



Líneas argumentativas de profesores de biología sobre el origen del coronavirus SARS-CoV-2

Lines of Argument of Biology Teachers on the Origin of the SARS-CoV-2 Coronavirus

Tatiana Iveth Salazar-López

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Monterrey, Apodaca, Nuevo León, México
tatiana_salazar@cinvestav.mx

Mauricio Carrillo-Tripp

Laboratorio de la Diversidad Biomolecular, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Monterrey, Apodaca, Nuevo León, México
mauricio.carrillo@cinvestav.mx

RESUMEN • En esta investigación nos proponemos avanzar sobre el estudio de la incorporación de pruebas para argumentar. Partimos de la cuestión sociocientífica del SARS-CoV-2 utilizando una noticia mediática acerca de su creación en el laboratorio. El objetivo fue describir la evolución de líneas argumentativas realizadas por cuatro profesores en un curso de una maestría profesionalizante en Educación en Biología. Analizamos los argumentos escritos en un cuestionario en dos momentos, por medio de un modelo de seis niveles epistémicos considerando el uso de datos y teorías para construir una conclusión sobre la noticia. Los resultados evidencian que no se incorporaron datos del nivel epistémico asociado a la estructura primaria en ninguno de los momentos. Sin embargo, se encontraron cambios respecto al nivel epistémico asociados a la estructura terciaria y cuaternaria del virus.

PALABRAS CLAVE: Uso de pruebas; Formación permanente; Infodemia; Espiga o *spike*; Mutación.

ABSTRACT • In this work, we investigate the incorporation of evidence in a line of argument. We start from the SARS-CoV-2 socio-scientific issue, based on a news story about the creation of the virus in a laboratory. The goal was to describe the evolution of the line of argument undergone by four teachers during a biology class at a professionalizing master's degree in Education in Biology. We analyzed the written arguments derived from a questionnaire at two different times. We used a six-level epistemic model that considers incorporation of data and theories into the conclusion about the veracity of the news. The results show that teachers did not incorporate data at the epistemic level associated with the virus primary structure at any time. Nevertheless, we found changes at the epistemic level associated with the tertiary and quaternary structure of the virus.

KEYWORDS: Use of evidence; Continuing education; Infodemic; Spike; Mutation.

Recepción: febrero 2021 • Aceptación: mayo 2021

INTRODUCCIÓN

La relevancia de promover el desarrollo de la habilidad argumentativa en la enseñanza de las ciencias puede justificarse en dos sentidos. Por un lado, las ciencias naturales son áreas del conocimiento que tienen un lenguaje y prácticas particulares. Destacamos la argumentación como un proceso de negociación que tiene lugar entre los miembros de la comunidad científica cuando se realiza la validación del conocimiento científico (Sanmartí, Izquierdo y García, 1999) indicando la naturaleza social de la construcción de dicho conocimiento (Driver, Newton, y Osborne, 2000). Por otro lado, cuando los estudiantes participan en contextos de aprendizaje en los que la argumentación es posible, se estimula el razonamiento científico, pues argumentar es evaluar y producir enunciados basados en pruebas (Jiménez Aleixandre, 2010). En síntesis, la argumentación posibilita que los estudiantes desarrollen un lenguaje científico, razonen apoyándose en criterios racionales y reconozcan elementos de la naturaleza de la actividad científica.

Los resultados de investigaciones previas corroboran la importancia de continuar avanzando sobre el desarrollo de esta habilidad y dedicar esfuerzos sobre la formación de profesores, ya que son un agente clave para promoverla en las aulas de ciencias naturales. Sin embargo, de acuerdo con la revisión de Archila (2012), es sobre estos profesionales que se encuentran menos estudios reportados. De esa manera, la formación de profesores debe propiciar espacios en los que este profesional vivencie experiencias de aprendizaje en contextos argumentativos auténticos, con el fin de que estas sean una referencia para diseñar sus propias propuestas de enseñanza.

En este trabajo, reportamos una investigación enfocada a promover el desarrollo de la habilidad argumentativa en profesores de biología, partiendo de una cuestión sociocientífica (CSC) sobre las noticias del origen del coronavirus SARS-CoV-2 que han circulado en medios de comunicación, en particular una que presenta que el virus pudo ser construido en un laboratorio. Este contexto demandó que los profesores se posicionaran sobre la veracidad o falsedad de la noticia. Para ello, se fomentó el desarrollo del razonamiento argumentativo en el cual el uso de pruebas y teorías fue fundamental para elaborar una conclusión. En consecuencia, pretendemos contribuir a los estudios sobre la incorporación del uso de pruebas para argumentar.

La pregunta de investigación que orientó este estudio fue: ¿Qué caracterizó la evolución de las líneas argumentativas que construyeron los participantes, antes y después de obtener datos y construir pruebas en el contexto de la CSC? El análisis se basó en un modelo de niveles epistémicos, en el que destacó el uso de datos para construir pruebas que justificasen sus conclusiones.

LAS CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS COMO UN CONTEXTO PARA LA ARGUMENTACIÓN

Las CSC se caracterizan por involucrar problemas sociales que tienen conexiones con la producción del conocimiento científico. En la enseñanza de las ciencias, estas se plantean como un escenario para la construcción de contextos de aprendizaje que promueven la participación de los estudiantes y resultan ser estimulantes. Las CSC implican problemas complejos atravesados por diversas dimensiones (sociales, políticas y culturales, entre otras), en los que se construyen opiniones que tienen implicaciones individuales y sociales (Sadler, 2009; Ratcliffe y Grace, 2003; Zangori et al., 2017).

A pesar de que existe evidencia de grandes contribuciones en los aprendizajes de los estudiantes cuando se parte de CSC, su incorporación en la enseñanza de las ciencias ha sido tímida, reportándose una planificación e implementación limitada (Sadler et al., 2015). No obstante, existen investigaciones que han empleado las CSC para promover el desarrollo de la habilidad argumentativa (Albe, 2008; Atabey y Topçu, 2017; Craig-Hare, Ault y Rowland, 2017; Dawson y Venville, 2013; Zohar y Nemet, 2001).

En general, conceptualizamos la argumentación como una práctica social que se emplea en diferentes contextos discursivos. Como práctica social, se refiere a que el discurso argumentativo implica el intercambio entre interlocutores, pues todo argumento individual puede ser controvertido a favor o en contra. En consecuencia, se ha considerado que la argumentación es básicamente social y opera en un contexto social (Kolstø y Ratcliffe, 2007).

Un aspecto que ha sido de interés en el estudio de la argumentación está relacionado con la forma en que las pruebas se incorporan para elaborar justificaciones y conclusiones (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2011; Varela, Blanco y Díaz, 2020; Zohar y Nemet, 2001). En esa perspectiva, se entiende la argumentación como el análisis de los enunciados basándose en pruebas (Jiménez Aleixandre, 2010). Así, los datos corresponden a los hechos, a la información a la que se apela y que es utilizada para componer el argumento.

De acuerdo con Hug y McNeill (2008), los datos pueden ser de dos tipos: de primera y segunda mano. Los datos de primera mano son cuando los estudiantes participan en su construcción, esto es, en el proceso de su producción. Los datos de segunda mano provienen de otras fuentes, de modo que son colectados por otros individuos. En la construcción del discurso argumentativo, los datos son empleados para evidenciar la veracidad o falsedad de un enunciado. Así, los datos son empleados como pruebas. De acuerdo con Jiménez-Aleixandre y Puig (2011), cuando el dato se incorpora a la justificación, este adquiere la categoría de prueba. Así, argumentar implica articular datos y pruebas (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2010).

Por otro lado, la construcción de argumentos de manera escrita ha sido objeto de estudio. Kelly y Takao (2002) plantean que el análisis de estos presenta desafíos que trascienden el modelo de argumentación TAP (por sus siglas en inglés) planteado por Toulmin (1958), quien fragmentó el argumento en seis componentes: datos, conclusión, garantías, sustento/respaldo, calificador modal y refutaciones. Kelly y Takao establecen que el uso del modelo TAP en el análisis de un argumento real puede resultar ambiguo, pues los datos podrían presentarse en forma de cadena, lo que significa que unos son la base de otros, con lo que se elabora un razonamiento más amplio y complejo. De modo que, para el análisis de argumentos con diferentes niveles de complejidad, el TAP resulta limitado y no permite explorar la cadena de razonamientos que el interlocutor elabora.

Para superar tal limitación, el grupo de Kelly y colaboradores propusieron un modelo de niveles epistémicos para analizar el argumento escrito examinando la línea argumentativa que describen los estudiantes (Kelly y Takao, 2002; Kelly, Regev, y Prothero, 2007). En su modelo, identificaron que el discurso de los científicos retóricamente se organiza partiendo de contingencias particulares procedentes de sus experimentos, para pasar a declaraciones más generales caracterizadas por ser afirmaciones teóricas. En consecuencia, los científicos parten de los hechos, que son organizados para posteriormente presentar afirmaciones más abstractas (Knorr-Cetina, 1995, citado por Kelly y Takao, 2002). Además, este modelo considera el conocimiento específico al que se alude en el argumento y las limitaciones que antepone la consigna con la cual se provoca al estudiante para que elabore un argumento. De esta manera, el modelo se organiza en diferentes niveles epistémicos. En los primeros, se localizan afirmaciones fundamentadas específicas y de manera progresiva va ubicando afirmaciones generales.

La relación que se establece entre el modelo de niveles epistémicos, que da cuenta de la línea argumentativa que construye el estudiante, y el uso de pruebas para elaborar los argumentos es que si la línea argumentativa pasa por los niveles epistémicos más bajos significa que en la construcción del argumento se utilizan datos que sirven de soporte para justificar la conclusión que está localizada en los niveles epistémicos altos. Lo anterior indicaría que el dato se transforma en una prueba.

LA BIOLOGÍA MOLECULAR BÁSICA DEL CORONAVIRUS

El virus denominado *severe acute respiratory syndrome coronavirus 2* (SARS-CoV-2), responsable de la enfermedad conocida como *coronavirus disease 2019* (COVID-19), ha causado un impacto negativo sin precedentes en la historia moderna a nivel mundial. A partir de los primeros brotes, se identificó y caracterizó el SARS-CoV-2, generando información específica y precisa sobre su comportamiento, composición y estructura desde el punto de vista molecular (Wang et al., 2020). La secuencia del ácido nucleico tipo ARN⁺ codifica diversas proteínas propias con funciones estructurales o enzimáticas necesarias en su ciclo de infección. Una de estas, clave para el reconocimiento del receptor celular y su posterior ingreso, es la denominada proteína S, que compone la espiga o *spike*. A nivel primario, esta proteína contiene mutaciones que permiten distinguir el SARS-CoV-2 de otros coronavirus. A nivel secundario, terciario y cuaternario, tres copias de la proteína S se ensamblan para formar un complejo proteínico (espiga) que se ancla a la envoltura lipídica del virus. Dicho complejo reconoce y se une específicamente a una proteína de membrana (ACE2) localizada en la superficie exterior de las células hospederas para iniciar así el ciclo de infección (Rabaan et al., 2020).

Al comparar la secuencia de aminoácidos de la proteína S con virus relacionados con el SARS-CoV-2, se hace evidente que ocurrió un proceso de selección natural (Andersen et al., 2020). Sin embargo, los autores de ese trabajo discuten sobre la imposibilidad actual de probar si dicha selección natural ocurrió en un animal hospedero o en humanos antes o después de la transferencia zoonótica. Aún más, basados en sus propios resultados derivados de los alineamientos de secuencias de aminoácidos, argumentan en contra de que las mutaciones hayan sido producto de la manipulación humana del virus, de forma consciente o no.

METODOLOGÍA

La investigación que presentamos es de corte cualitativo, priorizando la construcción de comprensiones sobre los fenómenos de estudio desde la descripción y la interpretación (Flick, 2009). En consecuencia, busca realizar comprensiones sobre fenómenos sociales en determinados contextos (Lüdke y André, 1986). Por la naturaleza descriptiva, el centro de nuestra atención fue el proceso del desarrollo de la habilidad de argumentación, más que los resultados o productos. A continuación, presentamos el contexto en que se recabó la información que fue interpretada y analizada para construir comprensiones.

El contexto de la colecta de la información: el curso Trabajo Práctico en Biología 2

El análisis que realizamos sobre la habilidad argumentativa se sitúa en el curso Trabajo Práctico en Biología 2 (TPB2) de una maestría profesionalizante para profesores de biología, que se impartió en un periodo de cinco semanas durante mayo y junio de 2020. El curso se localiza en el último cuatrimestre de la maestría. Esta versión del curso fue desarrollada por medio de plataformas virtuales en un esquema sincrónico y asincrónico, acatando las medidas de sana distancia que derivaron de la situación de pandemia por la COVID-19.

El diseño didáctico partió de las CSC como un contexto propicio para el desarrollo de habilidades argumentativas (Jiménez-Aleixandre, 2010; Ratcliffe y Grace, 2003; Simonneaux, 2008; Martínez, 2014). Además, la situación de pandemia que atravesaba el curso presentaba elementos pertinentes para construir la CSC, que se caracterizan por retomar problemáticas reales que inciden en la ciudadanía y que son controvertidas. Así mismo, las CSC son complejas, lo que significa que pueden ser analizadas considerando diversas perspectivas en las que la producción del conocimiento científico está implicada, habitualmente el conocimiento de frontera. Por lo general, estas son divulgadas en los medios de comunicación masiva.

En el curso de TPB2 se abordó una situación problemática sobre la infodemia, definida como una sobreabundancia de información, la cual incluye la circulación de noticias falsas. A partir de una búsqueda de noticias recientes a ese momento, se eligió: «Premio Nobel de Medicina afirma que el Covid-19 fue creado en el laboratorio» (Bolaños, 2020), debido a la relevancia sugerida por el título y su contenido. Tal fue el punto de partida para la construcción del contexto argumentativo en el que se les planteó a los participantes estudiantes profesores (EP) posicionarse sobre la veracidad o falsedad de dicha noticia.

En la primera y segunda reunión del curso se realizaron discusiones sobre tres componentes del argumento: conclusión, garantías y datos. Por otro lado, es importante mencionar que uno de los EP en su tesis trabajó sobre la línea de investigación de la argumentación. De modo que, la temática de la argumentación en la enseñanza de las ciencias no era totalmente desconocida para este grupo de EP y fue incorporada de manera explícita durante el desarrollo de la secuencia de actividades.

La estructuración de la secuencia de actividades generó interacciones grupales y trabajos individuales. En la tabla 1 presentamos la descripción general de las actividades que conformaron las dos sesiones del curso TPB2. En las actividades 5, 6 y 7 fueron presentados y discutidos, por expertos en la materia, datos moleculares de la estructura primaria a cuaternaria del coronavirus SARS-CoV-2, con la intención de que estos fueran empleados por los EP en la elaboración de sus argumentos. Y en las actividades 4 y 8 se generó el espacio para que los EP elaboraran argumentos.

Tabla 1.
Descripción de la secuencia de actividades

<i>Actividad</i>	<i>Descripción de la actividad</i>
Actividad 1: Características de las CSC - Sincrónica	Diálogo sobre las características de las CSC y sus potencialidades en la enseñanza de las ciencias.
Actividad 2: La creación del SARS-CoV-2 - Sincrónica	Presentación de la CSC objeto de estudio: la infodemia y el SARS-CoV-2.
Actividad 3: Los componentes del argumento - Sincrónica	Diálogo sobre los componentes del argumento: datos, garantías y conclusión.
Actividad 4: Mi postura inicial sobre la creación del SARS-CoV-2 - Asincrónica	Construcción del primer argumento en que los EP se posicionan sobre la noticia presentada en Bolaños (2020).
Actividad 5: Informándome sobre los virus, su origen y creación - Asincrónica	Lecturas de artículos científicos relacionados con la construcción de virus quimeras en el laboratorio (Aguilera et al., 2016), la producción optimizada de cápsides virales en el laboratorio (Díaz-Valle et al., 2015) y la propuesta de una hipótesis sobre el origen del SARS-CoV-2 basada en un análisis bioinformático (Andersen et al., 2020).
Actividad 6: Platicando sobre los coronavirus con un Experto - Sincrónica	Presentación y discusión sobre virología estructural general y en particular sobre el SARS-CoV-2. Los conceptos abordados fueron: el dogma central de la biología molecular, mutaciones, la cápside y envoltura de los virus, el ciclo de vida y el genoma del SARS-CoV-2, mecanismo de recombinación.
Actividad 7: Observando la proteína S o <i>spike</i> del SARS-CoV-2 - Sincrónica y asincrónica	Observación molecular, interacción y análisis del homotrímero formado por la proteína S, identificación de los seis residuos clave en la hipótesis del origen (Andersen et al., 2020), a través de una herramienta virtual, e. g., visualizador molecular en línea HTMoL (Carrillo-Tripp et al., 2018).
Actividad 8: Mi postura final sobre la creación del SARS-CoV-2 - Asincrónica	Reelaboración del primer argumento en que los EP se posicionan sobre la noticia.

Fuente: Elaboración propia.

El perfil de los EP

Los EP participantes pertenecían a la segunda generación de la maestría que ingresó al programa en 2019 y estuvo conformada por cuatro EP. En la tabla 2 presentamos los EP utilizando un nombre ficticio y señalando su formación inicial, los años de experiencia docente y el nivel escolar en el que se desempeñan como profesores.

Tabla 2.
Descripción del perfil de los estudiantes profesores participantes

<i>Nombre</i>	<i>Formación académica</i>	<i>Experiencia docente (Años)</i>	<i>Nivel escolar en que imparte clases</i>
Gustavo	Químico bacteriólogo parasitólogo	10	Secundaria
Eldwin	Licenciatura en Educación Secundaria y especialidad en Biología	5	Secundaria
Marisol	Licenciada en Educación Preescolar	4	Preescolar
Yamid	Licenciado en Educación Básica Primaria con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental	4	Secundaria

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se hace evidente que este grupo era heterogéneo. En el caso de Gustavo, asumimos que su formación le permitió un mayor contacto previo con el área de la biología y la química. Sin embargo, el área de educación en ciencias era totalmente desconocida para él. Los casos de Eldwin y Marisol son similares entre sí, en cuanto al énfasis de su formación en pedagogía, pero un contacto más distante con disciplinas de las ciencias naturales. Finalmente, Yamid representa un híbrido, pues su formación inicial le permitió establecer contacto con el área de las ciencias naturales y la educación en ciencias. Los años de experiencia varían en dos extremos, en el que el mínimo es 4 años y el máximo es 10. Esta experiencia se vincula a diferentes niveles educativos, lo cual también determina el nivel de profundidad con que es abordado el conocimiento biológico en el aula.

Sistematización de los datos

La información recabada en el cuestionario fue analizada utilizando el análisis de contenido (Bardin, 2002). El *corpus* de análisis estaba constituido por las producciones textuales individuales de los EP que corresponden al argumento 1 y 2 desarrollados en las actividades 4 y 8 (tabla 1). El argumento 1 fue elaborado antes de iniciar el desarrollo de contenidos biológicos sobre el SARS-CoV-2. De ese modo, esta primera producción está afectada por el conocimiento previo. En contraste, el argumento 2 es construido después de las actividades ya descritas en la tabla 1. En consecuencia, su construcción es afectada por la experiencia del curso.

Las indicaciones para construir cada argumento fueron las siguientes. Argumento 1: «Imagina que llega la maestra de historia a la sala de profesores y te busca en tu escritorio para discutir la noticia (Noticia 1). Basado en tu conocimiento sobre el virus que causa la enfermedad del COVID-19. ¿Cómo le argumentarías a esta maestra si la noticia es verdadera o falsa?». Argumento 2: «Imagina que puedes

devolverte en el tiempo y recrea nuevamente la situación de encuentro entre la maestra de historia y tú en la sala de profesores y reelabora tu argumento indicando tu postura sobre la veracidad o falsedad de la noticia».

Para analizar la línea argumentativa desarrollada en cada uno de los argumentos 1 y 2 de los EP, se construyó un modelo soportado por niveles epistémicos basado en el trabajo de Kelly y Takao (2002). Para su elaboración, se retomaron los conocimientos biológicos introducidos con las actividades y se realizaron lecturas de los argumentos 1 y 2 de los EP. El modelo se presenta en la tabla 3.

Tabla 3.
Modelo de niveles epistémicos para interpretar los argumentos

<i>Nivel epistémico</i>	<i>Definición del nivel</i>
<i>Nivel epistémico 6 - Contexto del argumento.</i>	Oraciones que contextualizan el desarrollo del argumento dado, en el que se establece un diálogo entre el profesor de historia y el profesor de biología. También se registra la conclusión que se explicita sobre la veracidad o falsedad de la noticia.
<i>Nivel epistémico 5 - Generalidades del SARS-CoV-2 y la enfermedad COVID-19.</i>	Oraciones que presentan descripciones de procesos virales y se refieren a definiciones de expertos en la materia y libros de texto sobre el virus. El conocimiento puede o no representar ideas relacionadas con el SARS-CoV-2 y la COVID-19, y no contribuyen como respaldo para justificar el argumento.
<i>Nivel epistémico 4 - Elementos retóricos de la noticia.</i>	Oraciones que aluden a los mecanismos retóricos empleados en la noticia para persuadir al lector.
<i>Nivel epistémico 3 - Teorías e hipótesis para explicar el origen del virus SARS-CoV-2.</i>	Oraciones en las cuales se mencionan teorías de la biología de manera explícita o implícita que sirven como marco de referencia para explicar el origen del SARS-CoV-2.
<i>Nivel epistémico 2 - Datos moleculares (estructura terciaria y cuaternaria) del virus SARS-CoV-2.</i>	Oraciones en las cuales se identifican y se describen características estructurales del genoma y proteínas específicas del SARS-CoV-2 o la célula hospedera.
<i>Nivel epistémico 1 - Datos de unidades básicas de proteínas y ARN (estructura primaria) del virus SARS-CoV-2.</i>	Oraciones en las cuales se explicitan datos o representaciones gráficas de la localización en la secuencia y naturaleza fisicoquímica de nucleótidos o aminoácidos clave en el mecanismo de acción del SARS-CoV-2 y su interacción con el receptor celular ACE2.

Fuente: elaboración propia.

Una vez definido el modelo, los argumentos 1 y 2 fueron organizados en oraciones. Para este ejercicio se tuvo cuidado de no cortar las ideas desarrolladas y considerar los signos de puntuación para realizar los cortes en los párrafos. Posteriormente, se procedió a codificar el corpus de análisis. Este ejercicio consistió en colocar cada una de las oraciones del argumento en los niveles epistémicos del modelo que actuaron como categorías.

La codificación fue realizada de manera independiente por el primer y segundo autor de este trabajo. De forma iterativa, se compararon ambas codificaciones cuantificando su similitud en términos del coeficiente de confiabilidad interjueces propuesto por Miles y Huberman (1994), definido como $C_f = A/(A+D)$, donde A es el número de acuerdos y D el número de desacuerdos. Cuando $C_f < 1$, esto es, cuando $D > 0$, se refinó la definición de los niveles epistémicos del modelo y se volvieron a codificar las oraciones de forma independiente por cada juez. Este ciclo se repitió hasta que se llegó a $C_f = 1$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para dar respuesta al objetivo de la investigación, a continuación se describen las dos líneas argumentativas de cada EP.

Líneas argumentativas: Gustavo

Argumento 1: inicia su línea argumentativa en el nivel epistémico 6 presentando su conclusión y declarando su imposibilidad para posicionarse sobre la veracidad o falsedad de la noticia: «Compañera, no soy capaz de corroborar si esta noticia es verdadera o falsa» (Gustavo_A1). Posteriormente, el desarrollo de su razonamiento se centra en el nivel epistémico 4, discutiendo elementos retóricos de la noticia que le permiten problematizar. Ejemplos de ello son:

[...] pero, para empezar, el diario que estas consultando, al parecer, no se especializa en ciencias de la salud, parece más un diario de finanzas y economía, por lo que podría haber cierto sesgo en la información que se comparte. (Gustavo_A1)

Finalmente, solo presenta una oración que situamos en el nivel epistémico 5, la cual evidencia que él busca otras fuentes para ampliar información sobre la entrevista al virólogo. En síntesis, la línea argumentativa de Gustavo pasa por tres niveles epistémicos (nivel 4, 5 y 6), en los que el conocimiento biológico no es utilizado como dato para construir un argumento que le permita posicionarse sobre la veracidad o falsedad de la noticia.

Argumento 2: continúa pasando por tres niveles epistémicos. Sin embargo, la construcción de este no retoma ideas del anterior, es decir, hace una reelaboración desde cero. Su segunda línea argumentativa pasa por niveles epistémicos más bajos, lo que indica que el uso de datos moleculares del virus y teorías biológicas son referentes para elaborar el argumento y posicionarse sobre la falsedad de la noticia. De ese modo, en el argumento 2 Gustavo parte del conocimiento biológico.

Gustavo se ubica en el nivel epistémico 6 para comunicar su conclusión sobre la noticia: «Compañera, lo que el Dr. Montagnier declara es muy poco probable» (Gustavo_A2). Posteriormente, se centra en el nivel dos, en el cual rescata características moleculares del SARS-CoV-2. En particular, retoma las características de la proteína S para problematizar y justificar que la noticia es falsa:

[...] como el VIH, tiene su genoma característico y de la misma manera el SARS-CoV-2. Ya un grupo de investigadores (Andersen et al. 2020) llevaron a cabo un conjunto de investigaciones en donde comparan el genoma del SARS-CoV-2 [...] pero difiere de un conjunto de genes que dan forma a las espigas características del virus. Estas espigas no se encuentran en el VIH por lo que pensar que el SARS-CoV-2 ha sido manipulado en este sentido es ilógico. (Gustavo_A2)

Finalmente, entra en el nivel epistémico 3 al retomar el concepto de mutación para explicar el origen del virus y plantearlo como un fenómeno natural y no una creación de laboratorio.

[...] Las evidencias se inclinan a indicar que más bien el origen del virus del COVID-19 surge de una posible mutación natural, ya sea dentro de un hospedero silvestre como lo son los murciélagos o los pangolines. (Gustavo_A2)

En este segundo argumento identificamos que Gustavo pasa de justificar su conclusión en elementos retóricos de la noticia (argumento 1) a justificarla empleando conocimientos biológicos, realizando el proceso de usar datos como pruebas para estructurar el argumento. No obstante, en el argumento 2 no incorporó ideas relacionadas con el nivel epistémico 1 que alude a datos estructurales primarios del virus. Sin embargo, cita el artículo de Andersen et al., (2020) en el cual se discuten las diferencias

entre el *receptor-binding domain* y el *polybasic cleavage site* de la proteína S, en el que se localizan residuos potencialmente clave, al comparar los genomas de diferentes virus de la familia del coronavirus, como el que infecta al pangolín o al murciélago. Lo anterior da indicios de que incorporar la estructura primaria para explicar la idea de la mutación del virus es un proceso más complejo, en el cual Gustavo no se siente muy seguro para desarrollar el argumento.

Para cerrar la descripción de sus líneas argumentativas, en la figura 1 presentamos los movimientos realizados comparando ambas. La línea de color azul representa el argumento 1, que estuvo conformado por 10 oraciones. La línea de color rojo representa el argumento 2, que se constituye de 11 oraciones.

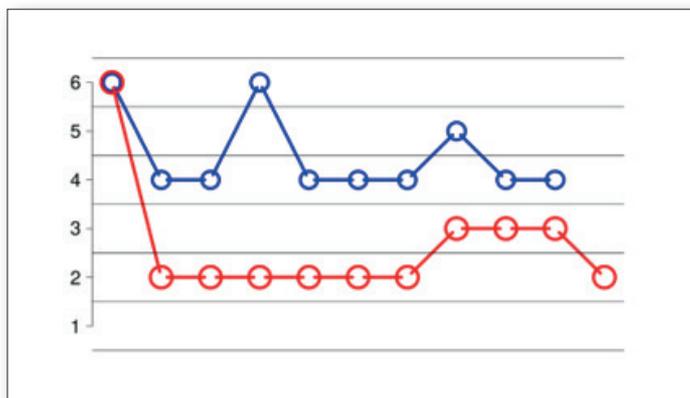


Fig. 1. Línea argumentativa de Gustavo. Argumentos 1 (azul) y 2 (rojo). La posición del círculo indica el nivel epistémico de las oraciones presentadas en el argumento. Fuente: Elaboración propia

Líneas argumentativas: Eldwin

Argumento 1: inicia en el nivel epistémico 6 presentando al interlocutor su postura sobre la falsedad de la noticia: «[...] Personalmente creo que tiene algunos datos ciertos, otros a medias y otros insostenibles». Posteriormente, retoma elementos retóricos de la noticia correspondientes al nivel 4, que usa de base para exponer que el mecanismo de recombinación genética permite explicar el origen del SARS-CoV-2 como resultado de un proceso natural. Esta última idea hace referencia al nivel epistémico 3.

[...] la literatura científica reportada muestra que el virus causante de Covid-19 (SARS-CoV-2) posee un mecanismo de recombinación genética, esto significa que cuando dos virus terminan en una misma célula, pueden combinar su ARN y «crear» un nuevo virus con nuevas características. Esto no necesariamente es producto de intervenciones de biólogos moleculares pues es un mecanismo natural. (Eldwin_A1)

En síntesis, el argumento 1 pasa por tres niveles epistémicos (3, 4 y 6). En este primer argumento utiliza la teoría biológica de la recombinación de virus para explicar el origen del SARS-CoV-2. De ese modo, Eldwin, desde el primer argumento, utiliza conceptos del conocimiento biológico para concluir sobre la falsedad de la noticia.

Argumento 2: retoma la estructura del primero. Sin embargo, en su segunda línea argumentativa pasa por cuatro niveles epistémicos (3, 4, 5 y 6). Eldwin parte de la idea del mecanismo de recombinación para explicar el origen del SARS-CoV-2 (nivel 3) y esta vez la sustenta con referentes teóricos que le dan respaldo:

[...] la literatura científica reportada muestra que el virus causante de Covid-19 (SARS-CoV-2) posee un mecanismo de recombinación genética, esto significa que cuando dos virus terminan en una misma célula, pueden combinar su ARN y «crear» un nuevo virus con nuevas características, esto lo leí en un artículo de Cyranoski (2020). (Eldwin_A2)

Otra particularidad del argumento 2 es que presenta información que localizamos en el nivel epistémico 5, en la cual desarrolla ideas asociadas a los efectos producidos en el cuerpo tras la infección del virus. Sin embargo, estas ideas no proporcionan información relevante en la construcción de pruebas para sustentar la veracidad o falsedad de la noticia. A continuación, presentamos un ejemplo:

[...] muchos estudios actuales como los de Rojas et al. (2020) o Tay et al. (2020) muestran que SARS-CoV-2 produce una disfunción multiorgánica asociada a la tormenta de citoquinas y su regulación inflamatoria en tejidos, acción que repercute directamente en decesos asociados a otros órganos que no son los pulmones precisamente. (Eldwin_A2)

Eldwin mantiene su justificación de la falsedad de la noticia, desde la teoría de la recombinación. Esto indica que él, desde el primer argumento, buscaba respaldar su conclusión con conocimientos biológicos. Ninguna de sus líneas argumentativas desarrolló ideas vinculadas con los niveles epistémicos 1 o 2. En consecuencia, él no parte de los datos moleculares primario a cuaternario del virus para construir pruebas que respalden su conclusión. Así, Eldwin no retoma ideas discutidas en el curso relacionadas con estos niveles epistémicos, de lo cual interpretamos que estos le resultaron complejos, en el sentido de que para él no fue fácil retomar estas ideas para elaborar su argumento.

Por último, en la figura 2 se indican con detalle los movimientos realizados para construir su discurso argumentativo. La línea de color azul representa el argumento 1, que estuvo conformado por 15 oraciones; y la línea de color rojo, el argumento 2, que se constituye de 19 oraciones.

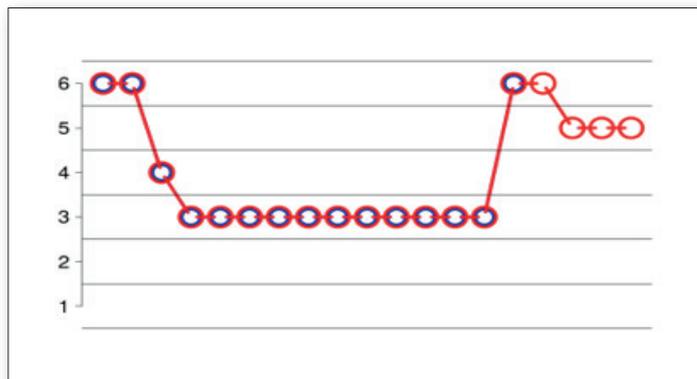


Fig. 2. Línea argumentativa de Eldwin. Argumentos 1 (azul) y 2 (rojo). La posición del círculo indica el nivel epistémico de las oraciones presentadas en el argumento. Fuente: Elaboración propia.

Líneas argumentativas: Marisol

Argumento 1: inicia situando la conversación que tienen la profesora de Biología y la de Historia, destacando elementos retóricos de la noticia que se sitúan en el nivel epistémico 4: [...] «dice que su origen se llevó a cabo desde un laboratorio ¡Por Biólogos! ¿Puedes creerlo?». Seguidamente, Marisol pasa al nivel epistémico 6 presentando su conclusión sobre la noticia: [...] «Yo no creo que sea una noticia que exprese algo ya 100 % verídico...». Posteriormente, se retorna al nivel epistémico 4, problematizando la noticia, pues el científico al que entrevistaron representa una autoridad.

Marisol avanza presentando de manera implícita que el concepto de mutación es la idea biológica que sustenta la explicación del origen del SARS-CoV-2 como un proceso natural: [...] «yo creo que lo que sucedió es que algún tipo de coronavirus estuvo cambiando a lo largo del tiempo mientras se multiplicaba y transmitía en otros seres vivos» (nivel epistémico 3).

Siguiendo el desarrollo del argumento, presenta ideas sobre el sistema inmunológico y su capacidad para enfrentar la infección del virus. Esta información la situamos en el nivel epistémico 5, dado que no es relevante para construir pruebas que sirvan para explicar el origen del SARS-CoV-2. Finalmente, su argumento cierra en el nivel epistémico 6, introduciendo ideas para continuar contextualizando su argumento y retomar su posición sobre la falsedad de la noticia. De ese modo, el primer argumento de Marisol pasa por los niveles epistémicos 3, 4, 5 y 6.

Argumento 2: no presenta cambios en los niveles epistémicos recorridos. Además, no incorpora información en los niveles epistémicos 1 y 2, lo que indica que no utiliza datos moleculares de estructura primaria a cuaternaria del virus para construir pruebas que le permitan explicar su postura respecto a la falsedad de la noticia. La diferencia más significativa respecto al primer argumento es que Marisol incorpora más información en los niveles epistémicos 3 y 6.

En el nivel epistémico 3 son presentadas dos ideas de la biología para explicar el origen del virus. La primera está relacionada con la ingeniería genética, con la cual explicita que existe tecnología para crear virus. La segunda está relacionada con el concepto de mutación. En sus palabras:

[...] no puedo negar que es evidente que existe tecnología y conocimiento que permite la elaboración de virus, hace poco leí un artículo muy interesante en donde algunos científicos trabajaron con el circovirus porcino 2 y el virus de anillo de la papaya para formar partículas similares a los virus. (Marisol_A2)

[...] probablemente este nuevo virus mutó desde su estructura genética y eso le benefició en el proceso de infectar al ser humano y convertirlo en un hospedero (Andersen, Rambaut, Lipkin y Garry, 2020). (Marisol_A2)

Para esquematizar la línea argumentativa de Marisol, la figura 3 muestra con detalle los movimientos realizados en su discurso argumentativo. La línea de color azul representa el argumento 1, que estuvo conformado por 20 oraciones, y la línea de color rojo, el argumento 2, que constituido por 27 oraciones.

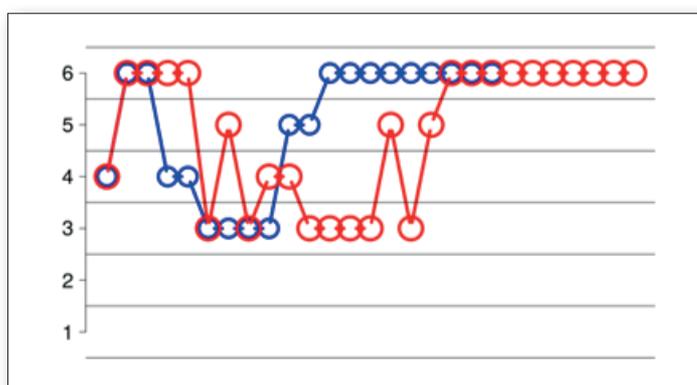


Fig. 3. Línea argumentativa de Marisol. Argumento 1 (azul) y 2 (rojo). La posición del círculo indica el nivel epistémico de las oraciones presentadas en el argumento. Fuente: Elaboración propia.

Líneas argumentativas: Yamid

Argumento 1: inicia con su postura «Hola maestra, tengo mis dudas sobre la noticia». Posteriormente, pasa por el nivel epistémico 3, para lo que introduce ideas de la ingeniería genética y la posibilidad de realizar modificaciones en el ADN. En sus palabras:

[...] a partir de mis conocimientos sobre biología molecular, estoy seguro de que es posible hacer modificaciones sobre el material genético y así modificar organismos como virus. Te explico, en las células existen unos mecanismos naturales que ayudan a copiar el material genético, estos son efectuados por enzimas específicas las cuales son proteínas que se encuentran dentro de la célula. (Yamid_A1)

Dando continuidad a su argumento, presenta la insulina sintetizada a partir de bacterias como ejemplo de la manipulación genética, describiendo un proceso que situamos en el nivel epistémico 5. Para cerrar su argumento, retorna al nivel 3 con la siguiente idea:

[...] «En ese sentido, si el virus tiene material genético, deben existir mecanismos para su modificación. Sin embargo, existen lineamientos bioéticos a nivel mundial que impiden este tipo de prácticas. (Yamid_A1)

De esa forma, en su primera línea argumentativa, Yamid pasa por los niveles epistémicos 3, 5 y 6. Argumento 2: retoma ideas de su primer argumento, pero esta vez pasa por cuatro de los niveles epistémicos (2, 3, 5 y 6). En el nivel epistémico 3 parte de la idea biológica de la mutación para explicar el origen del SARS-CoV-2:

[...] Kristian G y colaboradores, publicaron un artículo el 17 de marzo de este año sobre un estudio en el que se exponen evidencias de una posible mutación del virus, que lo hizo ser más competitivo para infectar células en humanos. (Yamid_A2)

Para sustentar la explicación de la mutación, incorpora información molecular de estructura cuaternaria del virus y su interacción con la célula humana que infecta. En sus palabras:

[...] Particularmente, profe, este se adhiere a los receptores ACE2 de las células y puede ingresar para reproducirse la afinidad que existe entre el SARS-CoV-2 y estos receptores, no se ha encontrado hasta el momento en ningún otro virus. (Yamid_A2)

En la figura 4 se presenta un esquema de sus líneas argumentativas, en el que se muestra con detalle los movimientos realizados para construir su discurso argumentativo. La línea de color azul representa el argumento 1, que estuvo conformado por 6 oraciones; mientras que la línea de color rojo representa el argumento 2, que se constituye de 10 oraciones.

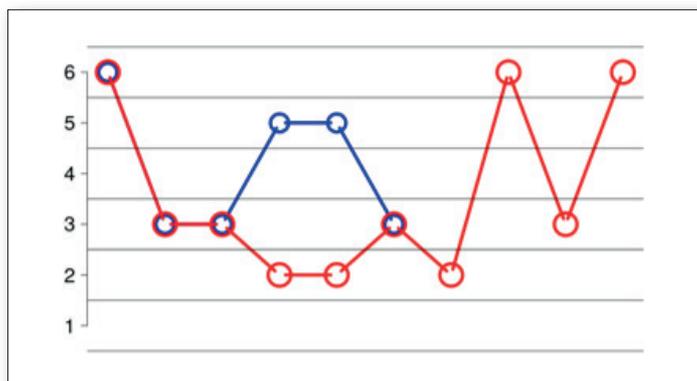


Fig. 4. Línea Argumentativa de Yamid. Argumentos 1 (azul) y 2 (rojo). La posición del círculo indica el nivel epistémico de las oraciones presentadas en el argumento. Fuente: Elaboración propia.

Contraste de las líneas argumentativas

La figura 5 presenta una comparación cuantitativa de los niveles epistémicos por los que pasaron los argumentos 1 y 2 de los EP. Los círculos del color azul representan el argumento 1 y los rojos, el argumento 2. Además, con el tamaño del círculo buscamos representar la cantidad de oraciones ubicadas en cada nivel. De modo que un diámetro mayor del círculo indica un mayor número de oraciones. En el eje Y se presentan los niveles epistémicos y en el eje X la inicial de los EP y el argumento 1 o 2.

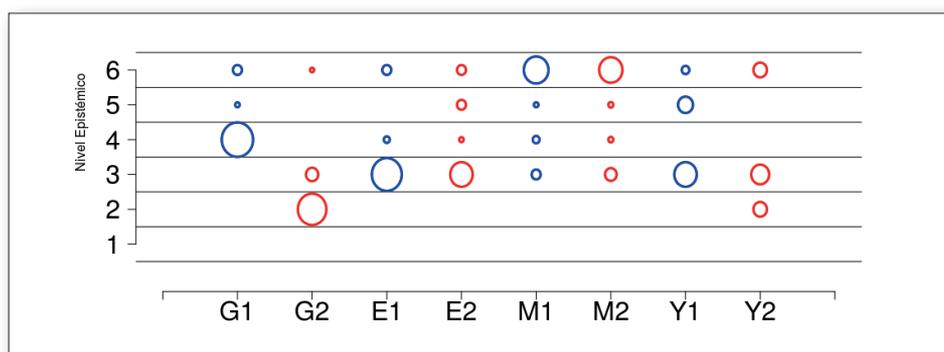


Fig. 5. Contraste de las líneas argumentativas de los EP. Argumentos 1 (azul) y 2 (rojo). La posición del círculo indica el nivel epistémico y el diámetro, el porcentaje de oraciones presentadas en el argumento.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5 se identifica que en el nivel epistémico 1 no se localizaron oraciones de los EP. En ese nivel esperábamos que incorporaran ideas relacionadas con la estructura primaria del genoma y proteína S del virus del SARS-CoV-2, esto es, elementos moleculares que hicieran referencia a las secuencias de nucleótidos o aminoácidos específicos. Durante el desarrollo del curso se realizó su análisis específico, en especial sobre la secuencia de aminoácidos de la proteína S, en la que destaca el *receptor binding domain* y el *polybasic cleavage site*. Estas regiones del genoma del virus son comparadas por Andersen et al. (2020) e hipotetizadas como clave en la comprensión del origen del virus. Adicionalmente, fue realizada una actividad con un visualizador molecular en línea (e. g., Carrillo-Tripp et al., 2018) que permitió interactuar con la estructura de la proteína S desde el nivel primario hasta el cuaternario. Interpretamos que estos datos no fueron incorporados en los argumentos, dado que para algunos de los EP era la primera vez que estudiaban los virus a un nivel molecular. Lo anterior sugiere que se requiere de un mayor tiempo de estudio de estas ideas fundamentales para comprenderlas y atreverse a articularlas como datos y pruebas en los argumentos.

El hecho de no encontrar líneas argumentativas que pasaran por el nivel epistémico 1 puede ser un efecto del diálogo que los EP establecieron con su interlocutor, en este caso, un profesor de historia. Investigaciones sobre el análisis del discurso plantean que las condiciones de producción en que este sucede, incluyendo aquí al interlocutor, afectan a lo que se dice y a la forma como se dice (Orlandi, 2009). Ya Kolstø y Ratcliffe (2007), en su estudio sobre aspectos sociales involucrados en la argumentación, identificaron que los estudiantes aceptan afirmaciones usando como criterio el carisma del interlocutor u otras características. Esto nos sugiere repensar el interlocutor que se propone para dialogar sobre el origen del virus. Tal vez al proponer un sujeto del área de la biología el nivel epistémico 1 pueda hacer parte del diálogo.

En el nivel epistémico 2 también se esperaba el uso de datos que aludieran a elementos moleculares de estructura terciaria o cuaternaria del virus y el receptor que lo reconoce en la célula (ACE2). En este nivel localizamos a Gustavo y Yamid en el argumento 2, lo cual puede interpretarse como efecto de

la trayectoria que siguieron durante el curso de TPB2. Sobre este punto es importante considerar que Gustavo tiene una formación inicial de químico bacteriólogo parasitólogo, de la cual inferimos tiene un conocimiento biológico más sólido que sus demás colegas. Por otro lado, Yamid, que tiene una formación inicial que llamamos mixta por formarse en un programa para profesores en que se conjugan disciplinas de las ciencias naturales y de la pedagogía y didáctica, también se atreve a utilizar ideas de este nivel para elaborar sus argumentos. Por tanto, interpretamos que su formación inicial le permitió construir ideas relacionadas con este nivel epistémico. Finalmente, Eldwin y Marisol no logran utilizar datos de la biología relacionados con el nivel molecular. Lo anterior puede ser consecuencia de su formación inicial, que tiene mayor solidez en el área de pedagogía y didáctica, dado que se formaron en escuelas normales.

En el nivel epistémico 3, todos los EP, a excepción de Gustavo en el argumento 1, incorporaron ideas que aluden a este en ambos argumentos. Las teorías biológicas a las que recurrieron para justificar su argumento fueron la selección natural, la ingeniería genética y el mecanismo de recombinación de los virus. Encontrar que el conocimiento biológico hace parte del sustento que utilizan para justificar su argumento indica que este es un referente del cual partir para construir explicaciones y argumentar. Somos conscientes de que esto puede ser un efecto de las condiciones de producción de los argumentos, pues fueron producidos durante el curso de TPB2 en que tuvieron la posibilidad de interactuar con expertos en el campo de la virología. Sin embargo, llama la atención que Gustavo no haya introducido ideas o conocimiento biológico en su primer argumento.

En el nivel epistémico 4 situamos todas las oraciones asociadas a los elementos retóricos de la noticia. Llama la atención que Gustavo desarrolla varias oraciones para el primer argumento y que en el segundo su línea argumentativa ya no pasa por este nivel. Yamid es un caso particular que no pasa por este nivel en ninguno de sus argumentos. Eldwin y Marisol desarrollaron algunas oraciones, pero no son muy numerosas. Esperábamos que este nivel apareciera en las líneas argumentativas de los EP, pues la noticia hace uso de mecanismos retóricos para persuadir al lector.

En el nivel epistémico 5 pasan todas las líneas argumentativas de los EP, ya sea en el argumento 1 o 2. Eldwin y Marisol son los más constantes en cuanto a este nivel. En el nivel epistémico 5 se presentaban ideas relacionadas a procesos virales, pero que no proporcionaban ideas clave para justificar el argumento a favor o en contra de la veracidad de la noticia. De modo que este nivel epistémico informa sobre la ausencia de un filtro crítico en la información, que permita discriminar qué ideas incorporar en el argumento para hacerlo más sólido.

En el nivel epistémico 6 pasan todas las líneas argumentativas de los EP. Aquí localizamos la conclusión del argumento, sobre lo cual podemos decir que todos los EP se posicionan a favor de la falsedad de que el virus SARS-CoV-2 sea un producto de la creación humana, como sugería la noticia. Lo anterior nos indica que todos reconocen la conclusión como parte de la estructura del argumento. En este nivel también fueron localizadas oraciones que servían para dar fluidez al diálogo entre los interlocutores, lo cual posibilitaba que los EP presentaran más ideas sobre el virus y la enfermedad de COVID-19. Además, dejan indicios de que el interlocutor es un referente en el momento de desarrollar la argumentación.

CONCLUSIONES

Los resultados dejan en relieve que las líneas argumentativas del primer momento pasan por los niveles epistémicos 3, 4, 5 y 6. Para el segundo momento argumentativo se perciben elementos que permanecen y cambian, pues el nivel epistémico 1 no apareció en las líneas argumentativas y el nivel 2 se presentó en la mitad de los casos. Además, se puede percibir una tendencia en las líneas argumentativas a pasar por el mismo número de niveles epistémicos.

De acuerdo con el modelo de niveles epistémicos, los niveles 1 y 2 hacen referencia a datos, que para este caso son de segunda mano (Hug y McNeill, 2008). La literatura que se abordó presentaba datos moleculares desde la estructura primaria a cuaternaria del SARS-CoV-2, que correspondería a los datos de segunda mano. Lo que identificamos es que solo dos EP incorporan datos moleculares de la estructura cuaternaria del virus y son los que durante su formación inicial se han aproximado con mayor profundidad a la biología. Lo anterior nos invita a pensar en estrategias que permitan una aproximación a cuestiones de la biología molecular y actividades que involucren la construcción de los datos para explorar las líneas argumentativas que derivarían de dicho ejercicio.

La actividad 7, en la que se observó la espiga y proteína S del SARS-CoV-2 por medio del visualizador molecular, permitió que los EP interactuaran de forma virtual con la estructura primaria a cuaternaria del complejo proteínico. Sin embargo, no encontramos referencias a la cadena de polipéptidos en las líneas argumentativas. Esto nos lleva a reflexionar sobre la estructuración de la actividad para buscar que sea más significativa y sirva de andamiaje para la construcción de conocimiento biológico, y con ello lograr la incorporación de estas ideas en la línea argumentativa.

Los resultados nos orientan a realizar esfuerzos sobre el estudio de la enseñanza de la biología molecular para que la estructura primaria a cuaternaria forme parte de las ideas que dominan los profesores y estas puedan formar parte de sus argumentos. Este campo de la biología no había sido estudiado por Eldwin y Marisol, de modo que la escala molecular representa un desafío de enseñanza que debemos comenzar a explorar con la incorporación de herramientas tecnológicas que permitan acercarse a las biomoléculas, para comprender mejor la estructura de los virus y sus implicaciones biológicas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo con una cátedra en el CINVESTAV a T.I.S.L, al Fondo Sectorial de Investigación para la Educación proyecto A1-S-17041 a M.C.T y a los EP participantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, B. E., Chávez-Calvillo, G., Elizondo-Quiroga, D., Jiménez-García, M. N., Carrillo-Tripp, M., Silva-Rosales, L. y Gutiérrez-Ortega, A. (2016). Porcine circovirus type 2 protective epitope densely carried by chimeric papaya ringspot virus-like particles expressed in *Escherichia coli* as a cost-effective vaccine manufacture alternative. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 64(3), 406-414. <https://doi.org/10.1002/bab.1491>
- Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38(1), 67-90. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9040-2>
- Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C. y Garry, R. F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nature Medicine*, 2(4), 450-452. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>
- Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(3), 361-375. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i3.05

- Atabey, N. y Topçu, M. S. (2017). The effects of socioscientific issues based instruction on middle school students' argumentation quality. *Journal of Education and Practice*, 8(36), 61-71. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEP/article/view/40439/41587>
- Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido*. Madrid: Akal.
- Bolaños, R. L. F. (2020). Premio Nobel de Medicina afirma que el Covid-19 fue creado en el laboratorio. *Periódico La Republica*, 29-04-2020. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/premio-nobel-de-medicina-afirma-que-el-covid-19-fue-creado-en-un-laboratorio-2999529>
- Carrillo-Tripp, M., Álvarez-Rivera, L., Lara-Ramírez, O. I., Becerra-Toledo, F. J., Vega-Ramírez, A., Quijas-Valades, E., González-Zavala, E., González-Vázquez, J. C., García-Vieyra, J., Santoyo-Rivera, N. B., Chapa-Vergara, S. V. y Meneses-Viveros, A. (2018). HTMoL: full-stack solution for remote access, visualization, and analysis of molecular dynamics trajectory data. *Journal of Computer-Aided Molecular Design*, 32, 869-876. <https://doi.org/10.1007/s10822-018-0141-y>
- Craig-Hare, J., Ault, M. y Rowland, A. (2017). The effect of socioscientific topics on discourse within an online game designed to engage middle school students in scientific argumentation. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 3(2), 110-110. <https://doi.org/10.21891/jeseh.325783>
- Cyranoski, D. (2020). Profile of a killer: the complex biology powering the coronavirus pandemic. *Nature*, 581(7806), 22-26. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01315-7>
- Dawson, V. y Venville, G. (2013). Introducing high school biology students to argumentation about socioscientific issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 356-372. <https://doi.org/10.1080/14926156.2013.845322>
- Díaz-Valle, A., García-Salcedo, Y. M., Chávez-Calvillo, G., Silva-Rosales, L. y Carrillo-Tripp, M. (2015). Highly efficient strategy for the heterologous expression and purification of soluble cowpea chlorotic mottle virus capsid protein and in vitro pH-dependent assembly of virus-like particles. *Journal of Virological Methods*, 225, 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2015.08.023>
- Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-237x\(200005\)84:3<287::aid-sce1>3.0.co;2-a](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-237x(200005)84:3<287::aid-sce1>3.0.co;2-a)
- Flick, U. (2009). *Uma introdução à pesquisa qualitativa* (3.ª ed.). Porto Alegre, RS: Bookman.
- Hug, B. y McNeill, K. L. (2008). Use of first-hand and second-hand data in science: Does data type influence classroom conversations? *International Journal of Science Education*, 30(13), 1725-1751. <https://doi.org/10.1080/09500690701506945>
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó: Barcelona.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 63, 11-18.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2011). The role of justifications in integrating evidence in arguments: Making sense of gene expression. Comunicación presentada en el congreso de European Science Education Research Association. Lyon. Francia.
- Kelly, G. J., Regev, J. y Prothero, W. (2007). Analysis of lines of reasoning in written argumentation. En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 137-158). Países Bajos: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_7

- Kelly, G. J. y Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86(3), 314-342.
<https://doi.org/10.1002/sc.10024>
- Kolstø, S. y Ratcliffe, M. (2007). Social Aspects of Argumentation. En Erduran y Jiménez-Aleixandre (Ed.), *Argumentation in science education* (pp. 117-136). Nueva York: Springer.
- Lüdke, M. y André, M. E. D. A. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.
- Martínez, L. (2014). Cuestiones Socio Científicas en la formación de profesores de Ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 77-94.
- Miles, M. B. y Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis an expanded sourcebook*. Thousand Oaks, California: SAGE.
- Orlandi, E. P. (2009). *Análise do Discurso: princípios e procedimentos* (9.ª ed.). Campinas: Pontes.
- Rabaan, A. A., Al-Ahmed, S. H., Haque, S., Sah, R., Tiwari, R., Malik, Y. S., Dhama, K., Yatoo, M. I., Bonilla-Aldana, D. K. y Rodríguez-Morales, A. J. (2020). SARS-CoV-2, SARS-CoV, and MERS-COV: A comparative overview. *Le infezioni in medicina*, 28(2), 174-184.
- Ratcliffe, M. y Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: Open University Press.
- Rojas, J. P. M., Loría, M. Q., Sánchez, M. G. y Chinchilla, A. S. (2020). SARS CoV-2, manifestaciones clínicas y consideraciones en el abordaje diagnóstico de COVID-19. *Revista Auspicada por el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia*, 85(629).
- Sanmartí, N., Izquierdo, M. y García, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, 54-58.
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42. <https://doi.org/10.1080/03057260802681839>
- Sadler, T., Friedrichen, P., Graham, K., Foulk, J., Tang, N., Menon, D. y March (2015). Socio-scientific issue based education for three-dimensional science learning: Derivation of an instructional model. Paper presented at the annual conference of the national association for research in science teaching. Chicago, IL: NARST.
- Simonneaux, L. (2008). Argumentation in socio-scientific contexts. En S. Erduran (Ed.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 179-199). Dordrecht: Springer.
- Tay, M. Z., Poh, C. M., Rénia, L., MacAry, P. A. y Ng, L. F. (2020). The trinity of COVID-19: immunity, inflammation and intervention. *Nature Reviews Immunology*, 1-12.
<https://doi.org/10.1038/s41577-020-0311-8>
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Varela, C. M. P., Blanco A. P. y Díaz, J. B. (2020). Establecimiento de líneas argumentativas en la resolución de un problema con enzimas. *Enseñanza de las ciencias*, 38(2), 163-180.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2823>
- Zangori, L., Peel, A., Kinslow, A., Friedrichsen, P. y Sadler, T. D. (2017). Student development of model-based reasoning about carbon cycling and climate change in a socio-scientific issues unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1249-1273.
<https://doi.org/10.1002/tea.21404>
- Zohar, A. y Nemet, F. (2001). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.
<https://doi.org/10.1002/tea.10008>
- Wang, Y., Grunewald, M. y Perlman, S. (2020). Coronaviruses: An Updated Overview of Their Replication and Pathogenesis. *Methods in molecular biology*, 2203, 1-29.
https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0900-2_1

Lines of Argument of Biology Teachers on the Origin of the SARS-CoV-2 Coronavirus

Tatiana Iveth Salazar-López

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Monterrey, Apodaca, Nuevo León, México
tatiana_salazar@cinvestav.mx

Mauricio Carrillo-Tripp

Laboratorio de la Diversidad Biomolecular, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Monterrey, Apodaca, Nuevo León, México
mauricio.carrillo@cinvestav.mx

We report an investigation focused on promoting the development of argumentation in biology teachers. We started from a socio-scientific issue (SSI) based on a news piece talking about the origin of the SARS-CoV-2 coronavirus circulating in the media. The article states that the virus could have been created in a research laboratory. This context demanded teachers to take a position on the veracity of the news. The development of argumentative reasoning in which evidence and theories were essential to conclude was encouraged. The research question that guided this study was: What characterized the evolution of the line of arguments built before and after obtaining scientific data and evidence in the context of the SSI? The implementation was done in the course Practical Work in Biology 2 (TPB2) in a professionalizing master's degree in Biology, during five weeks between May and June 2020. This version of the course was developed through virtual platforms in a synchronous and asynchronous scheme, complying with the healthy distance measures derived from the COVID-19 pandemic. The participants were four student teachers (ST). Information was collected through questionnaires and studied with the methodology of content analysis. The analysis was carried out focusing on the STs' text productions that corresponded to arguments 1 and 2. The indications to build the argument were: Argument 1: «Imagine that the history teacher comes to the staff room and approaches you at your desk to discuss the news (News 1). Based on your knowledge about the virus that causes the COVID-19 disease, how would you argue whether the news is true?». Argument 2: «Imagine that you can go back in time and recreate the situation between you and the history teacher in the teachers' room and rework your argument indicating your position on whether the news is true». We built a model supported by six epistemic levels based on the work of Kelly and Takao (2002) to analyze the line of arguments 1 and 2 of each ST. Level 1 refers to the basic units of proteins and RNA and their sequence (primary structure) of the SARS-CoV-2 virus. Level 2 refers to the molecular data (tertiary and quaternary structure) of the SARS-CoV-2. Level 3 refers to scientific theories and hypotheses trying to explain the origin of the SARS-CoV-2 virus. Level 4 refers to the rhetorical elements of the news. Level 5 refers to generalities of the SARS-CoV-2 virus and the COVID-19 disease. Level 6 refers to elements related to the context of the argument and conclusion on the news. Once the model was defined, the arguments were organized into sentences. Subsequently, each sentence was categorized in the corresponding model's epistemic level. The coding was carried out independently by the first and second authors of this report. The results show that the line of argument 1 goes through epistemic levels 3, 4, 5, and 6. For argument number 2, we found that epistemic level 1 did not appear in the line of argument of any ST, and epistemic level 2 appeared in half of the cases. In addition, a tendency is observed in the line of argument that goes through the same number of epistemic levels. The use of scientific data on the epistemic level associated with the primary structure was not incorporated in any of the two arguments. Nevertheless, changes were found concerning the epistemic level associated with the tertiary and quaternary structure of the virus.