



REPENSAR LA ENSEÑANZA ACERCA DE LA VACUNACIÓN A PARTIR DE LA MODELIZACIÓN ESCOLAR Y LA REGULACIÓN METACOGNITIVA SOBRE LOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Autores. 1. Gastón Mariano Pérez. 2 Cinthia Karen Alegre 3. Betina Ayelén Cupo 4. Leonardo Martin González Galli. 1.Instituto de Investigaciones CeFIEC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires 1,2,3,4. gastonperezbio@gmail.com 1, renka301980@gmail.com 2, betinacupo@gmail.com leomgalli@gmail.com

Tema. Eje temático 7.

Modalidad. 2. Nivel educativo universitario.

Resumen. Actualmente la cuestión de la vacunación es un tema relevante socialmente, ya que tiene gran impacto en las políticas sanitarias. Comprender los modelos científicos involucrados en esta temática es un desafío para la formación docente. Es por ello que en este trabajo presentamos tres ejes que permiten fundamentar la construcción de propuestas didácticas dirigidas a la formación docente respecto de la vacunación. Estos ejes contemplan: los modelos de la biología y de la epidemiología, los elementos de la modelización escolar útiles para la comprensión de la naturaleza de los modelos científicos y, por último, la propuesta de la regulación metacognitiva sobre los obstáculos epistemológicos que influyen en el aprendizaje de los modelos asociados al tema vacunación.

Palabras claves. Vacunación, modelización escolar, obstáculos epistemológicos, sistema inmune.

Introducción

En los tiempos que corren, en distintas regiones latinoamericanas, se ha visto un fuerte aumento de grupos denominados “antivacunas” que, basándose en diferentes argumentos, sugieren no vacunar a la población o permitir que sea una decisión libre y no obligatoria. La influencia de estos grupos, así como de otros factores, ha incidido en que en los últimos años se produzca un aumento significativo del número de casos de enfermedades que se creían erradicadas, tales como el sarampión (OPS, 2020). Estos movimientos antivacunas, además, tienen impacto en las políticas sanitarias que están llevando adelante los gobiernos frente a la pandemia del covid-19.

Esta situación constituye un desafío para los futuros profesores y es por ello por lo que consideramos que el reto de la formación docente está en ofrecer instancias que les permitan comprender los elementos teóricos que ayuden a deconstruir los discursos pseudocientíficos. Más precisamente, que los futuros docentes comprendan los modelos científicos de la biología, la naturaleza de los mismos en términos de sus alcances y limitaciones, y los obstáculos epistemológicos que atraviesan su construcción en el aula de clases. Los que mencionamos creemos que, además, podrían ser ejes posibles para repensar una enseñanza de la biología que fomente el pensamiento crítico del profesorado.

El presente trabajo tiene como objetivo principal comunicar los fundamentos para la construcción de propuestas didácticas sobre el tema de la vacunación para la formación de docentes, desde los marcos teóricos de la biología y la epidemiología, de la modelización escolar y de la regulación de los obstáculos epistemológicos.

Desarrollo conceptual

La investigación en didáctica de la biología respecto de la enseñanza sobre cuestiones de vacunación propone que los estudiantes poseen ciertas concepciones sobre el tema de la vacunación que se encuentran alejadas de los modelos biológicos o epidemiológicos. En particular, cabe destacar dos grandes ideas que tienen relación con la propuesta de este artículo. Por un lado, los estudiantes suelen considerar los efectos a nivel individual de la vacunación, en detrimento de los efectos a nivel poblacional (Gómiz Aragon, 2017). Por otro lado, algunos autores (López Rúa, Orrego Cardozo y Tamayo Alzate, 2017) focalizan en que el razonamiento de los estudiantes sobre esta temática puede describirse como 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 en que los sujetos entienden a la salud, en contraposición con una mirada holística, integral y compleja como describen algunos autores (Breilh, 2010a, 2010b; Revel Chion, 2015).

Tomando como punto de partida estas concepciones generales, esbozaremos tres ejes que permitirán repensar las propuestas didácticas sobre la temática de la vacunación en la formación docente.

Eje 1: Fundamentos desde los modelos de la biología y la epidemiología

El fenómeno de la vacunación es un problema complejo que requiere de múltiples modelos científicos para poder analizarse. Estos modelos involucrarán diferentes elementos teóricos que permitirán explicar cuestiones a nivel de los individuos o a nivel de la población. Consideramos, como mínimo, tres modelos que sería importante trabajar en la formación docente: modelo de sistema inmune, modelo de inmunidad colectiva y modelo de epidemiología crítica.

Dado que nos centramos en el fenómeno de la vacunación, el modelo de sistema inmune que podría ayudar a pensar sobre este fenómeno carecerá de algunos elementos teóricos clásicos de la enseñanza tradicional. En tal sentido será un modelo simplificado que no requerirá, por ejemplo, la distinción entre linfocitos T o B. El primer elemento teórico relevante del modelo corresponderá a la idea de antígeno, como aquellas proteínas de membrana específicas que distinguen a los diferentes patógenos entre sí. Las vacunas contienen diversos componentes, entre ellos estos antígenos que desencadenarán una respuesta inmune. El segundo elemento teórico implicará entender el funcionamiento de los glóbulos blancos o linfocitos, en el sentido de que serán las células encargadas de detectar organismos extraños para el cuerpo como los patógenos. Para hacerlo, estas células poseen en su membrana proteínas denominadas anticuerpos. Estos anticuerpos se generan al azar, y cada linfocito posee un anticuerpo distinto, lo que permite que detecten gran variedad de patógenos extraños (Delves et al., 2014). El tercer elemento teórico relevante incluye la detección del patógeno mediante el “encastre” antígeno-anticuerpo que desencadenará dos respuestas (la cuáles corresponderán al cuarto y quinto elemento teórico): (1) Proliferación clonal. El linfocito en cuestión se divide varias veces por mitosis generando múltiples clones. Estos clones poseerán el anticuerpo específico que servirá para atacar a la población de patógenos que se encuentra en el cuerpo. (2) Memoria celular. Algunos de los clones se reservan en el cuerpo como células de memoria para hacer frente a una posible reinfección con el mismo patógeno. Estos elementos que mencionamos permiten caracterizar la respuesta inmune como antígeno-específica. Cuando hay una nueva infección por el mismo patógeno, la respuesta tarda menos porque actúan las células de memoria. Así aumenta más rápidamente el número de anticuerpos en la sangre y los patógenos tardan menos en ser neutralizados. En esta segunda respuesta se vuelven a generar más células de memoria que se guardarán como reserva. En general, las vacunas, se basan en la idea de la memoria celular, aunque podemos encontrar algunos otros mecanismos diferentes (Delves et al., 2014).

El modelo que describimos permite realizar análisis a nivel individual de los organismos, y en este sentido podemos encontrar que es limitado para explicar los procesos poblacionales relacionados con la vacunación. Por ejemplo, si se requiere discutir con los futuros docentes que no es necesario vacunar al 100% de la población para erradicar una enfermedad como la rubeola o el sarampión, el modelo de sistema inmune no nos ofrecerá respuesta y será necesario echar mano de otro modelo como el de inmunidad colectiva.

El modelo de inmunidad colectiva podría explicar fenómenos como el que mencionamos antes, a partir de distintos elementos teóricos, haciendo foco en el nivel de organización poblacional. El primer elemento relevante es el parámetro R_0 , definido como el número de casos secundarios que podría producir una persona infectada, durante su período de infectividad, en una población completamente susceptible (Amela, 2004). Es un parámetro básico en el estudio de las enfermedades infecciosas y tiene gran importancia para las aplicaciones de la salud pública. Incluso fue uno de los parámetros mencionados por los medios de comunicación durante la pandemia generada por el covid-19.

El segundo elemento teórico es lo que se denomina porcentaje crítico de población, el cual representa una medida numérica simple de la inmunidad de grupo. Indica que si la proporción de personas inmunes es suficientemente alta (dependiendo de cada infección), la probabilidad de que se encuentren una persona infectada y una susceptible será muy baja. Así la circulación del microorganismo se interrumpirá. De esto se desprende que no es necesario vacunar a toda la población para evitar la difusión de una infección, lo que dependerá, a su vez, del potencial de transmisión de la infección (medido por el valor de R_0) (Amela, 2004).

Este modelo descripto tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, solo serviría para enfermedades que dependen de la transmisión humana, no para las que dependen de otro vector, porque el microorganismo no se elimina dado que tiene reservorios en otros lugares. Esto puede ser el caso del virus de la enfermedad Hantavirus. Otra de las limitaciones, es que el modelo no tiene en cuenta a los actores sociales que intervienen en los procesos epidemiológicos. Por ejemplo, el modelo no permitiría explicar por qué la cantidad de muertos por covid-19 en poblaciones como la norteamericana tiene mayores niveles en grupos étnicos negros que en grupos étnicos blancos (Rutherford, 2020). Para entender estas cuestiones, consideramos que un tercer modelo puede ser útil en la formación de los docentes: el modelo de epidemiología crítica.

Este modelo, que denominaremos de epidemiología crítica, está basado en los trabajos del médico ecuatoriano Jaime Breilh (2010a, 2010b) que enfatiza las relaciones entre la salud y las condiciones resultantes de la distribución del poder y de las desigualdades sociales, lo que consideramos un elemento clave para pensar en nuestros contextos latinoamericanos. El primer elemento teórico del modelo correspondería a la dimensión general de la salud, que involucraría pensar en la incidencia del Estado, las empresas públicas y las privadas en los procesos de salud. Esta dimensión permite incluir actores sociales que el anterior modelo presentado no tenía en cuenta, así como pensar en la incidencia de los sistemas de acumulación, los sistemas de producción, las políticas y expresiones del Estado y los procesos generales de la cultura. El segundo elemento correspondería a la dimensión particular, que incluye el análisis sobre la pertenencia a ciertos grupos sociales y la relación entre sus modos de vida, sus patrones típicos de exposición a procesos nocivos para la salud colectiva y sus patrones característicos de vulnerabilidad grupal a dichos procesos nocivos. Este elemento sería relevante para explicar la distinción entre la proporción de muertes por covid-19 en distintos grupos étnicos. Por último, el tercer elemento teórico incluye la dimensión singular, que corresponde a los procesos individuales como el estilo de vida de las personas y de sus rasgos fenotípicos y genotípicos.

Eje 2: Fundamentos desde el marco de la modelización escolar

El segundo eje que desarrollaremos está basado en la perspectiva epistemológica semántica, que tiene como elemento central al concepto de modelo científico (Adúriz-Bravo y Ariza, 2014). Desde esta perspectiva, los modelos son entidades abstractas, no lingüísticas, que permiten a los sujetos explicar, predecir y transformar el mundo en el que viven.

Los modelos poseen diversas características, pero sólo rescataremos algunas a los fines de este trabajo. Una de ellas es que los modelos no representan todos los elementos de la realidad, en este sentido, no son “copias” directas de la realidad. Este punto es relevante para entender que ningún modelo de la biología (o de la epidemiología) podrá captar todos los elementos del fenómeno complejo de la vacunación. Como hemos descrito en el apartado anterior, cada uno de los tres modelos propuestos permite identificar ciertos elementos del fenómeno y no otros.

Otra de las características de los modelos es que la relación entre el modelo y el mundo no es de verdad o falsedad, ya que ninguno constituye una entidad lingüística. Entonces la relación que se establece entre ambos es una relación de semejanza en ciertos grados, para ciertos aspectos y con ciertos propósitos. Dado esto, pueden existir múltiples modelos que representen una misma realidad. El ajuste de cada uno de ellos no será global sino relativo (Giere, 1992). En este sentido consideramos relevante hacer hincapié en que todos los modelos tendrán limitaciones, en el sentido de que podrán representar ciertos aspectos de la realidad, pero no otros. Para el caso de la temática que aquí nos convoca, modelos como el de sistema inmune podrán representar ciertos aspectos de la biología individual de los sujetos, pero serán limitados para explicar procesos poblacionales respecto de la inmunidad colectiva.

Consideramos que trabajar estas ideas claves respecto de la naturaleza de los modelos científicos en la enseñanza de cuestiones asociadas a la vacunación, permitirá una mejor comprensión de la biología, pero también abordar algunos tópicos de naturaleza de las ciencias, de manera de desarrollar en los futuros docentes una vigilancia epistémica respecto de la disciplina que enseñarán.

Eje 3: Fundamentos desde la regulación de los obstáculos epistemológicos

Los obstáculos epistemológicos refieren a modos de razonar que tenemos los sujetos, que son funcionales ya que nos permiten desenvolvemos en el mundo en el que vivimos, son transversales ya que no corresponden a un único dominio del conocimiento, y son conflictivos en tanto que dificultan el aprendizaje de los modelos científicos contra-intuitivos (Astolfi, 1994; González Galli et al., 2020). Dada su funcionalidad en la vida cotidiana, estos modos de razonar no serían eliminables, por lo que el trabajo didáctico que se propone es el desarrollo de una vigilancia metacognitiva. Dicha vigilancia está relacionada con dos componentes de la metacognición. Por un lado, un conocimiento metacognitivo por parte de los estudiantes sobre estos obstáculos, que implica saber sobre su existencia, así como ser conscientes sobre cómo estos influyen en la construcción de modelos. Por otro lado, una regulación metacognitiva que implicará procesos de control sobre estos modos de razonar (tales como planificar, monitorear o evaluar) cuando se resuelve alguna situación o se construye alguna explicación.

Respecto de la enseñanza y el aprendizaje de la temática de la vacunación, y basándonos en indagaciones previas, consideramos que existen al menos dos obstáculos epistemológicos que dificultarán el aprendizaje de los modelos antes descritos. El primero es el razonamiento unicausal, que involucra pensar 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, facilita 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 «las vacunas sirven para que la persona no se enferme» o «el problema de la vacunación es una cuestión de educación de las personas». Para el caso del aprendizaje de los modelos relacionados con la vacunación, este razonamiento impide comprender que en cuestiones relacionadas con la salud existen múltiples causas interactivas que podrían aportar a entender el problema como hemos mostrado en el análisis del eje 1.

El segundo obstáculo es el razonamiento determinista, que implica asumir que el estado actual de un sistema determina su estado futuro, sin una asignación de probabilidades a los posibles estados futuros alternativos (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. Algunas expresiones que pueden aparecer en el aula son «si te vacunan, entonces no te vas a enfermar» o «si estuviste en contacto con un contagiado, entonces te vas a enfermar». Este razonamiento determinista impedirá comprender que los modelos como los de sistema inmune 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.

Considerar la regulación de los obstáculos epistemológicos en la formación docente, permitirá desarrollar una vigilancia metacognitiva en los futuros profesores, lo que luego podrá ayudarlos a modelizar estas estrategias metacognitivas al enseñar los modelos de la biología en el nivel secundario.

Conclusiones

En este trabajo hemos caracterizado tres ejes que pueden ser el fundamento para la construcción de secuencias didácticas sobre la temática de la vacunación en la formación de docentes de biología, aunque también pueden servir para pensar en la enseñanza a nivel medio. Consideramos que estos ejes pueden ofrecer pistas para desarrollar una comprensión más robusta de los modelos de la biología y la epidemiología, incluyendo a la regulación de los obstáculos epistemológicos como un proceso que no puede escindirse del de modelización (Pérez, 2021).

Consideramos que, además, este modo de trabajo contribuye a una formación de profesores que apele a la construcción de un pensamiento crítico, en particular incidiendo en la reflexión sobre los propios modos de pensar, en evaluar múltiples perspectivas de una situación y en comprender la naturaleza de las explicaciones científicas y pseudocientíficas.

Quedan abiertas diversas preguntas que pueden dar origen a líneas de investigación tales como ¿En qué medida el aprendizaje basado en estos ejes permitirá desarrollar el pensamiento crítico? ¿Qué otros modelos científicos serán relevantes para profundizar en la cuestión de la vacunación?

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. y Ariza, Y. (2014). Una caracterización semanticista de los modelos científicos para la ciencia escolar. *Bio-grafía - Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7 (13), 25-34.
- 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.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021
Modalidad On Line – Sincrónico

-
- 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.
- Breilh, J. (2010a). La epidemiología crítica: una nueva forma de mirar la salud en el espacio urbano. *Salud colectiva*, 6(1), 83-101.
- Breilh, J. (2010b). *Las tres 'S' de la determinación de la vida. 10 tesis hacia una visión crítica de la determinación social de la vida y la salud*. En Passos Nogueira, R. (Ed), *Determinacao social da saúde e reforma sanitária*, (pp. 87-126). Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Estudos de Saúde.
- 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.
- Delves, P., Martin, S., Burton, D., Roitt, I. (2014). *Roitt. Inmunología. Fundamentos* (12 ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- 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., Pérez G., Gómez Galindo A. (2020). The self-regulation of teleological thinking in natural selection learning. *Evo Edu Outreach*, 13(6).
- Kahneman D. (2019). *Pensar rápido, pensar despacio*. Buenos Aires: Debate.
- López Rúa A., Orrego Cardozo M., 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.
- OPS (2020). *Actualización Epidemiológica: Sarampión*. 28 de febrero de 2020. Washington DC: Organización Panamericana de la Salud.
- Pérez, G. (2021). La regulación metacognitiva de los obstáculos epistemológicos en la construcción de modelos de biología evolutiva en la escuela media (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires, Argentina.
- 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.
- Rutherford, A. (2020). *How to argue with a racist: what our genes do (and don't) say about human difference*. New York: The Experiment.