

PRÁCTICAS CIENTÍFICAS Y PENSAMIENTO CRÍTICO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS



COMPILACIÓN:
MARCEL OCCELLI
LETICIA GARCIA-ROMANO
CLAUDIO SOSA

Prácticas científicas y pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias

Compilación:
Maricel Occelli
Leticia García-Romano
Claudio Sosa

Autores:

Carola Astudillo; Gonzalo M. A. Bermudez; María José Cano-Iglesias; Daniel Cebrián Robles; Florencia D'Aloisio; Paloma España Naveira; Enrique España Ramos; Natalia Celina Fernández; Silvana Ferragutti; Antonio Joaquín Franco-Mariscal; Gimena B. Fussero; Leticia García Romano; María Carla Lábaque; Cristián Ledezma Carvajal; María del Mar López Fernández; Victor López Simó; Fabio E. Malanca; Belkys Maletto; Giuliana Morbidoni Davicino; Maricel Occelli; María Emilia Ottogalli; María Angelina Roggio; Andrea S. Rópolo; Dafne Saporito; Cristina Simarro y Claudio Sosa

ISBN: 978-950-33-1782-2

Universidad Nacional de Córdoba – Editorial



Universidad
Nacional
de Córdoba



9 789503 317822

Prácticas científicas y pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias / Carola Astudillo ... [et al.]; Compilación de Maricel Occelli; Leticia García Romano; Claudio Alejandro Sosa. - 1a ed. - Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2024.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-33-1782-2

1. Educación Científica. I. Astudillo, Carola II. Occelli, Maricel, comp.
III. García Romano, Leticia, comp. IV. Sosa, Claudio Alejandro, comp.
CDD 507.2

Comité Científico

Dr. Agustín Adúriz Bravo

CeFIEC. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. CONICET (Argentina)

Dra. Laura Buteler

Facultad de Matemática Astronomía, Física y Computación. Universidad Nacional de Córdoba. CONICET (Argentina).

Dra. Alma Adrianna Gómez Galindo

CINVESTAV (México)

Dra. Gabriela Lorenzo

Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires. CONICET. (Argentina).

Dra. María Josefa Rassetto

Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad Nacional del Comahue. (Argentina).

Dr. Mario Quintanilla Gatica

Grupo Grecia. Facultad de Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile. (Chile).

Dra. Nora Valeiras

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional del Córdoba. (Argentina).

CAPÍTULO 9

EPropuesta de una secuencia didáctica para promover el aprendizaje de la relación estructura-función del hígado utilizando la modelización como eje

Andrea S. Rópolo¹, Belkys Maletto¹ y Leticia García Romano²

¹*Departamento de Bioquímica Clínica. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Nacional de Córdoba.*

²*Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.*

aropolo@immf.uncor.edu

Resumen

La Histología es una disciplina orientada al estudio de la estructura, composición, organización y características de los tejidos que conforman un órgano. De la observación comprensiva de la estructura microscópica se interpreta la relación entre estructura y función y luego se complejiza con las modificaciones que suceden durante un proceso patológico. Considerando que los modelos y la modelización pueden ser herramientas útiles para facilitar el aprendizaje, particularmente cuando son construidos por las/los estudiantes como parte de las actividades áulicas, es que proponemos una actividad didáctica para abordar la enseñanza del hígado. La propuesta se centra en el recorrido del metabolito bilirrubina desde el bazo hasta su eliminación en el intestino delgado, con el paso previo por el hígado. Se pretende que las/los estudiantes profundicen tareas tales como explicación, argumentación, pensamiento crítico y comunicación, y que esta actividad facilite la comprensión de procesos particulares que ocurren a nivel celular y tisular.

Introducción

Durante el dictado de la asignatura Anatomía e Histología Humana (AH&H) algunas estructuras y procesos que se desarrollan resultan difíciles de visualizar y entender por

parte de las/los estudiantes. Esta asignatura se dicta en el quinto cuatrimestre de la carrera de Bioquímica de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, y en ella se enseñan la estructura, composición, organización y las características de los distintos tipos de tejidos que conforman un órgano. La forma de aproximarse a este estudio es utilizando cortes ultra-finos de tejidos que son visualizados a través de un microscopio óptico, la cual se complementa con el estudio de los contenidos teóricos disponibles en libros o en las clases teóricas dictadas por las/los profesores. El desafío que enfrentan las/los estudiantes que se adentran en el estudio de la Histología están relacionadas principalmente a que deben desarrollar competencias para comprender de manera analítica la observación de los tejidos, integrando lo observado con los conocimientos teóricos referidos a ese órgano. Finalmente deben razonar para combinar lo visual con el conocimiento previo de manera de integrar la información y lograr la identificación de los tejidos (Pani et al., 2007; Sherman et al. 2009). A partir de esa observación comprensiva de la estructura microscópica de tejidos y órganos se interpreta la relación entre estructura y función, y luego se pueden inferir los cambios que suceden en situaciones patológicas.

A&HH se cursa en el primer cuatrimestre del área biomédica o pre-profesional y tiene actividades teóricas (no obligatorias) y prácticas (obligatorias). A lo largo del dictado de esta asignatura se produce un proceso de acompañamiento a las/los estudiantes para que progresivamente internalicen contenidos y los relacionen, sin embargo, a lo largo de los años hemos observado que hay algunos tejidos y órganos que las/los estudiantes encuentran particularmente desafiantes de visualizar y de comprender. En esos casos, experimentan grandes barreras para el aprendizaje (Crowther, 2017; Lujan et al., 2013; Rodenbaugh et al., 2012), que les impiden luego, en las asignaturas subsiguientes, complejizar los contenidos de histología particularmente en el estudio de la fisiología y la patología, dando evidencia de la complejidad de los sistemas vivientes (Mayr, 2006). Uno de estos órganos que pertenece al sistema digestivo es el hígado, el cual cumple funciones tanto endocrinas como exocrinas, las cuales están directamente relacionadas a la arquitectura del mismo. Entre las funciones endocrinas se pueden describir la síntesis de proteínas, hidratos de carbono, entre otros que son vertidos a la sangre para su distribución en el organismo. Por otro lado, entre las funciones exocrinas se destacan la eliminación de metabolitos, entre ellos la bilirrubina conjugada hacia la vesícula biliar y finalmente al intestino delgado. Con respecto a la irrigación del hígado, particularmente este órgano se diferencia porque además de ser irrigado por la arteria hepática, que provee oxígeno y nutrientes a las células, es irrigado por la vena porta. La vena porta aporta por un lado todos los nutrientes absorbidos en el intestino delgado para que el hígado los procese, y recibe aportes además desde el bazo, que es en donde se degradan los glóbulos rojos. Uno de los pigmentos que se generan de la degradación de la hemoglobina es la bilirrubina, que es tóxica para nuestro organismo y debe ser eliminada. En este proceso, los hepatocitos cumplen una función clave, ya que conjugan la bilirrubina indirecta, que proviene del bazo, con ácido glucurónico, y la transforman en bilirrubina directa, que no necesita conjugarse a albúmina para circular, y es la forma en que es eliminada en el intestino (Ross, 2018). Cualquier situación patológica que se genere en el hígado y que impida que los hepatocitos cumplan su función resulta, entre

otras consecuencias, en un mayor color en la orina (por la bilirrubina indirecta que aumenta en sangre y es filtrada en el riñón) y disminución de color en materia fecal (porque no está siendo eliminada con las heces). A su vez, el aumento de bilirrubina indirecta produce color amarillento en la piel. Como se desprende de esta explicación, la comprensión e internalización de la histología, fisiología y patología de este órgano es clave para que el futuro bioquímico/a pueda interpretar los resultados obtenidos en muestras de sangre, orina y materia fecal.

Durante el cursado de la asignatura AH&H, las/los estudiantes comienzan el proceso de aprendizaje de este órgano, a través de la observación de extendidos histológicos, y se discuten oralmente las relaciones entre estructura y función. Sin embargo, en nuestro ámbito universitario, a partir de entrevistas informales con las/los docentes de la asignatura A&HH, como también de asignaturas dictadas en ciclos superiores se infiere que las/los estudiantes, a pesar de comprender durante la cursada los conceptos, cuando los deben retomar en asignaturas como Fisiología, para integrar la relación estructura-función, o en las asignaturas Patología Humana y Clínica I y II, donde deben relacionar el estado normal con el patológico del órgano presentan dificultades para poder construir las relaciones necesarias que le permitan integrar los conceptos. Parecería que lo estudiado en el aula durante el dictado de la asignatura A&HH y lo observado en los microscopios se circumscribe sólo a ese microambiente, y no se podría generar conocimientos a largo plazo.

Por lo tanto, recuperando conceptos que describen Erduran y Dagher (2014) es que se propone el diseño de una secuencia didáctica novedosa y alternativa a la simple observación del preparado histológico de hígado, con la intención de *transformar esta actividad en una auténtica práctica de indagación científica*. La observación en la actividad científica se considera una acción central, en donde las/los científicas/os recolectan datos para luego generar teorías, modelos y leyes. Los autores Gürol Irzik y Robert Nola expresan que no se concibe una disciplina científica que no implique hacer o depender de observaciones en algún punto y que, a su vez, la práctica de la observación varía según la disciplina científica en donde se utilice. Además, mencionan que hay una serie de similitudes y diferencias entre las disciplinas científicas considerando a las que sólo se basan en la observación o si además utilizan datos experimentales (Irzik y Nola, 2011). Particularmente en la disciplina histología la observación que se realiza carece de datos experimentales, sin embargo, es posible inferir teorías y conclusiones a través de la observación. La idea que guía esta propuesta es integrar esa observación con otras prácticas epistémicas y no epistémicas, de manera de transformarla en una práctica científica. Para ello, se pretende situar este aspecto de la actividad científica en prácticas epistémicas y discursivas amplias que lleven a dar sentido a lo observado y a integrar la teoría con la evidencia.

Desarrollo

Con este objetivo en vista, se propone una secuencia didáctica que gire alrededor de la relación entre histología-fisiología y patología del hígado y que tenga como eje didáctico

a la modelización. Debido a su naturaleza polisémica, la palabra “modelo” puede tener diversos significados (Harrison y Treagust, 2000; Gutiérrez, 2005, 2014; Chamizo, 2010; Adúriz-Bravo, 2012; Hernández, Couso y Pintó, 2015). En este trabajo, concebimos al modelo como una representación de un objeto o fenómeno con un propósito definido (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000), en donde la representación actúa como una expresión formal y limitada de la entidad que se modela. Es importante que esta representación tenga la habilidad de abstraer y reformular de manera distinta la esencia de la entidad que evoca (Morrison y Morgan, 1999; Justi, 2006). Éstos son modelos dinámicos que deben funcionar en la mente de las/los estudiantes, a partir de las condiciones de entorno (en nuestro caso tomando los conceptos teóricos y lo observado en los preparados) y respondiendo a preguntas que dirijan su razonamiento en una situación de incertidumbre (como podría ser el análisis de otros modelos) (Oliva, 2019). Gobert y Buckley (2000) indican que, al momento del planteo de una pregunta, cada uno elabora un modelo mental para darle respuesta, que luego evalúa y revisa en caso necesario. Según Oliva (2019) así como la palabra modelo es polisémica y presenta distintos significados, la idea de modelización también posee distintas acepciones. Así, la modelización puede presentarse como una progresión de modelos, como práctica científica, como competencia, con enfoque didáctico o en su dimensión instrumental. En este trabajo abordamos la palabra modelo en su dimensión instrumental, planteando actividades en donde las/los estudiantes debían realizar representaciones con plastilina, y a la modelización como competencia, en donde se trabaja con los modelos desde una concepción más amplia, elaborándolos, revisándolos, opinando y analizando el valor y las limitaciones (Oliva, 2019). Más concretamente, Nicolaou y Constantinou (2014) caracterizaron los distintos componentes de dicha competencia en donde la modelización abarcaría prácticas de modelización y de metaconocimiento. La primera de ellas entendida en términos del uso de destrezas que permiten a una persona usar reflexivamente y expresar una variedad de representaciones y modelos, y la segunda como conocimiento epistémico y actividad metacognitiva que permite tanto percibir adecuadamente la naturaleza y el alcance de cada uno, como gestionar su uso en situaciones particulares (Kozma y Russell, 1997; Schwarz, 2002; diSessa, 2004; Nicolaou y Constantinou, 2014).

El diseño de secuencias o actividades coherentes con el proceso de modelización pone énfasis en el carácter social de los procesos de elaboración de modelos, resalta el papel de las interacciones estudiante-profesor y estudiante-estudiante para promover ambientes de enseñanza que faciliten el aprendizaje significativo (Barak y Hussein-Farraj, 2013). Según Oliva (2019), en un esfuerzo por avanzar hacia una comprensión más definida de la modelización como enfoque didáctico, algunos autores (Oh y Oh, 2011; Campbell et al., 2015) han descrito rasgos o «pedagogías de modelización» compatibles con muchos de estos enfoques. En este trabajo consideramos la modelización desde dos dimensiones, según las propuestas por Campbell et al. (2015); como *Modelización expresiva*, donde las/los estudiantes describen o explican fenómenos mediante la creación de nuevos modelos o el uso de los modelos existentes y como *Modelización evaluativa*, donde las/los estudiantes comparan modelos alternativos que tratan el mismo fenómeno o problema, evalúan sus ventajas y limitaciones, y seleccionan el más apropiado. Junto a este tipo de prácticas, que

reflejan distintos propósitos, la modelización ha sido caracterizada por los referidos autores mediante el acto discursivo que acompaña a dichas tareas: explicación, argumentación, razonamiento científico, evaluación por pares, aprendizaje cooperativo/colaborativo entre iguales, andamiaje del profesor, escritura, comunicación y diálogo.

Así, la propuesta se centra en el recorrido del metabolito bilirrubina desde el bazo hasta su eliminación en el intestino delgado, con el paso previo por el hígado, y hace alusión a la función exócrina del hígado. En esta secuencia didáctica (Tabla 1) se proponen tres bloques: una primera parte exploratoria, que comienza con un disparador, como es la escucha de una canción y análisis de la letra y que finaliza con la observación microscópica clásica del preparado histológico (sombreado en amarillo); la segunda etapa tiene como eje la construcción de un modelo de hígado, en donde se analiza el recorrido del metabolito bilirrubina y que concluye con la comparación del modelo propio con los realizados por sus pares o los disponibles a través de una búsqueda en internet (sombreado en verde). En la etapa final se discutirán las posibles enfermedades que afectan al hígado y se concluirá la actividad con un escrito utilizando lenguaje coloquial (sombreado en celeste).

Tabla 1. Resumen de las actividades propuestas en la secuencia didáctica.

Actividades
Reproducción de la canción “La Bilirrubina” de Juan Luis Guerra y su grupo 4.40.
Análisis de la letra de la canción identificando todos los vocablos o frases relacionados a la salud.
Formulación de posibles explicaciones acerca del aumento de la bilirrubina. Investigación acerca de la bilirrubina.
Exposición de las conclusiones parciales a las que arribaron en el grupo de trabajo, de forma oral. Discusión y debate de sus puntos de vista.
Observación en un microscopio óptico el preparado histológico de hígado, teñido con H/E para analizar los distintos componentes anatómicos y funcionales.
Utilización de la modelización en su dimensión instrumental a través del modelado en plastilina y/o el uso de ilustraciones, para plasmar el recorrido que realiza la bilirrubina desde su génesis hasta su eliminación.
Búsqueda en páginas web de otros modelos de hígado y comparación con los diseños realizados.
Observación en un microscopio óptico el preparado histológico de hígado, teñido con H/E para analizar los distintos componentes anatómicos y funcionales.
Puesta a prueba del modelo en una situación patológica.
Exploración a través de la búsqueda en internet de situaciones patológicas donde se observa aumento de la bilirrubina.
Búsqueda de información acerca del hígado graso.
Escritura de un e-mail al cantautor justificando si, a su criterio, son correctos o incorrectos los conceptos explorados en la canción.

La propuesta está planeada para ser realizada durante las actividades presenciales en el cursado de la asignatura A&HH, preferentemente luego de que las/los estudiantes hayan asimilado los temas teóricos de sistema digestivo y sistema inmune (particularmente bazo). Participarán a su vez las/los docentes y las/los ayudantes-alumnos, como guía y asesores para el desarrollo de las actividades. Además, se plantea que el trabajo sea realizado en equipos para favorecer la cooperación y colaboración científica. Para la conformación de los grupos se

tendrán en cuenta el género, el desempeño de las/los estudiantes en los trabajos prácticos previos (con el objeto de favorecer que los grupos sean mixtos) y se les asignarán roles a las/los estudiantes. Todo esto se asocia a prácticas no-epistémicas asociadas a relaciones profesionales y personales en la comunidad científica (García-Carmona, 2021). Debido a que las reflexiones y conclusiones se expondrán de forma oral, se pretende que entre los grupos se generen intercambios y debates, que ayudan y fortalecen a la oratoria. Los desafíos a los que se enfrentarán las/los estudiantes podrían estar relacionados a este trabajo en equipo, en donde el diálogo, la negociación, el aprendizaje colaborativo serán claves para lograr una buena sincronización en el grupo. A su vez, se enfrentarán a la evaluación por pares, a la práctica de la oralidad y la argumentación, que luego serán importantes para su desempeño profesional. En la actualidad los profesionales trabajan en equipos en diferentes entornos, generalmente integrando grupos de trabajo con formación diversa, por lo que adquirir la competencia de trabajar en equipos es un propósito muy valorado (Duran-Aponte y Duran-García, 2012). Según lo observado en la bibliografía consultada, las/los estudiantes que incorporan el aprendizaje trabajando en equipos pequeños logran mayores calificaciones, aprenden a un nivel más profundo, recuerdan la información por más tiempo, adquieren mayores habilidades de comunicación y obtienen una mejor comprensión del entorno en el cual se trabaja como profesionales (revisado en Marin-García et al., 2008). Considerando las ventajas que presenta el trabajo en equipos, particularmente el aprendizaje activo centrado en las/los estudiantes (Fink, 2003), es que planteamos esta estrategia durante el desarrollo de la secuencia didáctica.

La propuesta se inicia cuando la/el docente propone la escucha de la canción “La Bilirrubina” de Juan Luis Guerra y su grupo 4.40, un cantautor dominicano que hace aproximadamente 30 años lanzó al mercado el disco Bachata rosa, que incluía esta canción¹. Esta actividad se plantea como un disparador para promover la atención de las/los estudiantes en torno a un tema de salud relacionado al romance. Luego de la escucha inicial, nuevamente se reproduce la canción, pero ahora introduciendo pautas y preguntas para que analicen la letra de la canción (Anexo I); entre ellas, la identificación de todos los vocablos o frases relacionados a la salud (en rojo en el Anexo I) y el análisis de los siguientes interrogantes: ¿En torno a qué situación se centraliza la canción? ¿Tiene relación con alguno de los órganos del trabajo práctico? ¿Es posible establecer una coherencia en relación a todos estos vocablos? Se pretende que identifiquen a la bilirrubina como el protagonista central de la canción y la relacionen con el hígado en donde este metabolito se procesa. Acá se recogerán las percepciones previas de las/los estudiantes con respecto a esta temática. Luego se propone analizar por qué Juan Luis Guerra escribe que se le subió la bilirrubina, formulando posibles explicaciones del fenómeno y respondiendo: ¿Qué es la bilirrubina? ¿En qué órgano se genera? ¿Cuál es el recorrido a través del organismo? Se pretende que retomando conocimientos teóricos previos logren realizar una descripción del contexto analizando el recorrido normal de la bilirrubina y las posibles causas que genere su aumento. Acá deberán aplicar conocimientos previos acerca del sistema digestivo en condiciones normales. En esta

1 <https://www.youtube.com/watch?v=K8PpV3yK5iA>

instancia las/los estudiantes pueden recurrir a consultas en material impreso o mediante recursos digitales. Luego de este análisis inicial que se genera dentro de cada uno de los equipos de trabajo, se les solicitará que expongan las conclusiones parciales, de forma oral, para compartirlas con sus compañeros/as. En esta instancia se pretende que las/los estudiantes expongan, discutan y debatan los distintos puntos de vista a los que arribaron en el grupo de trabajo, favoreciéndose el intercambio de ideas, el debate y la argumentación. Posteriormente, el docente les facilita a las/los estudiantes plastilina de diversos colores, marcadores, hojas, y plantea la siguiente consigna de trabajo:

“Modele el recorrido que realiza la bilirrubina desde su génesis hasta su eliminación, desde el punto de vista microscópico”.

El docente no indica ninguna pauta (referida a tamaño, formas, etc.) para permitirle la mayor libertad posible a las/los estudiantes, sin embargo, es aconsejable que los docentes circulen por las distintas mesas de trabajo para ponerse a disposición de las/los estudiantes y contestar preguntas. Durante esta etapa se realizará el primer nivel de análisis del modelo tratando de que las/los estudiantes identifiquen elementos claves del mismo. Se pretende que modelen tres órganos principales, el bazo, que es donde comienza la degradación de hemoglobina para dar el primer producto que es la bilirrubina indirecta. Para ello, deben retomar conocimientos adquiridos previamente en el estudio de sistema inmune, y modelar de forma microscópica cómo se separa el grupo hemo de la globina, y de qué manera la bilirrubina indirecta abandona el bazo a través de la vena esplénica, que es tributaria de la vena porta, y que se dirige hacia el hígado. Luego deberían modelar un lobulillo hepático mostrando el recorrido venoso, arterial y las vías biliares, indicando de qué forma entra la bilirrubina indirecta, en dónde se conjuga y de qué manera abandona el hígado. Finalmente, la modelización de la vesícula biliar y el intestino delgado completarían esta secuencia básica, mostrando que la bilirrubina es primero almacenada y concentrada y luego eliminada. Durante esta actividad posiblemente es el momento en que las/los estudiantes necesiten la guía del docente, de manera tal que no realicen un modelado de tipo macroscópico (modelando de forma general bazo, hígado e intestino delgado), sino que sean particularmente minuciosos en todo el recorrido. A modo de ejemplo en las figuras 1 y 2 se muestran dos modelos (realizados por los autores) con distintos niveles de complejidad. Una analogía que se puede emplear en esta instancia es decirles a las/los estudiantes que la consigna es equivalente al planteamiento de un viaje turístico a determinado lugar. Es muy distinto decir que se parte de una ciudad determinada, que va a visitar un lugar particular y finalmente que va a regresar, a exponer de forma detallada qué vía de transporte va a utilizar, en dónde va a comenzar el viaje, a dónde va a arribar, dónde se va a alojar, qué lugares va a visitar, qué excursiones va a realizar, y a dónde va a regresar. Esta analogía puede ser útil para situar al estudiante en el nivel de detalle que se pretende alcanzar. Finalmente, los distintos equipos de trabajos expondrán en forma oral sus modelos, lo que permitirá que se comparen modelos entre sí, se analicen los niveles de descripción alcanzados en cada uno de ellos y se comparen con lo observado en el microscopio óptico en la observación del hígado. De forma complementaria, el mismo modelo expuesto puede ser utilizado por el docente para analizar ahora la función endocrina del hígado y así completar el desarrollo del

tema. Posteriormente se les propondrá utilizar los teléfonos celulares o cualquier dispositivo para realizar la búsqueda de modelos de hígado, que pueden haber sido realizados en distintos soportes, mediante dibujos, modelización matemática, etc. Cada grupo mostrará los modelos encontrados, utilizando la argumentación y el pensamiento crítico como herramientas para exponer los análisis realizados. Aquí las/los estudiantes trabajarán con la modelización desde un enfoque más amplio al verlos como una competencia, ya que, al revisar modelos en otros contextos, les permitirá poder opinar, ver el valor de los mismos, y a su vez, considerar si son apropiados para el fin que fueron creados, considerando que si algún modelo fue realizado para la enseñanza en un contexto académico quizás tenga más nivel de detalle que otro a ser utilizado para una publicidad de algún medicamento. Aquí se pueden plantear discusiones acerca de la necesidad, en algunos casos de presentar un modelo simplificado para facilitar la comprensión del modo de acción del producto que se pretende comercializar. Este bloque concluye con la observación en un microscopio óptico el preparado histológico de hígado, procesado con la técnica histológica común y teñido con hematoxilina/eosina para analizar los distintos componentes anatómicos y funcionales. Es una oportunidad para que las/los estudiantes recorran el órgano, y les permita ubicar los elementos modelados en un corte histológico. Así, pueden observar el lobulillo hepático, analizar la ubicación de los hepatocitos de forma radial hacia la vena central, y observar la tríada portal (rama de arteria hepática, rama de vena porta, conducto biliar) en los extremos del lobulillo hepático. Hasta este punto, la carga horaria de la actividad es de aproximadamente 3 horas, por lo que consideramos que, si se va a seguir la secuencia que planeamos a continuación, se realicen en una actividad posterior, o en alguna asignatura correlativa, debido a que implica situaciones patológicas, y relaciones con la práctica profesional. De igual manera se puede desarrollar en la asignatura de Histología, con un nivel de desarrollo teórico más básico.

En el último bloque de esta secuencia didáctica se propone poner a prueba el modelo en una situación patológica, tratando de responder a las preguntas ¿qué sucedería con la bilirrubina si el hígado no puede cumplir su función? ¿Sucederá algún cambio en sangre, orina y materia fecal? En este segundo nivel de análisis del modelo se lo pondrá a prueba en una situación patológica con el objetivo de que las/los estudiantes reflexionen acerca de las consecuencias de la pérdida de función del órgano (Figura 1C). A su vez, reflexionarán acerca de las limitaciones o no del modelo realizado. En esta instancia se plantea que exploren a través de la búsqueda en Internet, en qué situaciones patológicas se observa aumento de la bilirrubina. Se pueden proponer las siguientes consignas: ¿Cuáles son los síntomas? ¿Pueden identificar alguna frase o vocablo en la canción “La bilirrubina” que se relacione al aumento de la bilirrubina? Se pretende que en esta etapa de análisis y reflexión las/los estudiantes analicen en la canción si pueden identificar algún síntoma que se relacione con el aumento de bilirrubina. Este ejercicio es clave para el diálogo entre médicos y bioquímicos en su futuro profesional. Luego de esta actividad introductoria al proceso patológico, se les presentará una patología en particular, como es el hígado graso, una patología que afecta al 25% de la población mundial. Se les propondrá que analicen cuáles son los síntomas, las causas de la patología, cómo se realiza el diagnóstico a nivel bioquímico y de qué manera

se puede prevenir. Esta consigna persigue un fin más socio-científico, ya que el hígado graso en general se relaciona a la obesidad, uso de ciertos fármacos y consumo excesivo de alcohol. Se pretende que aquí se concluya la importancia de una alimentación sana, la realización de ejercicio y el control en el consumo de alcohol, situaciones claves para llevar una vida saludable. Finalmente, y a manera de cierre, se les solicitará a los equipos de trabajo que ensayan un e-mail al cantautor justificando si, a su criterio, son correctos o incorrectos los conceptos explorados en la canción. A través de este escrito se espera que puedan plasmar de forma argumentativa y racional las conclusiones a las que arribaron, pero desde un lenguaje coloquial, que luego se pueda utilizar para divulgación del proceso de funcionamiento del hígado, utilizando a las/los estudiantes como multiplicadores de saberes.

Reflexiones finales

Las actividades de modelización y modelos son muy poco utilizadas en contextos universitarios, en parte debido al desconocimiento del potencial de esta herramienta, y además porque en muchos casos son consideradas como actividades para ser realizadas en niveles primarios y secundarios. Sin embargo, creemos que esta actividad es muy importante para ayudar a las/los estudiantes a interpretar lo estudiado de forma abstracta, relacionarlo con lo observado en el microscopio óptico en los cortes histológicos, y complementarlo con las actividades de modelado. Poder analizar de forma crítica sus propios modelos, los modelos creados por sus compañeros y los disponibles en sitios web, favorecen el pensamiento crítico y puede ayudar a que las/los estudiantes se apropien del conocimiento. A su vez, trabajar en el aula con un contenido más lúdico favorece las relaciones entre docentes y estudiantes, y más interesante aún es el diálogo y el intercambio que se produce entre pares. Por otro lado, la idea de transformar una observación en una práctica científica será un desafío a su vez para los docentes, que dictan la asignatura en un formato clásico, debiendo ahora introducir modelado, razonamiento científico, pensamiento crítico y a su vez, implica la coordinación de las evidencias y modelos a través de procesos discursivos como la argumentación. Finalmente, luego de la finalización de las secuencias, y en una instancia posterior, sería conveniente la realización de encuestas a estudiantes para analizar sus percepciones, emociones y sus opiniones que serían claves para que los docentes evalúen y consideren esta actividad para incluirla durante el dictado de la asignatura en años posteriores.

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación química*, 23, 248–256. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9)

- Barak, M. y Hussein-Farraj, R. (2013). Integrating model-based learning and animations for enhancing students' understanding of proteins structure and function. *Research in Science Education*, 43(2), 619–636. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9280-7>
- Campbell, T., Oh, P.S., Maughn, M., Kiriazis, N. y Zuwallack, R. (2015). A review of modeling pedagogies: Pedagogical functions, discursive acts, and technology in modeling instruction. *Eurasia journal of mathematics science and technology education*, 11(1). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1314a>
- Chamizo, J.A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7(1), 26–41. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i1.02
- Crowther, G.J. (2017). Which way do the ions go? A graph-drawing exercise for understanding electrochemical gradients. *Advances in Physiology Education*, 41(4), 556–559. <https://doi.org/10.1152/advan.00111.2017>
- diSessa, A.A. (2004). Metarepresentation: Native Competence and Targets for Instruction. *Cognition and instruction*, 22(3), 293–331. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2203_2
- Durán-Aponte E, Durán-García M (2012). Competencias sociales y prácticas profesionales. Vivencias y demandas para la formación universitaria actual. *Cultura y Educación*, 24(1): 61-76. <http://dx.doi.org/10.1174/113564012799740777>
- Erduran, S y Zoubeida, R. 2014. Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. *Contemporary Trends and Issues in Science Education*. 43. Springer.
- Fink LD. (2003) Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses. Ed. Wiley. 320 pag. ISBN: 0787971219
- García-Carmona, A. (2021) Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(1), 1108. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108.
- Gilbert, J. Boulter, C. y Elmer, R. (2000). *Positioning Models in Science Education and in Desing and Technology Education*.
- Gobert, J.D. y Buckley, B.C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International journal of science education*, 22(9), 891–894. <https://doi.org/10.1080/095006900416839>
- Gutiérrez, R. (2005). *Polisemia actual del concepto «modelo mental»: Consecuencias para la investigación didáctica*.
- Gutiérrez R. (2014). Lo que los profesores de ciencias conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Biografía*, 7(1), 37-66. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia37.66>
- Harrison, A.G. y Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hernández, M.I., Couso, D. y Pintó, R. (2015). *Analyzing students' learning progressions throughout a teaching sequence on acoustic properties of materials with a model-based inquiry approach*.