. El consumo de sal está determinado por un complejo de aspectos biológicos y culturales, y se correlaciona con alteraciones en la presión arterial

El consumo de sal se relaciona con aspectos bioculturales ya que es un conservante y uno de los condimentos (dada la capacidad de detección por sensores linguales) más antiguamente empleados por el hombre. Su componente (sodio) es el principal regulador de la osmolaridad del plasma, y tiene impacto en la regulación de la PA.

Metodología

El trabajo se inscribe en el campo de investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (Estany e Izquierdo, 2001) orientado al diseño, implementación y evaluación de unidades didácticas en ciclos iterativos (Psillos y Kariotoglou, 2016), a partir del desarrollo de una serie de actividades orientadas por una tipología abordada en la actividad científica escolar (Sanmarti, 2002). El enfoque metodológico general para la búsqueda y análisis de los datos en el aula –espacio natural en el que se enseña Biología Humana– se inscribe en la tradición cualitativa (Taylor, 2014).

Los testimonios surgen por la intervención de los investigadores durante la aplicación de la UD y, a partir de la inducción y de la intervención teórica sobre estos, se realiza la construcción de categorías en la cual se da lugar a las perspectivas de los estudiantes y a los significados que ellos han puesto en juego en las diferentes situaciones propuestas. En la categorización, se considerarán como modelos básicos/iniciales a las producciones de los estudiantes para justificar sus primeras

hipótesis, las que pueden ser razonables para explicar el fenómeno, pero basadas en la consideración de niveles de organización no sistémicos (por ejemplo, el celular), o en una descripción limitada de aspectos intervinientes. Las referencias para la categorización podrían encontrarse en modelos que los estudiantes aprendieron su formación biológica previa, por ejemplo, en biología celular. La evolución de los modelos se constatará en la producción de versiones más complejas que pueden incluir y brindar nuevos sentidos a los elementos considerados en los modelos iniciales.

Participaron 18 alumnos de tercer año, el total de la clase, organizados en 7 grupos (G1 a G7). El desarrollo completo de la UD ocupó el dictado de 6 clases, de 3 a 4 horas reloj, cada una. Los registros de las producciones de los estudiantes para el análisis se hicieron a través de sus modelizaciones gráficas o 3D (maquetas), textos escritos y registros de audio y video de los diálogos en el interior de cada grupo de trabajo, de intercambios con los investigadores y puestas en común. El equipo de investigación está integrado por dos especialistas 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.

Resultados

Se describen los análisis de las etapas de modelización desarrolladas en la línea disciplinar biológica, a partir de una problematización inicial enmarcada en un hecho sociocientífico, que permitió modelizar, en una primera instancia, la acción de la sal sobre el organismo y su relación con la presión arterial. Luego se avanzó en la construcción de modelos desde una perspectiva sistémica para estructurar el fenómeno complejo desde su regulación, y se finalizó con una actividad de aplicación que permitió extender el modelo construido a otras situaciones reales y afianzar la comprensión de este. Se muestran, a modo de ejemplo, las producciones de los grupos G1, G5 y G7.

Modelización inicial

El análisis de las producciones de los grupos a partir de la presentación del problema sociocientífico –mediante el uso de recortes periodísticos relacionados con la promulgación de leyes y reglamentaciones que prohíben la colocación de saleros en restaurantes (actividad 1 en anexo)– permitió evidenciar el interés de los estudiantes que consideraron la medida como adecuada. Las discusiones fueron contextualizadas por los estudiantes en situaciones cotidianas de la vida familiar, implicando los conceptos de *prevención* y *enfermedad*, pero en ningún momento explicitaron que fuera un problema que los comprometiera a ellos directamente. Todos los grupos relacionaron el consumo de sal con el sistema renal y el sistema cardiovascular, atendiendo a su relación con la presión arterial y su posible alteración.

Tabla 1. Consignas y resultados de la actividad 1

Actividad 1. Consignas	Producción registrada
1. ¿Consideran que es una medida adecuada? ¿Por qué?	<ul style="list-style-type: none"> • “Es una medida adecuada porque pretende reeducar a la sociedad en cuanto al consumo excesivo de sal, el cual es perjudicial para la salud” (G1). • “Consideramos adecuada esta manera de prevenir y concientizar, pero hasta cierto punto, porque las personas se alimentan en sus casas y de todos modos acceden a su gusto a la sal” (G5). • “Indudablemente nos parece importante porque es una medida preventiva que contribuye a concientizar que el consumo excesivo de sal afecta nuestra salud” (G7).
2. ¿Este es un tema de interés en sus familias y/o grupos de amigos? ¿Por qué?	<ul style="list-style-type: none"> • “En la familia es de interés [...] porque algunos miembros son de consumir los alimentos con bastante sal” (G1). • “Sí, es un tema de interés ya que tienen problemas de salud” (G5). • “Sí, es un tema de interés porque tenemos familiares hipertensos y amigos que consumen alimentos con mucha sal” (G7).
3. ¿Con qué aspecto del funcionamiento de nuestro organismo o de la salud lo relacionan?	<ul style="list-style-type: none"> • “El consumo excesivo de sal afecta el normal funcionamiento de los riñones, puede provocar problemas en la presión sanguínea y problemas cardíacos” (G1). • “Con aspectos cardiovasculares y renales” (G5). • “Se relaciona con el aparato digestivo, circulatorio y renal” (G7).

Fuente: elaboración propia.

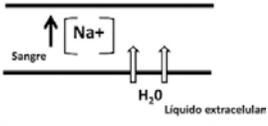
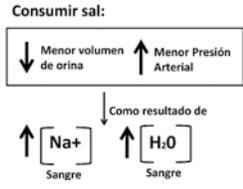
La actividad 2 dio continuidad al proceso de modelización inicial, a través de una situación experimental en la que los estudiantes debían construir hipótesis respecto de qué ocurriría con la PA y el volumen de orina en un grupo de estudiantes voluntarios después de consumir agua y papas fritas. Todos los grupos coincidieron en opinar que tras la ingesta de un litro de agua no se modificaría la PA, hecho que evidenciaron tras la toma de la tensión arterial (TA), y lo explicaron a través de mecanismos regulatorios u homeostáticos, sin detallarlos.

También la coincidencia fue general respecto a proponer un aumento de la PA tras la ingesta de papas fritas, hecho que relacionaron en la mayoría de las explicaciones con cambios secuenciales de aumento de sal en el líquido extracelular, pérdida de agua por las células, aumento de la PA por paso de dicho volumen a la sangre. Sin embargo, esta hipótesis no pudo ser corroborada por parte de los estudiantes tras la toma de la TA en los voluntarios. Respecto a la última consigna de esta actividad, todos los grupos explicaron que la orina de quienes comieron las papas fritas sería menor en volumen y más concentrada; hipótesis argumentada en función de la acción renal que reabsorbe agua para compensar la deshidratación celular producida por el consumo de sal.

Tabla 2. Consignas y resultados de la actividad 2

Actividad 2. Consignas	Producción registrada
1. ¿Qué pasará con la PA tras la ingesta de 1 L de agua? ¿Por qué?	<ul style="list-style-type: none"> • Se mantiene normal (G1). • Se mantiene normal (G5). • Se mantiene normal (G7).



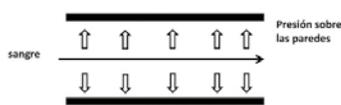
Actividad 2. Consignas	Producción registrada
<p>2. ¿Se modificará la PA al incorporar la sal tras la ingesta de papas fritas? ¿Por qué?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la PA: “El caso de los chicos que consumieron papas fritas, consideramos que habrá un incremento de electrolitos en el IEC (líquido extracelular), por lo tanto, el agua tiende a salir de las células, desencadenando un aumento del flujo sanguíneo, lo que provocará un aumento de la PA” (G1). • Aumenta la PA: (G5)  <ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la PA: “La PA aumenta al ingerir las papas fritas porque la sal que contiene vuelve al medio hipertónico (IEC) por lo que las células tienden a deshidratarse por ósmosis. El volumen de agua aumenta y se dirige al torrente sanguíneo, aumentando el flujo y de esta manera la PA” (G7).
<p>3. ¿Se modificará la cantidad de orina posingesta de sal? ¿Por qué?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye el volumen de orina, es más concentrada: “El volumen de orina va a disminuir debido a que el organismo va a tender a recuperar el H2O que se perdió de las células. Esto se producirá en la nefrona, durante la reabsorción tubular, lo que producirá una orina concentrada” (G1).  <ul style="list-style-type: none"> • Menor volumen de orina (G5). • Menor volumen de orina: “Los voluntarios que ingirieron las papas tienden a retener líquido para compensar la pérdida por deshidratación. En los riñones se reabsorbe el agua y se eliminan un volumen menor con más concentración de electrolitos” (G7).

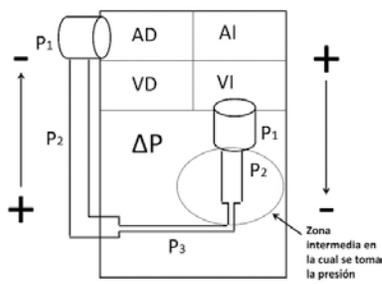
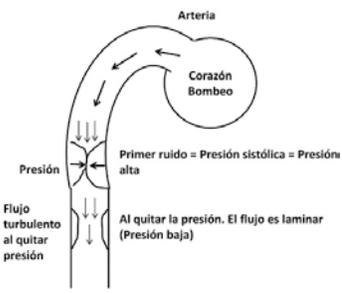
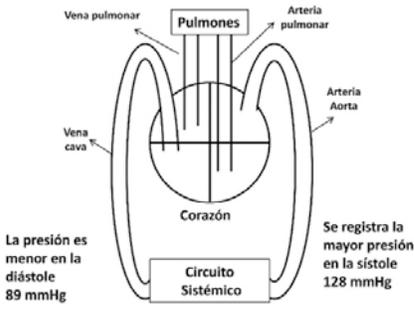
Fuente: elaboración propia.

Modelización intermedia y de arriba.

La actividad 5 (las actividades 3 y 4 corresponden a la línea metacientífica; ver anexo) dio lugar a la estructuración del modelo de PA atendiendo a los conceptos vertidos en la actividad 2 y retomando el análisis de la situación experimental. Para ello, se plantearon consignas que permitieron a los estudiantes repensar el concepto de PA y representar con un modelo gráfico cómo se generan los valores de PA registrados durante la experiencia.

Tabla 3. Consignas y resultados de la actividad 5A

Actividad 5A. Consignas	Producción registrada
<p>1. ¿Qué es la PA?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • “Es la presión que ejerce la sangre sobre la arteria durante la sístole” (G7). • “Es la fuerza que ejerce el plasma sanguíneo sobre las arterias, que permite la circulación de la misma...” (G1). • (G5). 

Actividad 5A. Consignas	Producción registrada
<p>2. ¿Cómo se generan los valores de PA registrados en la experiencia?</p>	<ul style="list-style-type: none"> (G1).  (G5).  (G7). 

Fuente: elaboración propia.

Se observa que, al finalizar la actividad, todos los grupos definieron la PA a partir de conceptos físicos, como la fuerza de la sangre sobre la pared de las arterias y vincularon la generación de los valores de la PA con el sistema cardiovascular, ubicando al corazón como la *bomba* que genera el gradiente de presión. Uno de los grupos integró a su modelo la perfusión de los tejidos a través de los vasos. Los modelos fueron presentados por los estudiantes y la docente realizó el cierre estableciendo las relaciones entre las producciones de los estudiantes y el modelo científico.

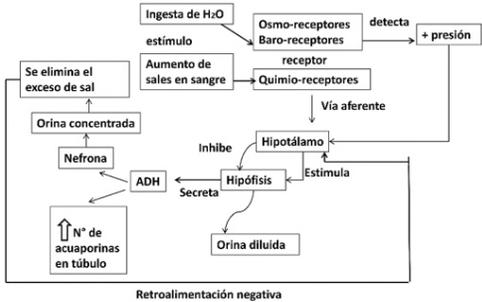
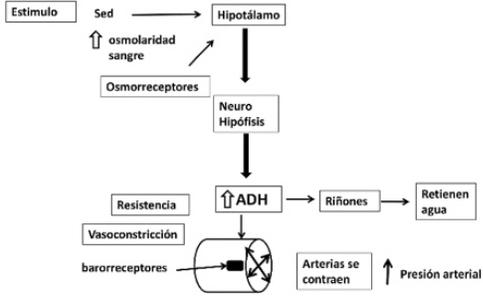
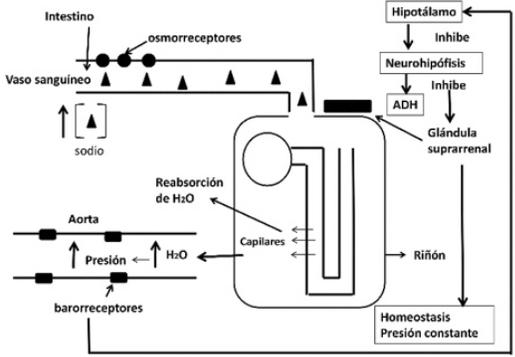
En la segunda actividad planteada para la modelización intermedia (actividad 5B) se les propuso desarrollar con un modelo tridimensional los aspectos centrales de la PA y simular un aumento de esta, indicando dónde registrarían el pulso. Aquí apareció como obstáculo que todos los grupos representaron al sistema circulatorio en sus maquetas y no aspectos del modelo de PA.

Luego de un intenso trabajo de discusión sobre lo realizado, uno de los grupos consiguió modelizar en una maqueta un aspecto del modelo solicitado.

Luego se distribuyeron manuales y material bibliográfico para consultar y establecer un diálogo entre las modelizaciones de los grupos, producidas en las actividades de esta etapa, y los modelos científicos. Se hizo una puesta en común y la docente analizó, en conjunto con los estudiantes, las aproximaciones y las inconsistencias de los modelos en la comparación con el modelo científico de PA normal. Al finalizar, y a partir de diversos interrogantes que surgieron sobre el modelo, la docente realizó una intervención teórica que colaboró con la síntesis del concepto de la regulación de la PA.

Con la actividad 7 se retoman los resultados de la experiencia y las hipótesis planteadas por los estudiantes para explicar el efecto de la incorporación de agua o sal al cuerpo, y se contextualizan en el modelo general de regulación planteado al cierre de la actividad 5B.

Tabla 4. Consignas y resultados de la actividad 7

Actividad 7. Consignas	Producción registrada
<p>1. ¿Cómo creen que "hizo" el organismo para mantener estable la PA ante la ingesta de 1 L de agua o de sal?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <p>G1.</p>  <p>Retroalimentación negativa</p> <p>G5.</p>  <p>G7.</p>  <p>Homeostasis Presión constante</p>

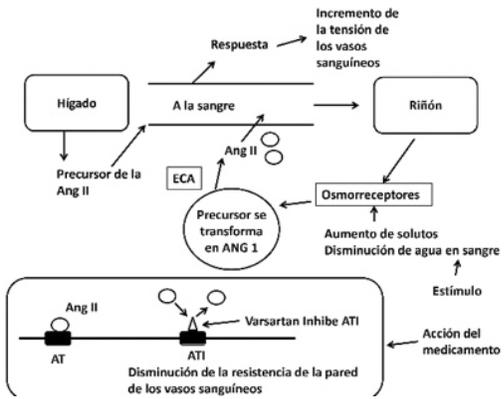
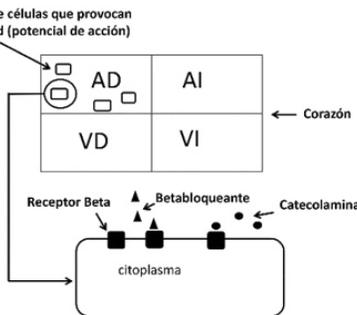
Fuente: elaboración propia.

Los diferentes grupos pudieron elaborar un modelo explicativo más complejo acerca de cómo se relacionan la incorporación de agua o sal al cuerpo, la modificación en el medio interno y la respuesta de los sistemas para mantener la PA en rangos normales. En la socialización de los aportes de los diferentes grupos se pudo identificar un nuevo aspecto del modelo: la comprensión del fenómeno de regulación vinculada al sistema excretor incluyendo en todos los casos al riñón como efector de la respuesta. En los modelos presentados por todos los grupos, excepto en uno, se pudieron identificar con distinto grado de desarrollo, mecanismos de control y regulación homeostática básicos y consistentes con el modelo científico de referencia, que integraban principalmente mediadores endócrinos, en contraste con las explicaciones iniciales dadas a nivel celular y a través del proceso de ósmosis.

Actividad de aplicación

En la actividad 9, a modo de actividad de aplicación de los modelos construidos por los estudiantes, se propone trabajar con los prospectos de medicamentos más comúnmente utilizados para el tratamiento de la hipertensión arterial (losartán, hidroclorotiazida, espironolactona, atenolol), estableciendo como consignas el análisis primero, y la construcción de un modelo que explique su mecanismo de acción en segundo lugar. Esto fue trabajado por grupos y cada uno de ellos poseía tres prospectos con mecanismos de acción diferentes. En la tabla 5 se muestran algunas de las producciones de los estudiantes.

Tabla 5. Consignas y resultados actividad 9

Actividad 9. Consignas	Producción registrada
<p>Modelización del mecanismo de acción losartán (antagonista angiotensina II)</p>	<ul style="list-style-type: none"> (G1). 
<p>Modelización del mecanismo de acción atenolol (bloqueante receptor beta 1 cardíaco)</p>	<ul style="list-style-type: none"> (G1). <p>Localización de células que provocan la excitabilidad (potencial de acción)</p> 



Actividad 9. Consignas	Producción registrada
<p>Modelización del mecanismo de acción espironolactona (antagonista específico de la aldosterona)</p>	<ul style="list-style-type: none"> (G5). <div data-bbox="841 279 1323 619"> <p>Retroalimentación negativa</p> <p>↑ Excreta Na⁺ ↑ H₂O Fuera del tejido ↓ Presión sanguínea</p> <p>Eplerenona Na⁺</p> <p>Membrana de células de tejido epitelial riñón</p> <p>Citoplasma Aldosterona</p> <p>Receptor mineralocorticoide</p> </div> (G7). <div data-bbox="860 651 1299 955"> <p>A nivel renal</p> <p>▲ Espironolactona Vuelve al torrente</p> <p>Brazo distal</p> <p>Asa de Henle</p> <p>Excreción por orina</p> <p>↑ K⁺ ↓ K⁺</p> <p>↓ Na⁺ ↓ Na⁺</p> <p>↓ Cl⁻ ↓ Cl⁻</p> <p>Aldosterona</p> </div>
<p>Modelización del mecanismo de acción hidroclorotiazida (inhibidor cotransportador sodio-cloro de membrana apical de túbulo distal)</p>	<ul style="list-style-type: none"> (G5). <div data-bbox="868 1029 1291 1270"> <p>Nefrona</p> <p>Brazo distal</p> <p>Diuresis</p> <p>↑ H₂O ↓ H₂O</p> <p>↓ Na⁺ ↓ Na⁺</p> <p>↓ Cl⁻ ↓ Cl⁻</p> <p>Inhibe el cotransportador generando la excreción de sodio y cloro</p> <p>↑ Reabsorción de Ca</p> </div>

Fuente: elaboración propia.

La totalidad de los grupos formuló producciones que, en general, reflejan la visión integral de la homeostasis en la regulación de la presión arterial y la acción a nivel celular del fármaco, mostrando así que la modificación en la función del trípole célula/órgano/sistema ayuda a mantener la PA dentro de rangos normales.

Actividad de evaluación del modelo desarrollado en la UD

Se planteó a través de la presentación de un modelo tridimensional del mecanismo de acción de uno de los fármacos analizados.

Tabla 6. Producciones presentadas por los estudiantes en la evaluación de la UD

Explicación que dan los estudiantes en el video de la maqueta	Imágenes de los modelos tridimensionales
<p>“En nuestra maqueta consideramos ECA como convertidora de angiotensina y la acción de valsartan como antagonista de los receptores de angiotensina II. La enzima la representamos con la máquina. valsartán inhibe los receptores de angiotensina II” (G1).</p>	
<p>“El medicamento actúa a este nivel (señala el túbulo contorneado distal de la maqueta) y bloquea los canales de sodio y cloro y lo que provoca es lo contrario a lo que hace la adh, ya que no se retiene líquido sino que se libera” (G5).</p>	
<p>“Decidimos representar una nefrona para mostrar cómo actúa el fármaco, un diurético. Representamos el glomérulo, el túbulo proximal, el asa de Henle. El túbulo distal y la irrigación sanguínea. También incluimos las hormonas que son las que actúan en la reabsorción que hacen en el túbulo distal, gracias a los transportadores de sodio y cloro. Los fármacos que analizamos lo que hacen es bloquear estos transportadores y bloquean la absorción de agua y se elimina más volumen de orina” (G7)</p>	

Fuente: elaboración propia.

Actividad de cierre y discusión sobre el hecho sociocientífico abordado en la UD

Al finalizar la UD se les volvió a plantear a los estudiantes el hecho sociocientífico inicial, vinculado con el retiro de los saleros de las mesas de los restaurantes, que había dado inicio a las actividades (actividad 10 de anexo). Las reflexiones de los estudiantes pusieron ahora a esa medida en otro contexto, no en función de la acción inmediata de la sal sobre el organismo, sino en los efectos de su consumo a largo plazo y las implicancias que esto tiene sobre la homeostasis del organismo, particularmente sobre la PA. Esta conclusión, a diferencia de lo expresado en la modelización inicial, permitió a los estudiantes vincular esta problemática con el cuidado de su propia salud, visualizando las consecuencias a largo plazo del consumo excesivo de sal.

Discusiones sobre los resultados

Las actividades 1 y 2 dieron lugar a una intensa actividad de discusión sobre la diferencia entre PA y tensión arterial, los valores de la presión denominada sistólica

y diastólica que conocen popularmente, la acción del agua y la sal sobre la PA y la producción de orina. Si bien los estudiantes relacionaron la problemática con el sistema cardiovascular, renal y la PA, al momento de argumentar sobre el mecanismo por el cual aumentaría la PA con el consumo de sal, el enfoque que asumieron se ubicó en el nivel celular. La simplificación del fenómeno fue tal que no se planteó ninguna consideración que incluyera al sistema nervioso o endócrino. Además, el modelo de aumento de la PA por ósmosis, extendido en todos los grupos, se tensiona con la idea inicial de que el consumo del litro de agua no implicaría un aumento de la PA, pero esto no fue advertido o al menos explicitado por los estudiantes. Subsumido en este modelo de ósmosis, la disminución del volumen de la orina se explicaba desde un modelo de *compensación* a nivel renal, por reabsorción del agua que habían perdido las células por efecto de la sal. Se observa que la interpretación es que la misma célula es el efector del sistema de regulación; si bien este concepto no es totalmente erróneo, es un efecto que se puede observar solo en casos extremos de alteración del medio interno, cuando los otros mecanismos sistémicos regulatorios han resultado sobrepasados por la alteración del medio interno. Se reconoce que los modelos utilizados por los estudiantes para apoyar sus ideas habían sido trabajados en asignaturas previas: el modelo de ósmosis en biología celular, biología de plantas y biología de animales, el modelo de reabsorción renal de agua en biología de animales, y el de presión y tensión abordados en física de procesos biológicos, lo cual podría haber influenciado, de alguna manera, sus ideas.

El registro que obtuvieron los estudiantes –a través de la experiencia realizada que dio como resultado la falta de variación de la PA y la disminución en el volumen de la orina– fueron los referentes empíricos que pusieron en tensión sus modelos iniciales y dieron lugar a la continuidad de la modelización en la actividad 5A y 5B.

El modelo más complejo de regulación de la PA construido pudo ser aplicado por los estudiantes a la explicación de la acción de los fármacos para el control de la hipertensión arterial (HTA), que les permitió construir una visión integral de los sistemas intervinientes en el control de la hipertensión por fármacos o en su lado fisiológico, de los mecanismos homeostáticos que regulan la presión arterial. Desde esta nueva perspectiva, en la cual la HTA no se desata por un consumo episódico de sal, pudieron discutir y proponer nuevos sentidos a los otorgados inicialmente a la problemática sociocientífica vinculada con la prohibición de colocar saleros en las mesas de los restaurantes y casas de comida.

Conclusiones

A partir del trabajo desarrollado sostenemos que:

- Fue posible estructurar un grupo de ideas clave para la formación disciplinar y metadisciplinar en la materia Biología Humana, y diseñar e implementar una unidad didáctica advertida desde modelos teóricos del campo de la formación en didáctica. Esto permitió avanzar en la integración disciplinar y didáctica que requiere la formación del profesorado en Biología y desarrollar actividades innovadoras frente a los modelos tradicionales de enseñanza.

- La estructuración de la UD, a partir del abordaje de un hecho sociocientífico, permitió contextualizar, concitar el interés y dar sentido al proceso de modelización que desarrollaron los estudiantes y facilitó su resignificación al otorgar un nuevo sentido a las ordenanzas de retirar los saleros de los restaurantes y casas de comida.
- Con el análisis de las producciones en la línea disciplinar de la UD, se infiere que los modelos iniciales que construyeron para la situación propuesta se fueron complejizando, incorporando elementos que, al finalizar la tarea, posibilitaron a los estudiantes disponer de modelos anclados en las ideas clave disciplinares. Así, desde modelos inicialmente simples y anclados en el nivel de organización celular, fueron incorporando a partir de las actividades trabajadas, nuevas y más complejas relaciones, lo que llevó a los estudiantes a la construcción de modelos con una visión sistémica del fenómeno de la PA y su regulación. Esto pudo ser constatado en la capacidad que adquirieron para aplicar sus modelos de arriba a la interpretación del funcionamiento de los fármacos antihipertensivos de uso masivo.
- En cuanto a la integración del eje disciplinar con el de formación metacientífica propuesto en la UD, que no ha sido objeto de análisis en el presente artículo (Lozano, Bahamonde, Cremer y Mut, 2018), se manifestó en las relaciones que establecieron los estudiantes entre la *enfermedad del pulso duro* y la HTA, al elaborar una idea clave metacientífica sobre paradigma. Este avance nos anima a pensar que la propuesta de modelización metacientífica, explícita y contextualizada en la enseñanza de modelos disciplinares, fue significativa (Bahamonde, 2014; Lozano, Bahamonde y Adúriz-Bravo, 2016).

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 de Cultura Económica.
- Bahamonde, N. (2014). Pensar la educación en Biología en los nuevos escenarios sociales: la sinergia entre modelización, naturaleza de la ciencia, asuntos sociocientíficos y multirreferencialidad. *Bio-grafía, Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 7(13), 87-98.
- Bahamonde, N. y Gómez, A.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), 127-149.
- 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 40A-412 Resol. 290/2015)*. Argentina: Universidad Nacional de Río Negro.
- Echeverría, J. (1998). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal Ediciones.
- Estany, A. e Izquierdo, M. (2001). Didactología: una ciencia de diseño. *Éndoxa: Series Filosóficas*, (14), 13-33.
- Giere, R. (1988). *La explicación de la ciencia: un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- 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 y R. Justi (eds.), *Modelling-based Teaching in Science Education* (pp. 171-192). Suiza: Springer.

- Godoy, O. (2018). Modelos y modelización en ciencias una alternativa didáctica para los profesores para la enseñanza de las ciencias en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis, TED*, número extraordinario. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8898>
- Guyton, A. y Hall, J. (2015). *Textbook of medical physiology*. Filadelfia: Elsevier.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F.J. Perales y P. Cañal de León (ed.), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 35-64). Alcoy: Editorial Marfil.
- Lederman, N.G. y Lederman, J.S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. En N.G. Lederman y S.K. Abell (eds.), *Handbook of Research on Science Education* (vol. II, pp. 600-620). Nueva York, NY: Routledge.
- 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. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12049/527>
- 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.
- 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. *Filosofía e História da Biologia*, 11(1), 49-68.
- Modell, H., Cliff, W., Michael, J., McFarland, J., Wenderoth, M. y Wright, A. (2015). A physiologist's view of homeostasis. *Advances in Physiological Education*, 39(4), 259-266.
- Psillos, D. y Kariotoglou, P. (2016). *Iterative design of teaching-learning sequences: introducing the science of materials in European schools*. Nueva York: Springer.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis Educación.
- Taylor, P. (2014). *Contemporary Qualitative Research from: Handbook of Research on Science Education*. Londres: Routledge.
- Thibodeau, G. y Patton, K. (2000). *Anatomía y Fisiología*. España: Elsevier.
- Zeidler, D.L., Sadler, T.D., Simmons, M.L. y Howes, E.V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377

Para citar este artículo

- 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. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 47, XX-161.

Anexo

Estructuración de la unidad didáctica en sus líneas disciplinar y metacientífica

<p>Actividad 1 Presenta el hecho sociocientífico y da inicio a la modelización inicial. A cada uno de los grupos se les entrego un <i>dossier</i> con recortes periodísticos que informan sobre medidas relacionadas con la prohibición de eliminar los saleros en los restaurantes y casas de comida y también sobre algunas iniciativas para disminuir la cantidad de sal en la producción de alimentos como el pan. Se les preguntó 1) si lo consideran una medida adecuada, 2) si el consumo de sal constituye un tema de interés en sus familias y grupos de amigos y, por último, 3) con qué aspecto del funcionamiento de nuestro organismo o de la salud lo relacionan.</p>	
Línea disciplinar	Línea metacientífica
Ideas clave 1, 2, 3 y 4	Ideas clave 5 y 6
<p>Actividad 2 Continúa con la modelización inicial a partir de la formulación de hipótesis sobre la acción del agua y luego la sal sobre la PA de dos grupos de estudiantes, en una situación experimental que implica registros de tensión arterial en diferentes momentos y de volumen de orina.</p>	<p>Actividad 3 Da lugar al inicio del análisis histórico. Los estudiantes analizan antiguas imágenes de sangrías terapéuticas e hipotetizan sobre el sentido de su realización. Se introduce a la teoría de los humores y a las prácticas médicas sobre la enfermedad del pulso duro. Se discuten la relación con la actividad 2.</p>
<p>Actividad 5 A. Los estudiantes deben representar con un modelo gráfico a nivel de sistemas/órganos el momento 0 de la experiencia: ¿Cómo se explica la presión en el estado inicial del experimento? Luego se discuten y se conceptualizan los elementos básicos de las ideas clave 1 y 2. B. Los estudiantes deben construir un modelo tridimensional que dé cuenta de la PA.</p>	<p>Actividad 4 Se continúa con la aproximación histórica. Se analiza un nuevo modelo teórico para la circulación del siglo XVII basado en el modelo compernicano y se analiza y discute un experimento sobre la PA del siglo XVIII.</p>
<p>Actividad 7 Se introduce a modelos de regulación de la PA. Se revisan los modelos iniciales que propusieron para cada uno de los puntos de la actividad 2. ¿Cómo creen que hizo el organismo para mantener estable la presión arterial? Se producen modelos, se discuten y se comparan con modelos científicos (Idea Clave 3)</p>	<p>Actividad 6 Se inscriben los análisis y discusiones de las actividades 3 y 4 en la cuestión de los paradigmas (idea clave 5) y los enfoques anacrónicos y diacrónicos, y se introduce a algunas implicancias educativas de su utilización.</p>
<p>Actividad 9 Se aplican los modelos de regulación estructurado en la actividad 7, al análisis de prospectos de fármacos indicado para el control de la HTA. Los estudiantes producen un modelo gráfico de la acción específica de cada uno. Luego construyen un nuevo modelo tridimensional que ajuste un aspecto específico de la regulación de la PA.</p>	<p>Actividad 8 Sobre la PA "normal". Se introduce a la discusión sobre cuándo, quiénes y cómo la determinan. Se analizan consensos internacionales. Se desarrollan aspectos de la idea clave metacientífica 5.</p>
<p>Actividad 10 Se hace un cierre de la UD. Se vuelve al hecho sociocientífico, se lo encuadra y analiza, en función de los modelos desarrollados. Se evalúan en conjunto con los estudiantes los avances sobre las ideas clave propuestas de la UD. Se evalúa el desarrollo de la UD y las implicancias didácticas que ellos creen que ha tenido para su formación como profesores.</p>	

Fuente: elaboración propia.

