

Posibles obstáculos epistemológicos en la enseñanza de la vacunación. Un estudio exploratorio

Possible epistemological obstacles in the teaching of vaccination. An exploratory study

Gastón Pérez¹, Betina Cupo², Cinthia Alegre³ y Leonardo González Galli⁴

Fecha de recepción: 8 de junio de 2021

Fecha de aprobación: 10 de junio de 2022

Resumen

Diversos organismos internacionales coinciden en la importancia de la vacunación, sin embargo, también existen grupos «anti-vacunas» que suelen aparecer en los medios de comunicación haciendo frente a sus ideas. Esta situación impone un desafío para los docentes que quieren abordar esta temática particular en las aulas. En general, cuando los sujetos deben tomar decisiones sobre este tópico, u otros, suelen apelar a sus concepciones del sentido común que, según diversos autores, pueden entenderse como la expresión de ciertos patrones generales de pensamiento, algunos de los cuales pueden considerarse obstáculos epistemológicos desde el punto de vista didáctico. Conocer estos obstáculos epistemológicos puede servir para trabajarlos de manera explícita en el aula, con el objetivo de fomentar una regulación metacognitiva de los mismos. En este trabajo exploratorio nos proponemos identificar posibles obstáculos epistemológicos que se ponen en juego al tratar la temática de la vacunación en estudiantes de nivel medio. Utilizando un enfoque de tipo cualitativo interpretativo se realizó un análisis de producciones escritas de 77 estudiantes de nivel medio (15-16 años). Encontramos que las concepciones de los estudiantes pueden hallarse atravesadas por diversos obstáculos epistemológicos tales como el razonamiento unicausal, el razonamiento centrado en

¹ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de investigaciones CeFIEC. Correo electrónico: gastonperezbio@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9751-2042>

² Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de investigaciones CeFIEC. Correo electrónico: betinacupo@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3449-9570>

³ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de investigaciones CeFIEC. Correo electrónico: renka301980@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6037-6857>

⁴ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de investigaciones CeFIEC. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina. Correo electrónico: leomgalli@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0713-164X>

el individuo, el determinismo o el positivismo ingenuo. Conocer estos obstáculos epistemológicos puede ayudar a pensar en procesos de enseñanza que fomenten la regulación metacognitiva, con el objetivo último de fomentar el pensamiento crítico.

Abstract

Various international organizations agree on the importance of vaccination, however, there are also "anti-vaccine" groups that often appear in the media facing their ideas. This situation imposes a challenge for teachers who want to address this particular issue in the classroom. In general, when subjects must make decisions about this topic, or others, they usually appeal to their conceptions of meaning that, according to various authors, can be understood as the expression of certain general patterns of thought, some of which can be considered epistemological obstacles from the didactic point of view. Knowing these epistemological obstacles can be used to work them explicitly in the classroom, to promote a metacognitive regulation of them. In this exploratory work, we propose to identify possible epistemological obstacles that come into play when dealing with the subject of vaccination in high school students. Using a qualitative interpretive approach, an analysis of the written productions of 77 high school students (15-16 years old) was carried out. We find that students' conceptions can be crossed by various epistemological obstacles such as unicausal reasoning, individual-centered reasoning, determinism, or naive positivism. Knowing these epistemological obstacles may help to think of teaching processes that encourage metacognitive regulation, with the ultimate goal of fostering critical thinking.

Palabras clave

Obstáculos epistemológicos; Vacunación; Determinismo; Razonamiento unicausal; concepciones.

Keywords

Epistemological obstacles; Vaccination; Determinism; Unicausal reasoning; conceptions.

Introducción

En el marco de la pandemia mundial por el virus SARS-CoV2, la enseñanza de las ciencias cobra especial importancia. Diversos autores⁵ han propuesto que uno de los objetivos de la

⁵ Utilizaremos el masculino en la escritura de manera de facilitar la lectura del trabajo. Sin embargo, entendemos

enseñanza de las ciencias en la escuela media es formar sujetos que puedan entender el mundo que les rodea, pero también analizarlo de manera crítica y poder transformarlo (Autores, 2020; Halpern, 2013). De esta manera, cuestiones tales como los cultivos transgénicos, los modelos de producción de alimentos, el racismo o la vacunación se convierten en temáticas de importancia para abordar en el aula, aunque su complejidad exceda a las ciencias naturales. La biología puede aportar muchos elementos para pensar en estas cuestiones, pero debemos tener en cuenta que no es la única disciplina que puede hacerlo.

Además de la complejidad de estas temáticas, y en parte al menos por un deficiente aprendizaje escolar, los sujetos suelen apelar más a sus concepciones del sentido común cuando deben tomar decisiones en su vida cotidiana, como por ejemplo en las temáticas mencionadas en el párrafo anterior (Astolfi, 2003; Carretero, 2009; Johsua y Dupin, 2005, entre muchos otros autores).

Trabajos previos en el área de la psicología cognitiva y de la didáctica han mostrado que las concepciones que sostienen los estudiantes pueden entenderse como la expresión de ciertos patrones de pensamiento, generales y fuertemente arraigados en la estructura cognitiva, que desde la didáctica podemos considerar como obstáculos epistemológicos (Astolfi, 1999; Evans y Rosengren, 2018). Estos modos de razonar influyen en las explicaciones que ofrecen los sujetos sobre su realidad, así como en la toma de decisiones, por ejemplo, sobre consumir ciertos productos o no, o sobre creer ciertas ideas y no otras. En línea con esto, los autores consideran que conocer estos obstáculos epistemológicos puede servir para trabajarlos de manera explícita en el aula, con el objetivo de fomentar una regulación metacognitiva de los mismos, esto es un control consciente sobre estos modos de razonar al momento de explicar fenómenos o tomar decisiones. Esta línea puede considerarse como una dimensión relevante y un aporte al desarrollo del pensamiento crítico (Paul y Elder, 2020).

En el presente trabajo nos centraremos en una de las problemáticas antes enunciadas, de relevancia mundial pero también particular de Argentina, que refiere a la cuestión de la vacunación. Por un lado, los gobiernos argentinos populares han ampliado los calendarios de vacunación al punto de contar con dieciocho vacunas obligatorias contra distintas enfermedades, las cuales se encuentran disponibles, de forma gratuita, en los vacunatorios, centros de salud y hospitales públicos del país. Paralelamente, han aumentado los grupos que se encuentran en contra de las vacunas (denominados popularmente «anti-vacunas») así como su participación en los medios de comunicación masivos. Además, existe en internet un amplio

que este tipo de escritura deja por fuera un amplio universo de expresiones de género existentes o por existir.

abánico de fuentes y circulación de información sobre el tema de la vacunación, que muchas veces es contradictoria. Esta situación propone un desafío para los docentes que quieren abordar esta temática particular en las aulas, ya que deberán ayudar a sus estudiantes a desarrollar la capacidad de distinguir qué fuentes de información son confiables y de evaluar las distintas perspectivas utilizando los modelos científicos de la biología, ambas capacidades son complejas y requieren un trabajo de largo plazo.

Tomando en consideración todo lo anterior, este trabajo exploratorio posee como objetivo identificar posibles obstáculos epistemológicos que se ponen en juego al tratar la temática de la vacunación con estudiantes de nivel medio. Consideramos que conocer estos obstáculos puede permitir pensar en el desarrollo de procesos de enseñanza que incorporen la regulación metacognitiva sobre los obstáculos epistemológicos en la construcción de ciertos modelos de la biología que resultan útiles para tomar una decisión sobre la vacunación.

Para abordar el objetivo planteado, comenzaremos el artículo presentando el marco teórico en el que basamos nuestro trabajo. Explicaremos la relación entre las concepciones de los estudiantes y los obstáculos epistemológicos, y daremos algunos ejemplos de estos últimos. Luego, abordaremos el concepto didáctico de regulación de los obstáculos epistemológicos desde la perspectiva del desarrollo del pensamiento crítico y describiremos los antecedentes que existen en las investigaciones en didáctica sobre la cuestión de la enseñanza de la vacunación. Posteriormente, expondremos el diseño metodológico del trabajo para la toma de datos y el modo en que realizamos el análisis de los mismos. Analizaremos algunas concepciones que sostienen los estudiantes sobre este tema, lo que servirá para identificar obstáculos epistemológicos que pueden subyacer a dichas concepciones. Finalmente, esbozaremos algunas conclusiones e implicaciones didácticas para la enseñanza de los modelos asociados al tema de la vacunación.

Marco Teórico

Los obstáculos epistemológicos y su relación con las concepciones de los estudiantes

Los sujetos suelen tener concepciones sobre cuestiones de su vida cotidiana, tales como por qué existen las bacterias «super-resistentes», por qué es difícil controlar una pandemia o por qué ocurre el cambio climático. Estas concepciones, más o menos elaboradas, permiten a las personas entender el mundo, predecirlo y actuar sobre él. Su origen es complejo, ya que incluye factores biológicos y socioculturales (Astolfi, 1999, 2003; De Vecchi y Giordan, 2006). Dichas

concepciones son relevantes para la enseñanza, ya que suelen ser incompatibles con los modelos científicos que se desean enseñar, por lo que pueden dificultar el aprendizaje. Sin embargo, es a partir de ellas que los estudiantes interpretan lo que proponen los docentes, por lo que el aprendizaje de un nuevo modelo dependerá fuertemente de estas ideas.

Históricamente se ha identificado un vasto número de concepciones en diversas áreas (biología, física, historia, etc.) que tienden a perdurar a pesar de la educación formal. Esta situación llevó a la constitución de varias líneas de investigación que se han centrado en el análisis de las formas de razonamiento que subyacen a ellas. En una de estas líneas de investigación, que adoptamos aquí como marco teórico de referencia, dichas formas de razonamiento se denominaron obstáculos epistemológicos (Astolfi, 1994; Astolfi y Peterfalvi, 2001).

El concepto de obstáculo epistemológico fue desarrollado originalmente por el epistemólogo Gastón Bachelard (1984) quien lo entendió como una forma de pensar arraigada, que puede haber tenido en el pasado un cierto valor, pero que en un momento dado obstaculiza el progreso del conocimiento científico. Así, para este autor, los obstáculos epistemológicos se constituyen en un saber que genera inercia y dificulta el proceso de construcción científica. Para Bachelard, la manera de construir un nuevo conocimiento será yendo en contra de estos obstáculos epistemológicos, es decir, destruyéndolos (Camilloni, 2001).

Los didactas franceses retomaron la idea de Bachelard, ofreciendo una propuesta superadora tanto en la investigación en didáctica sobre concepciones alternativas como en el tratamiento didáctico de éstas. Por un lado, establecieron un modo diferente de abordar las concepciones de los sujetos en la investigación didáctica, moviendo el foco hacia la descripción y caracterización de formas de razonamiento subyacentes más generales. Por otro lado, y a diferencia de Bachelard, establecieron que no había necesidad (ni tampoco posibilidad verdadera) de destruir estos patrones de razonamiento, sino que deberían utilizarse para comprender la resistencia de las concepciones, pero también para iniciar el trabajo didáctico a partir de y sobre ellas. Profundizaremos en esta idea más adelante. Esta idea de obstáculos epistemológicos coincide en muchos sentidos con los avances de la psicología cognitiva sobre sesgos cognitivos (ver, por ejemplo, Evans y Rosengren, 2018; Ronfard et al., 2021)

Los obstáculos epistemológicos presentan un carácter más general y transversal que las concepciones, y pueden definirse en función de tres características. Son modos de pensar transversales, en tanto que tienen cierto grado de generalidad en cuanto a los fenómenos que permiten explicar. Es así como aparecen en concepciones de diferentes dominios del

conocimiento. También son funcionales (útiles para las personas), ya que se trata de modos de pensar que tienen una función explicativa para el sujeto, le permiten describir, explicar y predecir ciertos aspectos del mundo en el que vive. Por último, son modos de razonar conflictivos, en el sentido de que dificultan el aprendizaje y/o la aceptación del modelo científico que se quiere enseñar, en tanto que explican los mismos fenómenos que explica el modelo científico de referencia (Autores, 2011, 2017).

A continuación, presentaremos dos ejemplos de obstáculos epistemológicos: el razonamiento causal lineal y el determinismo.

- **Razonamiento unicausal**

El razonamiento unicausal involucra explicar los fenómenos a partir de una causa única que los precede. Este razonamiento es útil para las personas porque el análisis de un fenómeno a partir de una única causa permite simplificarlo y, de ese modo, facilitar la predicción, el control y la toma de decisiones de un modo rápido (Cosmides y Tooby, 2002).

Existen diversas concepciones de los estudiantes que serían expresiones de este razonamiento, tales como «la obesidad es generada por la alimentación» o «La extinción de ciertos organismos fue causada por la caza desmedida de los humanos».

Como hemos mencionado, al ser un obstáculo epistemológico podemos encontrar sus expresiones en otras áreas del conocimiento tales como la física (Astolfi, 1994; Johsua y Dupin, 2005), la química (Johsua y Dupin, 2005) o las ciencias sociales (Carretero, 2009; Kuhn, 2012). Para el caso del aprendizaje de los modelos relacionados con la vacunación (tales como el de sistema inmunológico o los de la epidemiología), este razonamiento impide comprender que en cuestiones relacionadas con la salud existen múltiples causas interactivas que podrían aportar a entender el problema, y que dichas causas podrían asociarse al nivel de organización individual como al nivel de organización poblacional.

- **Determinismo**

El razonamiento determinista implica pensar que el estado actual de un sistema determina su estado futuro, sin una asignación de probabilidades a los posibles estados futuros alternativos (Barragués Fuentes y Guisasola Aranzabal, 2006; Kahneman, 2019). Esta forma de razonamiento es funcional para los sujetos, dado que permite reducir o suprimir la incertidumbre relacionada con el fenómeno que se quiere explicar, de manera de poder

pronosticar un futuro posible para ese evento particular. Si en cambio se asignaran probabilidades a todos los posibles estados futuros, se dificultaría la toma de decisiones.

Este obstáculo epistemológico subyace a expresiones tales como «si es adicto a la marihuana entonces va a probar con drogas peores» o «si tiene el gen de pelo color marrón, entonces nacerá con el pelo color marrón». Además, está presente en otras disciplinas y es parte de los discursos racistas o sexistas (Puig y Jiménez Aleixandre, 2015; Stamos, 2008).

Para el caso de la vacunación, el determinismo impide comprender que los modelos como los de sistema inmunológico o los de la epidemiología, requieren pensar en términos de probabilidades, en el sentido de que las explicaciones derivadas de ellos involucran razonar en términos de mayor o menor probabilidad de ocurrencia de un evento.

Regulación de los obstáculos epistemológicos y toma de decisiones

Como hemos mencionado antes, desde la didáctica de las ciencias naturales se ha propuesto que no es posible eliminar los obstáculos epistemológicos tal como pretendía Bachelard. Dado esto, el tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos en el aula de ciencias requerirá del desarrollo de una «vigilancia metacognitiva» (Autores, 2011; Peterfalvi, 2001), en términos de que los estudiantes tomen consciencia sobre los obstáculos epistemológicos y puedan controlar su intervención cuando se está construyendo o utilizando un modelo científico o, más en general, cuando una situación problemática compleja demande una toma de decisión (para un ejemplo de este tipo de trabajo didáctico en el área de la evolución ver Autores, 2018). Esta propuesta se basa en que, dadas sus características (funcionalidad, conflictividad, transversalidad), no es posible ni deseable eliminar o modificar radicalmente los obstáculos epistemológicos. Es por ello que el tratamiento didáctico de estos modos de razonar está pensado desde la regulación metacognitiva, en tanto que los estudiantes logren inhibir (de manera consciente) el modo de razonar cuando están aprendiendo o usando un modelo científico (Ronfard et al., 2021).

La propuesta de la «vigilancia metacognitiva» tiene su correlato en los estudios de la psicología cognitiva que proponen que cuando los sujetos toman decisiones ponen en juego dos sistemas integrados denominados «sistema intuitivo» y «sistema reflexivo» (Evans, 2018; Facione, 2020; Hogan et al., 2015). Ambos sistemas actúan en paralelo procesando cognitivamente las situaciones sobre las que debemos tomar una decisión. El sistema intuitivo, es una ruta rápida para resolver el problema, de carácter inconsciente y automática, que está basado en diversos

sesgos o heurísticos (los cuales pueden ser análogos a los obstáculos epistemológicos en el sentido de que en ambos casos se trata de componentes del sistema cognitivo que sesgan y restringen el pensamiento del sujeto y que son implícitos y transversales). Este sistema es particularmente útil en las decisiones de la vida cotidiana, donde el tiempo apremia y se requiere de una acción inmediata. Por su parte, el sistema reflexivo es de carácter lento, consciente y asociado con altos niveles de control cognitivo. Es útil en situaciones no familiares y en las que tenemos más tiempo para resolverlas. En general, hay una predominancia del sistema intuitivo, en el sentido de que en la mayoría de las circunstancias los sujetos basan sus decisiones en dicho sistema.

Teniendo en cuenta que el sistema intuitivo funciona automáticamente, los errores y prejuicios asociados a sus sesgos sólo pueden ser prevenidos a través de la cuidadosa regulación que permite el sistema reflexivo. Esta regulación puede involucrar la capacidad de «inhibir», al menos por un momento, los sesgos sobre los que se basa el sistema intuitivo para tomar decisiones.

Considerando estas investigaciones de la psicología cognitiva, diversos autores apoyan la idea de que las personas no son racionales a la hora de tomar decisiones, sino que se basan en estos sesgos o heurísticos de carácter implícito (Facione, 2020; Lack y Rousseau, 2016; Moore y Parker, 2017; Pinker, 2021). En tal sentido, la reflexión sobre los modos de pensar (una destreza metacognitiva) puede entenderse como una suerte de auto-corrección de los sesgos (Facione, 2020; Hogan et al., 2015; Paul y Elder, 2004, 2020), lo que es una de las habilidades o capacidades necesarias para el desarrollo del pensamiento crítico (Facione, 2020; Lack y Rousseau, 2016; Paul y Elder, 2004, 2020; Tamayo Alzate, 2014).

En síntesis, y en términos didácticos, si entendemos que los obstáculos epistemológicos pueden analogarse con algunos sesgos cognitivos, entonces será clave desarrollar una vigilancia metacognitiva en el aula, aportando así al desarrollo de un pensamiento crítico.

Antecedentes respecto de las concepciones sobre la vacunación

La temática de la vacunación provoca diferentes reacciones en la sociedad actual. Diversos organismos internacionales coinciden en la importancia de la vacunación, y la consideran como una de las medidas de mayor impacto histórico en términos de salud pública (Amela, 2004; OMS, 2010; OPS, 2004). Gracias a la vacunación se ha conseguido erradicar a nivel mundial algunas enfermedades, disminuir su incidencia y también la mortalidad por enfermedades

infecciosas, sobre todo en niños menores de cinco años. No solo debido a la vacunación se ha logrado disminuir la mortalidad infantil, sino también debido a la mejora en el acceso al agua potable y al saneamiento, así como a la mayor cobertura y prestación integrada de intervenciones sanitarias básicas de los Estados. En tal sentido, el Estado es quien debe garantizar a los ciudadanos un acceso equitativo a las vacunas y la inmunización.

Por otro lado, existen ciertos grupos sociales popularmente llamados «anti-vacunas» que, basándose en diferentes argumentos, sugieren no vacunar a la población o permitir que sea una decisión libre y no obligatoria. Este tipo de grupos, entre otros factores, ha influido en la reaparición del sarampión en Argentina (y en otros países), una enfermedad que se creía erradicada. Entre 2019 y los primeros meses de 2020 se confirmaron 145 casos, 92 de las personas infectadas no habían sido vacunados (OPS, 2020). Lo dicho en este párrafo no niega que la cuestión sobre qué vacunas deben ser obligatorias, así como quién y cómo decide sobre la cuestión, plantea diversos problemas complejos que dan lugar a debates legítimos que podrían ser objeto de tratamiento en el aula.

Frente a esta situación, sumada a la de la pandemia mundial por la COVID-19, parece imperante repensar la enseñanza sobre la vacunación en el aula de ciencias. Sin embargo, es escasa la investigación que existe en esta temática en el área de la didáctica. Los pocos estudios disponibles sugieren que los estudiantes sostienen ciertas concepciones sobre el tema de la vacunación que se encuentran alejadas de los modelos biológicos o epidemiológicos. Por ejemplo, los estudiantes suelen tener en cuenta los riesgos de la vacunación, pero no de las enfermedades que la vacunación previene. Posiblemente esto sea porque los adolescentes no suelen percibir la gravedad en las enfermedades (Lundström et al., 2012; OPS, 2004). Respecto de la vacunación, predomina la idea de «lucha» contra la enfermedad, generalmente utilizando analogías militares. Los estudiantes otorgan al organismo una función pasiva, entendiéndolo como un espacio donde se libra esta batalla (Aidoun et al., 2016; Gómiz Aragon, 2017; López Rúa et al., 2017). No suelen brindar una descripción clara de la composición o el mecanismo de acción de las vacunas. Si bien las consideran como una forma de protección frente a las enfermedades, no especifican el tipo de protección (Aidoun et al., 2016; Gómiz Aragon, 2017) y, cuando lo hacen, sostienen que la vacuna les proporciona antibióticos para matar al virus (Romine et al., 2013).

Más en general, los estudiantes solo consideran los efectos a nivel individual y en muy pocas ocasiones relacionan los efectos que tiene la vacunación a nivel poblacional (Bihouès y Malot,

1990 citado en Gómiz Aragon, 2017). En este mismo sentido, Lundström et al. (2012) mencionan que las experiencias personales (de carácter individual) suelen ser un elemento importante en la toma de decisiones sobre la vacunación.

Además, según algunos autores (López Rúa et al., 2015, 2017) el discurso de los sujetos sobre este tema es causal simple y lineal, en el sentido de que para explicar cuestiones de vacunación tienden al empleo de un número bajo de variables, de manera lineal. Esta causalidad puede estar asociada con el modo de entender las concepciones más generales sobre la salud. Estas concepciones se encuentran alejadas de entender a la salud como algo integral o complejo, utilizando distintos niveles de análisis (Breilh, 2010; Revel Chion, 2015).

Algunos autores (Uskola et al., 2017; Zingg y Siegrist, 2012) han encontrado una asociación entre el conocimiento que tienen los sujetos sobre la vacunación y la decisión de vacunarse. Según algunos estudios, las personas con un grado de conocimiento mayor tienen más posibilidades de vacunarse que aquellas que tienen un grado de conocimiento menor. Dado que uno de los grandes objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales es que los estudiantes construyan modelos teóricos que les sirvan de insumo para la toma de decisiones, se vuelve especialmente importante el trabajo didáctico sobre las concepciones de los estudiantes en relación con este tema.

Materiales y métodos

En este trabajo exploratorio nos proponemos identificar posibles obstáculos epistemológicos que se ponen en juego al tratar la temática de la vacunación con estudiantes de nivel medio. Para ello se adoptó un enfoque de tipo cualitativo interpretativo, con un diseño de investigación que integra elementos de la teoría fundamentada (Flick, 2007; Strauss y Corbin, 1990) y otros del análisis temático (Braun y Clarke, 2013). Desde estos enfoques, el investigador produce una explicación general o teoría, respecto de un fenómeno, a partir de la organización sistemática del conjunto de datos, identificando patrones de significados. Se construyen categorías o proposiciones teóricas a partir de dos enfoques simultáneos. Por un lado, un enfoque inductivo, donde las categorías derivan del conjunto de datos y, por otro lado, desde uno deductivo, donde las categorías son aportadas por la teoría y con ellas se organizan los datos.

Participaron de esta investigación 77 estudiantes de tercer año de nivel secundario (de entre 15 y 16 años) que asisten a una escuela de gestión estatal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Argentina). Todos los estudiantes respondieron individualmente y por escrito la consigna que

se encuentra a continuación. La misma corresponde a una actividad inicial de una secuencia didáctica en la que se abordaron tres modelos científicos: modelo de sistema inmune, modelo de epidemiología y modelo de epidemiología crítica (Breilh, 2010; Delves et al., 2014).

Martina fue madre primeriza de Vittorio en diciembre del año pasado. Hoy Vitto ya tiene 3 meses y Martina se encuentra con una situación que no sabe cómo resolver. Por un lado ella, al igual que toda su familia, fue vacunada desde chiquita pero una compañera de trabajo le indicó que no debía vacunar a Vitto porque las vacunas pueden traer múltiples complicaciones. Martina buscó en internet sobre esta cuestión y aparece mucha información sobre por qué vacunar y sobre por qué no vacunar a los niños. Es por ello que les pide ayuda a ustedes.

- 1- Escríbele una nota a Martina recomendándole qué hacer. Argumenta tu propuesta.
- 2- En caso de no estar seguro sobre la recomendación ¿Qué harías?

El objetivo de esta consigna fue indagar algunas concepciones de los estudiantes sobre la decisión de vacunar a un niño, lo cual ayudará a inferir posibles obstáculos epistemológicos. Al presentar una situación problemática, la consigna facilita la expresión de estas concepciones sobre el tema en cuestión. Las respuestas recabadas sirvieron para la construcción de categorías a partir de los enfoques mencionados anteriormente. Se generaron códigos iniciales para cada respuesta, de manera de clasificar la información registrada. El esquema inicial de codificación fue siendo refinado a partir de añadir, suprimir o redefinir los códigos. Luego se categorizó, de manera de identificar un patrón en el conjunto de códigos, colapsando o realizando *clústers* de códigos que describían un patrón en los datos. Finalmente se revisaron y validaron las categorías, a partir de una triangulación entre los distintos investigadores que conforman el grupo de investigación (Flick, 2007).

Caben hacer dos aclaraciones de manera de comprender los subsiguientes análisis. Por un lado, destacar que este es un estudio exploratorio sobre los posibles obstáculos epistemológicos y que no pretendemos acabar con el universo de posibilidades que permite el marco de los obstáculos. Por otro lado, al pensar en términos de la enseñanza de cuestiones relacionadas con la vacunación no estamos reduciendo la misma al sistema inmunológico, sino que estamos comprendiendo esta cuestión de manera más holística como proponen diversos autores (Breilh, 2010; Revel Chion, 2015).

Resultados y discusión

En esta sección analizaremos las respuestas de los estudiantes en dos niveles. Primero caracterizaremos las concepciones de los estudiantes y recurriremos a los elementos del marco teórico para analizarlas. Estas concepciones nos permitirán inferir, en un segundo nivel de análisis, posibles obstáculos epistemológicos subyacentes a las concepciones de los estudiantes. Finalmente caracterizamos las relaciones entre concepciones y obstáculos.

Análisis de concepciones sobre el tema vacunación

En la tabla 1 presentamos las concepciones más sobresalientes de las respuestas de los estudiantes, las definimos y brindamos dos ejemplos para cada una. Es importante recalcar que las explicaciones completas de los estudiantes son entramados de diferentes concepciones. Esto significa que algunas explicaciones pueden ser expresiones de distintos tipos de concepciones. Entonces, y sólo a los fines ilustrativos, resaltaremos en los ejemplos aquellos indicios que darían cuenta de su inclusión en dicha categoría.

Tabla 1. Concepciones de los estudiantes sobre el tema de la vacunación. Fuente: elaboración propia.

Concepción	Definición	Ejemplos
El especialista como autoridad	Los estudiantes mencionan que para tomar una decisión sobre el tema de la vacunación es importante consultar con un especialista, que es quien más sabe del tema y puede ayudar a tomar la decisión.	<p>Primero que todo, te recomiendo que hables con un profesional, porque ¿cómo estas tan segura de que tu compañera de trabajo está en lo cierto sobre las vacunas? si vos me dijeras que ella es bióloga, bueno ahí puede que tenga algo de razón, pero si es todo lo contrario tendrías que hablar con otra gente, no te quedes con una sola opinión. Y aparte, si a vos o a tu familia nunca les trajo complicaciones no significa que justo a tu hijo le pase. (Laura)</p> <p>Antes que nada tenés que creer en vos y seguir lo que vos creas correcto porque para cualquier cosa que hagas va a haber pros y contras. Vacunar es lo mejor para prevenir enfermedades no deseadas como cualquier tipo de</p>

		<p>hepatitis. Si ella y toda su familia se vacunó, lo tiene que hacer con Vitto porque gracias a las vacunas y otros factores, todos siguen bien. Si fue una compañera y no una amiga o alguien de confianza no creo que debería seguir su opinión. Lo puede consultar con un médico que es alguien experimentado sabe lo que es mejor para el bebé de Martina. (Andrea)</p>
<p>Vacuna como garantía de prevención</p>	<p>Los estudiantes mencionan que la vacuna es un modo de prevenir las enfermedades, en el sentido de evitarlas.</p>	<p>Querida Martina: Te escribo esta carta para darte mi opinión sobre si o no tenés que vacunar a tu hijo. La verdad es que no sé, pero por mi opinión es que si lo vacunás porque vas a prevenir, lo vas a cuidar, porque si no lo vacunás tal vez le agarren enfermedades y es mejor que lo vacunes para poder prevenir esa enfermedad. Yo, ya te di mi opinión, para mí si tenés que vacunarlo pero después queda en vos si querés hacerlo. (Miranda)</p> <p>Hola Martina, yo te recomiendo vacunar a Vittorio ya que así le hacés bien tanto a él como a los que están en contacto con él. Esto es porque las vacunas sirven para prevenir distintos tipos de enfermedades o para que no se enferme ni contagie a otras. Realmente yo no se razones para no hacerlo. (Agustín)</p>
<p>Escepticismo en relación con la información</p>	<p>Los estudiantes llaman la atención sobre la información falsa de distintas fuentes, y proponen no creer todo lo que se lee o escucha.</p>	<p>Martina: A mí me parece que deberías consultar esta duda a un médico, un pediatra de confianza o alguien que esté especializado en el tema, ya que si tu amiga te dijo que no vacunes a Vitto pero no sabes el por qué, no es una fuente del todo confiable. También deberías fijarte a qué páginas de internet entraste porque el hecho de que a alguien que no sabe del tema te diga que lo hagas o no, sin un buen argumento, no es confiable. En mi</p>

		<p>opinión el doctor puede darte una mejor explicación con un buen argumento. (Gabriel)</p> <p>Yo le preguntaría a personas que la verdad sepan sobre este tema y no me conformaría mucho en internet o en mi compañera que no sé si sabe del tema. Ya que los que no saben pueden dar datos erróneos y le preguntaría a alguien que sepa cómo o un médico y depende de lo que me digan lo vacuno o no. Además no sé cómo son las complicaciones. (Amalia)</p>
Experiencia como fuente de conocimiento	Los estudiantes analizan el tema en base a sus propias experiencias o a las de personas cercanas.	<p>Lo vacunaría. Yo me vacuné y estoy sano. Mi mamá y mi papá lo mismo. Mis tíos y primos, igual. En conclusión, no conozco a nadie que se haya vacunado y tenga complicaciones. (Mario)</p> <p>Hola Martina, yo si te diría que vacunes a Vitto porque primero, que no conozco ningún caso de que haya habido complicaciones por una vacuna, es más, mírame a mí, yo tengo todas las vacunas y estoy bien. Te recomendaría igual que le preguntes a los médicos porque en internet se dice cualquier cosa. Yo si estuviera en tu situación se las daría porque creo que es una forma de prevenir las enfermedades, es más, el año pasado tuve paperas pero se me inflamó solo de un lado y la pediatra le dijo que era porque estaba vacunada (Lorena)</p>

Una primera concepción que emerge de las respuestas de los estudiantes es la que denominamos «El especialista como autoridad». Los estudiantes destacan la importancia de consultar con un profesional, debido a que conoce del tema y puede ayudar a tomar una decisión. En los ejemplos presentados (Tabla 1) las alumnas mencionan al profesional de la salud como alguien que, a partir de sus conocimientos, puede aclarar dudas sobre el tema.

Una segunda concepción de los estudiantes es la «Vacuna como garantía de prevención». Los alumnos sostienen que la vacuna es un modo de prevenir las enfermedades. Por ejemplo, Miranda propone que *«si lo vacunás porque vas a prevenir, lo vas a cuidar, porque si no lo vacunás tal vez le agarren enfermedades y es mejor que lo vacunes para poder prevenir esa enfermedad»*. En su propuesta, vacunar implica evitar la enfermedad. En algunas respuestas se indica que aumenta la defensa y que, por ello, no se contrae la enfermedad. Esta concepción podría estar asociada a la idea de «lucha» y a las analogías militares respecto de cómo el cuerpo previene ciertas enfermedades (Aidoun et al., 2016; Gómiz Aragon, 2017; López Rúa et al., 2017). Sugerimos que estos estudiantes entienden las vacunas como algo beneficioso para el sujeto, lo que puede ser un buen punto de partida para construir modelos de biología y epidemiología en las clases de ciencias, ya que, probablemente, dicha actitud los predisponga positivamente para involucrarse auténticamente en el estudio de los mecanismos de acción y demás aspectos específicos de este tema.

La tercera concepción que hemos propuesto se denomina «Escepticismo en relación con la información». Los alumnos llaman la atención sobre la información falsa que puede encontrarse en distintas fuentes y, además, sugieren no creer todo lo que se lee o escucha. En el ejemplo de Gabriel, él menciona que *«si tu amiga te dijo que no vacunes a Vitto pero no sabes el por qué, no es una fuente del todo confiable. También deberías fijarte a qué páginas de internet entraste porque el hecho de que a alguien que no sabe del tema te diga que lo hagas o no, sin un buen argumento, no es confiable. En mi opinión el doctor puede darte una mejor explicación con un buen argumento»*. En su respuesta aparecen diversas fuentes (amiga de Martina, páginas de internet, doctor) con distinto nivel de confiabilidad, tal vez con mayor grado de confianza - basado en el principio de autoridad - en el caso del doctor. Consideramos que este tipo de ideas puede ser útil para trabajar en profundidad la cuestión de la argumentación científica partiendo de un caso relevante como es el tema de la vacunación (ver, por ejemplo, Zeidler y Kahn, 2014). La cuarta concepción es la denominada «Experiencia como fuente de conocimiento». Los estudiantes utilizan su propia experiencia o la de otros para tomar una decisión sobre si vacunar o no. Lundström et al. (2012) ya habían mencionado la importancia que le otorgan a las experiencias personales los estudiantes. Acordando con autores como Lack y Rousseau (2016), consideramos que este tipo de concepciones es problemática, porque se asume que, en función de la experiencia propia, se puede extrapolar a todos los individuos. Aunque la biología humana es similar, existe variación (no solo de origen biológico, sino también de origen sociocultural)

entre los individuos, y aunque en este caso generalizar desde un caso único pueden llevar a una conclusión que consideramos aceptable o deseable ("en general, las vacunas funcionan"), consideradas en una perspectiva más amplia este tipo de inferencias es riesgoso y poco confiable ya que, muchas veces, los casos que nos resultan familiares pueden no ser representativos de la situación general. Algunos autores (Lack y Rousseau, 2016; Moore y Parker, 2017) sugieren que apelar a la experiencia para justificar una decisión puede provenir de que exageramos la evidencia para confirmar algo que creíamos de antemano (por ejemplo, que las vacunas funcionan o no lo hacen). Esta exageración puede complicar el reconocimiento de otros elementos importantes para tomar una decisión.

Como puede observarse en los ejemplos presentados en la tabla 1, las distintas concepciones pueden integrarse en una misma respuesta. Esto da cuenta de que estas concepciones no se encuentran sueltas, sino que arman un entramado coherente, que a veces es difícil de poner en discusión en el aula. A continuación, analizaremos qué obstáculos epistemológicos pueden estar sosteniendo este entramado, esto es subyaciendo a las concepciones identificadas.

Análisis de obstáculos epistemológicos

En esta sección discutiremos brevemente las relaciones entre las concepciones abordadas en la sección anterior y los posibles obstáculos epistemológicos subyacentes (Figura 1). Este análisis, a su vez, permite pensar en formas de intervención didáctica que tienden a fomentar las habilidades metacognitivas de los estudiantes como mostraremos más adelante. No se pretende analizar aquí todas las relaciones posibles entre concepciones y obstáculos epistemológicos, objetivo que, por otro lado, demandaría más espacio del que disponemos aquí.

En primer lugar, comentaremos algunas relaciones específicas (señaladas con letras en la figura 1) y, en segundo lugar, ofreceremos un breve análisis que sobre cómo varios obstáculos se relacionan y refuerzan convergiendo en varias concepciones.

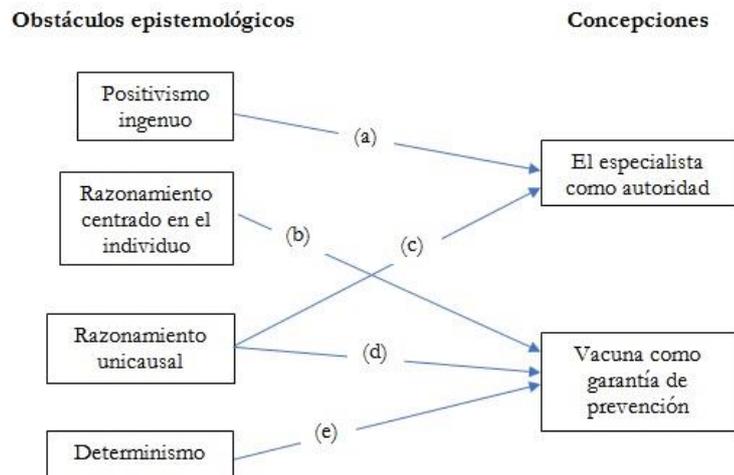


Figura 1. Relaciones entre obstáculos epistemológicos y concepciones analizados en este trabajo. Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la relación (a), la concepción que hemos denominado «El especialista como autoridad» puede interpretarse como la expresión de un obstáculo epistemológico que denominamos «positivismo ingenuo». Este obstáculo epistemológico es un modo de entender la naturaleza de la ciencia que supone que la ciencia es un corpus de conocimientos verdaderos, derivado de la aplicación de un método infalible que garantiza total objetividad (Fernández et al., 2002). Otros autores han señalado ya que ciertas concepciones sobre la ciencia pueden actuar como obstáculos epistemológicos (Fourez, 2005). Esta perspectiva se asocia frecuentemente a un enfoque tecnocrático (Fourez et al., 1998) en relación con los problemas: todo problema es un problema técnico y es la tecnociencia la que ofrece la única solución concebible. En este contexto, los especialistas (médicos en este caso particular) aparecen como los portadores de la única palabra autorizada. Esto es problemático si entendemos que los modelos que utilizan los médicos (como todo modelo, por definición) son limitados en su capacidad para explicar otras cuestiones que atañen a la salud, como las sociales, culturales, económicas, etc., donde las voces autorizadas serían otras. Sobre esta cuestión cabe señalar que, en algún sentido, esperamos que las y los estudiantes confíen en la ciencia cuando se trata de comprender cuestiones empíricas tales como la confiabilidad de las vacunas. De lo contrario,

se corre el riesgo de caer en un relativismo epistemológico extremo según el cual todas las perspectivas (¡incluida la del movimiento anti-vacunas!) serían igualmente válidas. Sin embargo, desde la perspectiva de la naturaleza de la ciencia, dicha confianza debería ser crítica en el sentido de que estar basada en la comprensión de los dispositivos sociales propios de la actividad científica que la hacen confiable (evaluación por pares, contrastación empírica, construcción de consensos, etc.) más que en el “positivismo ingenuo” antes mencionado. Dadas las numerosas investigaciones sobre las concepciones del alumnado en relación con la naturaleza de la ciencia interpretamos que es mucho más probable que la concepción “El especialista como autoridad” sea una expresión del “positivismo ingenuo” y no del tipo de comprensión profunda del quehacer científico mencionado en el que, legítimamente, podría basarse cierta confianza en la ciencia.

Sobre la relación (b), el razonamiento centrado en el individuo (Autores, 2017) puede pensarse como un obstáculo epistemológico subyacente a la concepción «Vacuna como garantía de prevención». Este obstáculo epistemológico involucra pensar que procesos de una escala supra-individual pueden explicarse a partir de procesos de la escala individual. En el caso de la vacunación, aunque es un procedimiento individual, tiene implicancias a escala poblacional, aunque sea imperceptible para el sujeto. Desde el sentido común, basado en la propia experiencia, el que se enferma es el individuo y, por lo tanto, la solución implica también una acción a escala individual. Este supuesto de las explicaciones sobre la vacunación ya había sido mencionado por otros autores (Bihouès y Malot, 1990 citado en Gómiz Aragon, 2017).

Este obstáculo epistemológico impediría comprender que, en los procesos de vacunación, la población vacunada cumple un rol fundamental en lo que se conoce como «inmunidad colectiva» (Delves et al., 2014). También, centrarse en el individuo en cuestiones de salud no permite poner en discusión el rol que cumple el estado y la salud pública en estos temas. En este sentido, tomar la decisión de vacunarse fundamentada en la ciencia, requerirá comprender no solo modelos del nivel de organización individual (como, por ejemplo, sistema inmunológico), sino también modelos epidemiológicos que explican procesos del nivel de organización poblacional (por ejemplo, los modelos de la epidemiología o la epidemiología crítica).

En relación con (c) y (d) también sugerimos que el razonamiento unicausal (Autores, 2017; Johsua y Dupin, 2005) es otro posible obstáculo epistemológico que subyace a ambas concepciones. Un análisis multidimensional que considere simultáneamente la incidencia de

otros factores causales para entender los procesos de salud resulta más complejo y difícil y, por lo tanto, menos probable. Si *la* causa es el patógeno, y los médicos son los expertos en esa materia, entonces, el médico es *la* autoridad competente. Además, si *la* causa es el patógeno, y la vacuna lo anula, entonces la vacuna es *la* solución. Este modo de razonar ya había sido mencionado por otros autores, como una forma de pensar que subyacía al discurso de los estudiantes en el sentido de que para explicar cuestiones de vacunación tienden al empleo de un número bajo de variables, de manera lineal (López Rúa et al., 2015, 2017).

Este obstáculo epistemológico dificultaría pensar en otros factores causales que son relevantes para tratar temáticas complejas tales como la vacunación, donde tienen influencia otras causas dentro del dominio de lo biológico, pero también más allá de él. Por ejemplo, evitar enfermedades no solo responde a cuestiones del sistema inmune, sino también a los sistemas de nutrición. Además, existen otros factores que pueden influir en esta situación tales como los sociales, económicos o culturales (Breilh, 2010).

Respecto de la relación (e) el determinismo supone que ciertas condiciones precedentes implican necesariamente cierto resultado posterior, es decir, excluye pensar la cuestión en términos de probabilidades. También puede interpretarse este sesgo como una dificultad para asignar probabilidades adecuadas (Kahneman, 2019), de modo que en casos como el que nos ocupa el sujeto asigna una probabilidad del 100%. Así, si alguien cree que la vacunación en algún sentido evita la infección, el determinismo lo llevará a pensar que, en realidad, la vacunación *garantiza* la no infección. Esto se relaciona también con el razonamiento unicausal, ya que lo que hace que la vacuna no sea garantía de no infección es que la infección depende de múltiples causas.

Para el caso de la enseñanza sobre la temática de la vacunación, este obstáculo epistemológico dificulta la comprensión de que los modelos de sistema inmunológico y los epidemiológicos son probabilísticos y, por lo tanto, también lo son las explicaciones derivadas de dichos modelos. Así, explicar en base a estos modelos involucra utilizar probabilidades en relación con la ocurrencia de los eventos. Por ejemplo, el modelo de inmunidad colectiva requiere pensar que, si la fracción de población no vacunada es pequeña, entonces la probabilidad de que una persona infectada se encuentre con una persona no vacunada será muy baja, y por tanto la probabilidad de que el patógeno deje de circular o propagarse o transmitirse será mayor.

Para finalizar esta sección esbozaremos un análisis, necesariamente preliminar, sobre cómo estos obstáculos epistemológicos y concepciones se entrelazan y refuerzan recíprocamente

conformado un entramado conceptual estable. La experiencia personal es una fuente privilegiada de insumos para la construcción de nuestras concepciones, y dicha experiencia está conformada por eventos a nivel individual (Razonamiento centrado en el individuo). Por otro lado, el razonamiento unicausal implica privilegiar explicaciones basadas en un único factor causal y el determinismo implica asumir relaciones deterministas entre esas causas y sus efectos, todo esto resulta en explicaciones basadas en un único factor causalmente determinante y que opera a nivel individual, lo que impide comprender que existen otros factores a escalas supraindividuales y cuyas influencias son probabilísticas. Entre esas experiencias está el hecho de haber sido vacunado y haber evitado exitosamente ciertas enfermedades. Varios autores (ver Kahneman, 2019 y Pinker, 2021) han analizado los modos en que esta tendencia a basar nuestras inferencias en casos que nos resultan cercanos y otros sesgos cognitivos nos apartan de los análisis racionales. Además, el positivismo ingenuo lleva al sujeto a pensar que las ciencias biomédicas son garantía de legitimidad y eficacia, lo que se expresa en entender al especialista no ya como una autoridad legítima, o incluso especialmente pertinente, sino como la única autoridad posible y legítima, todo lo cual refuerza la idea de que la vacuna es especialmente confiable y de que es la única causa de la no infección. En función de lo anterior puede decirse que el estudiante construye un patrón explicativo conformado por varias concepciones entramadas, concepciones que pueden verse como la expresión (local) de un conjunto de obstáculos epistemológicos (transversales).

Conclusiones e implicaciones didácticas

En este trabajo exploratorio hemos identificado posibles obstáculos epistemológicos que se ponen en juego al tratar la temática de la vacunación en estudiantes de nivel medio. En función de lo analizado podemos decir que las concepciones de los estudiantes se encontrarían atravesadas por diversos obstáculos epistemológicos como el razonamiento unicausal, el determinismo, el positivismo ingenuo y el razonamiento centrado en el individuo. Estos obstáculos explicarían, en parte, algunas de las concepciones que sostienen los estudiantes tales como que la vacuna es un modo de evitar las enfermedades o que existe cierto escepticismo sobre la información.

Consideramos que estos obstáculos epistemológicos pueden dificultar la comprensión de algunos aspectos de los modelos de sistema inmune y epidemiológicos, e identificarlos puede ayudar a pensar en modos de regularlos cuando se están construyendo o utilizando dichos

modelos en un aula. En este sentido, la regulación de estos obstáculos no puede pensarse desligada de los modelos que se desea enseñar, los cuales podrán ser utilizados para pensar críticamente sobre el tema de la vacunación. Desde el marco teórico se sugiere que el trabajo didáctico implique tres aspectos centrales (Astolfi y Peterfalvi, 2001): (1) desestabilización del obstáculo epistemológico, (2) reconstrucción conceptual e (3) identificación del obstáculo en otros contextos. El tercer aspecto, centrado en la metacognición, es el más específico de este enfoque. En otros trabajos (Autores, 2020) hemos sugerido que el principal objetivo en relación con ese tercer aspecto consiste en favorecer el desarrollo, por parte de los estudiantes, de una «vigilancia metacognitiva» sobre el obstáculo epistemológico abordado. Esta «vigilancia metacognitiva» implicaría saber en qué consiste dicho modo de razonar, ser capaz de reconocer sus múltiples expresiones y ser capaz de regular su uso (esto es, poder decidir conscientemente cuándo esa forma de pensar puede o no utilizarse, y basar dicha decisión en el recurso a ciertos modelos científicos). Los análisis previos, juntos con estas orientaciones didácticas, permiten concebir modos particulares de trabajar en relación con las concepciones y obstáculos epistemológicos identificados en relación con la vacunación. Así, por ejemplo, los docentes pueden ayudar a los estudiantes a tomar conciencia de que cuando asumen que la vacunación determina la no infección están pesando en términos de causas únicas (razonamiento unicausal) y de un modo determinista. Muchas veces no está al alcance de los estudiantes identificar por sí mismos el obstáculo epistemológico subyacente, en tal caso debe ser el docente quien explícitamente lo señale. Tras explicar en qué consiste el obstáculo epistemológico en cuestión, el docente puede consensuar con los estudiantes un término para referirse a dicho obstáculo. Esta denominación, a su vez, permite la construcción de soportes simbólicos materiales (por ejemplo, un póster que se cuelga en el aula) que faciliten la recuperación posterior de esa idea. Luego se puede trabajar en la identificación de otras expresiones del mismo obstáculo epistemológico: ¿qué otras ideas sobre diversos temas pueden verse como expresiones de este modo de razonar? ¿En qué momentos de nuestra vida cotidiana es útil este modo de razonar? Y ¿En qué casos ese modo de pensar es aceptable o, por el contrario, problemático? En relación con esta última cuestión el docente deberá introducir nuevas variables. Por ejemplo, podría aportar información que mostrara que por más que una persona esté vacunada su sistema inmunológico podría no funcionar correctamente (por ejemplo, por una mala alimentación, por altos niveles de estrés crónico o porque la inmunidad decae con el tiempo) en cuyo caso podría enfermarse de todos modos. Este análisis, además, facilitaría la comprensión de que -contra el

determinismo- la vacunación solo cambia la probabilidad de enfermar. Este tipo de análisis contribuiría a la construcción de un modelo explicativo multidimensional que serviría de referencia teórica para «vigilar» el uso del razonamiento unicausal y del determinismo. De esta manera se podrá fomentar el pensamiento crítico, no sólo a partir de la regulación de los modos de razonar, sino también a partir de la adquisición de ciertos modelos científicos que ayuden, a modo de herramientas, para tomar decisiones (Facione, 2020; Lack y Rousseau, 2016).

Para finalizar, creemos que es importante resaltar que aportar en la dirección de la regulación de los obstáculos epistemológicos puede ayudar a empoderar a los estudiantes para distinguir los discursos simplistas, basados en obstáculos, sobre el tema vacunación y también incorporar al análisis el rol del estado y la salud pública.

Bibliografía

- Aidoun A.; Mahdi K.; Tarichen A.; Zerhane R.; Madrane M.; Janati-Idrissi R. y Laafou M. (2016). Students' perceptions on some immunological concepts. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 16 (3), 503-512.
- Amela, C. (2004). *Epidemiología de las Enfermedades Incluidas en un Programa de Vacunación. Monografía de la Sociedad Española de Epidemiología*. Madrid: Editorial Médica Internacional S.A.
- Astolfi, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 206-216.
- Astolfi, J. P. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista Educación y Pedagogía*, 11 (25), 151-171.
- Astolfi, J. P. (2003). *Aprender en la escuela* (2 ed.). Chile: Comunicaciones Noreste Ltda.
- Astolfi, J. P. y Peterfalvi, B. (2001). Estrategias para trabajar los obstáculos: dispositivos y resortes. En Camilloni, A. (Comp.), *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza* (pp. 191-223). Barcelona: Gedisa.
- Bachelard, G. (1984). *La formación del espíritu científico*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Barragués Fuentes, J. y Guisasola Aranzabal, J. (2006). La introducción de los conceptos relativos al azar y la probabilidad en libros de textos universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), 241-256.
- Braun, V. y Clarke, V. (2013). *Successful qualitative research: A practical guide for beginners*. Los Ángeles: Sage.

- Breilh, J. (2010). La epidemiología crítica: una nueva forma de mirar la salud en el espacio urbano. *Salud colectiva*, 6(1), 83-101.
- Camilloni, A. (2001). *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*. Barcelona: Gedisa.
- Carretero, M. (2009). *Constructivismo y Educación*. Buenos Aires: Paidós.
- Cosmides, L. y Tooby, J. (2002). Orígenes de la especificidad de dominio: la evolución de la organización funcional. En Hirschfeld, L. y Gelman, S. (Comps.), *Cartografía de la mente: la especificidad de dominio en la cognición y en la cultura* (pp.132-171). Barcelona: Gedisa.
- De Vecchi, G. y Giordan, A. (2006). *Guía práctica para la enseñanza científica*. Sevilla: Diada Editorial.
- Delves, P.; Martin, S.; Burton, D. y Roitt, I. (2014). *Roitt. Inmunología. Fundamentos* (12 ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Evans, E. (2018). Bridging the Gap: From Intuitive to Scientific Reasoning - The Case of Evolution. En Rutten, K.; Blancke, S. y Soetaert, R. (Eds.), *Perspectives on science and culture* (pp. 131-148). Indiana: Purdue University Press.
- Evans, E. y Rosengren, K. (2018). Cognitive biases or cognitive bridges? En Kampourakis, K. (Ed.), *Teaching Biology in Schools* (pp. 9-21). New York: Routledge.
- Facione, P. (2020). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. California: Insight Assessment.
- Fernández, I.; Gil, D.; Carrascosa, J.; Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.
- Flick, U. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
- Fourez, G. (2005). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- Fourez, G.; Englebert-Lecompte, V. y Mathy, P. (1998). *Saber sobre nuestros saberes. Un léxico epistemológico para la enseñanza*. Buenos Aires: Colihue
- Gómiz Aragón, M. (2017). Propuesta de análisis de las ideas del alumnado de 3º de ESO sobre las vacunas y la vacunación. Un estudio de aproximación (Tesis de maestría). Universidad de Cádiz, España.
- González Galli, L. (2011). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, Argentina.

- González Galli, L. (2019). Enseñanza de la Biología y pensamiento crítico: la importancia de la metacognición. *Revista de educación en biología*, 22 (2), 4-24.
- González Galli, L. y Meinardi, E. (2017). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes universitarios de biología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (3), 435-449.
- González Galli, L.; Pérez, G. y Gómez Galindo, A. (2020). The self-regulation of teleological thinking in natural selection learning. *Evo Edu Outreach*, 13 (6).
- Halpern, D. (2013). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*. New York: Psychology Press.
- Hogan, M.; Dwyer, C.; Harney, O.; Noone, C. y Conway R. (2015). Metacognitive Skill Development and Applied Systems Science: A Framework of Metacognitive Skills, Self-regulatory Functions and Real-World Applications. En Peña-Ayala, A. (Ed.), *Metacognition: Fundamentals, Applications, and Trends. A Profile of the Current State-Of-The-Art* (pp. 75-106). Suiza: Springer.
- Johsua, S. y Dupin, J. (2005). *Introducción a la didáctica de las ciencias y la matemática*. Buenos Aires: Colihue.
- Kahneman, D. (2019). *Pensar rápido, pensar despacio*. Buenos Aires: Debate.
- Kuhn, D. (2012). *Enseñar a pensar*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Lack, C. y Rousseau, J. (2016). *Critical thinking, science, and pseudociencia. Why we can't trust our brains*. New York: Springer.
- López Rúa, A.; Orrego Cardozo, M. y Tamayo Alzate, O. (2015). Análisis del discurso escrito de estudiantes universitarios acerca de la inmunidad. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, Edición Extraordinaria, 1692-1700.
- López Rúa, A.; Orrego Cardozo, M. y Tamayo Alzate, O. (2017). Inmunidad: modelos mentales de estudiantes universitarios. Actas del X congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, Sevilla, España, 5-8 de septiembre. ISSN: 2174-6486.
- Lundström, M.; Ekborg, M. y Ideland, M. (2012). To vaccinate or not to vaccinate: how teenagers justified their decision. *Cultural Studies of Science Education*, 7(1), 193-221.
- Meinardi, E.; González Galli, L.; Revel Chion, A. y Plaza, M.V. (2010). *Educación en Ciencias*. Buenos Aires: Paidós.
- Moore, B. y Parker, R. (2017). *Critical thinking* (12 ed.). Boston: McGraw-Hill.

OMS (2010). Vacunas e inmunización: situación mundial, tercera edición. Ginebra, Organización Mundial de la Salud.

OPS (2004). Vacunas: prevención de enfermedades y protección de la salud. Publicación científica y técnica n° 596. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud.

OPS (2020). Actualización Epidemiológica: Sarampión. 28 de febrero de 2020. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud.

Paul, R. y Elder, L. (2004). *The Thinker's guide for conscientious citizens on how to detect media bias & propaganda in national and world news*. Londres: Rowman & Littlefield.

Paul, R. y Elder, L. (2020). *The Miniature Guide to Critical Thinking Concepts and Tools* (8th Ed.). Londres: Rowman & Littlefield.

Pérez, G.; Gómez Galindo, A. y González Galli, L. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2102.

Peterfalvi, B. (2001). Identificación de los obstáculos por parte de los alumnos. En Camilloni, A. (Comp.), *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza* (pp. 127-168). Barcelona: Gedisa.

Pinker, S. (2021). *Racionalidad. Qué es, por qué escasea y cómo promoverla*. Barcelona: Paidós.

Pozo, J. (2016). *Aprender en tiempos revueltos. La nueva ciencia del aprendizaje*. Madrid: Alianza.

Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2015). El modelo de expresión de los genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12 (1), 55-65.

Revel Chion, A. (2015). *Educación para la salud. Enfoques integrados entre salud humana y ambiente. Propuestas para el aula*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Paidós.

Romine, W.; Barrow, L. y Folk, W. (2013). Exploring secondary students' knowledge and misconceptions about influenza: Development, validation, and implementation of a multiple-choice influenza knowledge scale. *International Journal of Science Education*, 35(11), 1874-1901.

Ronfard, S.; Brown, S.; Doncaster, E. y Kelemen, D. (2021). Inhibiting intuition: Scaffolding children's theory construction about species evolution in the face of competing explanations. *Cognition*, 211, 104635.

Stamos, D. (2008). *Evolución. Los grandes temas: sexo, raza, feminismo, religión y otras cuestiones*. Barcelona: Biblioteca Buridán.

Strauss, A. y Corbin, J. (1990). *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*. Newbury Park: Sage.

Tamayo Alzate, O. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 22-45.

Uskola, A; Maguregi, G. y Burgoa, B. (2017). Toma de decisión sobre la vacunación en contextos de ámbito personal y social en futuros docentes. *Enseñanza de las ciencias*, Extra, 4485-4490.

Zeidler, D. y Kahn, S. (2014). *It's debatable!: using socioscientific issues to develop scientific literacy*. Virginia, Estados Unidos: National Science Teachers Association Press.

Zingg, A. y Siegrist, M. (2012). Measuring people's knowledge about vaccination: developing a one-dimensional scale. *Vaccine*, 30(25), 3771-3777.