

**Exploración de Modelos Estudiantiles Espontáneos
sobre el Fenómeno de Infección por SARS-CoV-2 en Células Humanas**

**Exploração de Modelos Espontâneos de Estudantes
sobre o Fenômeno da Infecção por SARS-CoV-2 em Células Humanas**

**Exploration of Spontaneous Student Models
on the Phenomenon of SARS-CoV-2 Infection in Human Cells**

Ana María Dolores Mendoza Almaraz¹,
Ángel Daniel López y Mota²,
Mary Orrego Cardozo³

Nota:

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante la formación académica en la Maestría en Desarrollo Educativo (MDS-Línea Educación en Ciencias) de la Universidad Pedagógica Nacional-Unidad Ajusco, CDMX. Cuenta con la Tutoría de Tesis del Dr. Ángel Daniel López y

Mota. Cualquier comentario acerca de esta publicación, favor de enviar al E-mail: 200927015@g.upn.mx



Bio-ponencia

Resumen

Esta investigación aborda la utilidad del dispositivo teórico-metodológico Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) para categorizar las explicaciones espontáneas que elaboran los alumnos de Educación Media Superior acerca del fenómeno de infección por SARS-CoV-2 en

¹ Estudiante de la MDS, UPN-Unidad Ajusco, CDMX. E-mail: 200927015@g.upn.mx

² PhD. en Educación en Ciencia, Profesor Titular del Cuerpo Académico de Educación en Ciencia, Universidad Pedagógica Nacional-Unidad Ajusco, CDMX. E-mail: alopezm@upn.com

³ PhD. Bioquímica y Biología Molecular, Profesora del Doctorado en Ciencias Cognitivas, Líder Grupo Neuroaprendizaje e integrante del Grupo Cognición y Educación, Universidad Autónoma de Manizales, Colombia. E-mail: maryorrego@autonoma.edu.co



Bio-ponencia

células humanas. El objetivo fue describir los Modelos Estudiantiles Iniciales con base en los datos empíricos inferidos de dichas explicaciones (MEId) para compararlos con un MCEA, postulado *a priori*. El análisis es cualitativo y exploratorio, mediante una muestra no probabilística de 36 alumnos mexicanos, en la modalidad de Escuela Nacional Preparatoria. Los educandos cursaban la asignatura Biología IV del 5° Grado. Los datos empíricos se obtuvieron mediante encuesta. Resultados preliminares muestran que la complejidad de los MEId conlleva tres niveles -Básico, Intermedio y Avanzado- en relación con aspectos presentes de las Dimensiones Ontológica y Epistemológica (DOyE) del fenómeno de referencia. Dicha categorización permite identificar dificultades cognitivas como ausencia de entidades conceptuales y mención parcial o confusa de propiedades y de relaciones causales. Esto obstaculiza el tránsito de los MEId hacia el MCEA, pero también aporta hallazgos para mejoras didácticas. Se incluye un ejemplo de la utilidad del enfoque metodológico para resaltar desafíos cognitivos específicos en el tratamiento del fenómeno de referencia desde el dominio de la biología.

Palabras clave: Modelos estudiantiles, explicaciones espontáneas, secuencias didácticas, infección por SARS-CoV-2, educación media superior.

Abstrato

Esta pesquisa aborda a utilidade do dispositivo teórico-metodológico do Modelo Científico da Escola de Chegada (MCECH) para categorizar as explicações espontâneas feitas por estudantes do Ensino Médio sobre o fenômeno da infecção por SARS-CoV-2 em células humanas. O objetivo foi descrever os Modelos Iniciais do Aluno a partir dos dados empíricos inferidos das explicações (MIAd) para compará-los com um MCECH, postulado *a priori*. A análise é qualitativa e exploratória, através de uma amostra não probabilística de 36 estudantes mexicanos da Escola Preparatória Nacional. Os alunos cursaram Biologia IV na 5ª série do Ensino Fundamental. Os dados empíricos foram obtidos por meio de uma pesquisa. Os resultados preliminares mostram que a complexidade dos MIAd envolve três níveis -Básico, Intermediário e Avançado- em relação aos aspectos atuais das Dimensões Ontológica e Epistemológica (DOE) do fenômeno de referência. Essa categorização permite identificar dificuldades cognitivas como a ausência de entidades conceituais e a menção parcial ou confusa de propriedades e relações causais. Isso dificulta o trânsito do MIAd para o MCECH, mas também fornece bases para melhorias didáticas. Um exemplo da utilidade da abordagem metodológica é incluído para destacar desafios cognitivos específicos no tratamento do fenômeno de referência do campo da biologia.

Palavras chave: Modelos de alunos, explicações espontâneas, sequências didáticas, infecção por SARS-CoV-2, ensino médio.

Abstract

This research addresses the usefulness of the theoretical-methodological device Scientific School Arrival Model (SSAM) to categorize the spontaneous explanations made by High School students about the phenomenon of SARS-CoV-2 infection in human cells. The objective was to describe the Initial Student Models based on the empirical data inferred from said explanations (ISMd) to compare them with an SSAM, postulated *a priori*. The analysis is qualitative and exploratory, through a non-probabilistic sample of 36 Mexican students, in the National Preparatory School modality. The students took the subject Biology IV of the 5th Grade. Empirical data were obtained through a survey. Preliminary results show that the complexity of the ISMd entails three levels -Basic, Intermediate and Advanced- in relation to present aspects of the Ontological and Epistemological Dimensions (DO&E) of the reference phenomenon. This categorization makes it possible to identify cognitive difficulties such as the absence of conceptual entities and partial or confused mention of properties and causal relationships. This hinders the transition of the ISMd towards the SSAM, but also provides findings for didactic improvements. An example of the usefulness of the methodological approach is included to highlight specific cognitive challenges in the treatment of the phenomenon of reference from the domain of biology.

Key Words: Student models, spontaneous explanations, didactic sequences, SARS-CoV-2 infection, upper secondary education.

Introducción

La enfermedad COVID-19 (*coronavirus disease 2019*), producto del coronavirus SARS-CoV-2 (*severe acute respiratory síndrome-Cov-2*), aún está clasificada por la Organización Mundial de la Salud como emergencia de salud pública de importancia internacional (OMS, 2022). Situación que urge el abordaje, en la Didáctica de las Ciencias, del fenómeno infección por SARS-CoV-2 en células humanas, como contenido de relevancia sociocientífica. El sustento teórico adoptado es el enfoque semanticista basado en modelos (Giere, 1999), que considera al sujeto partícipe activo en la construcción de conocimiento científico. Asimismo, Izquierdo y Adúriz (2021) proponen la construcción de Modelos Científicos Escolares como



foco de la transposición didáctica. Sobre los pensamientos espontáneos y sus elementos constitutivos, se remite a Gutiérrez (2007), quien expone que éstos resultan del sistema de creencias que los alumnos usan para desarrollar modelos mentales y comprender el mundo. Por ello, es indispensable identificar las características de los MEId, mismos que son susceptibles de categorización y análisis al contener entidades, propiedades, relaciones causales y relaciones funcionales.

En este contexto, López y Moreno (2014) proponen un MCEA como dispositivo teórico-metodológico que, mediante contraste, expone la aproximación viable de la construcción de conocimiento científico escolar por parte del alumno para comprender el fenómeno de referencia. López (2019) agrega que el MCEA resulta de la tensión entre el Modelo Científico (MCi), el Modelo Curricular (MCu) y el Modelo Estudiantil Inicial con base en la literatura didáctica especializada (MEI) e identifica semejanzas y diferencias entre las DOyE de dichos constructos. Así quedan en evidencia los obstáculos cognitivos estudiantiles potenciales en la transición hacia las explicaciones científicas escolares.

Para diseñar actividades didácticas acordes con las necesidades cognitivas estudiantiles, es imprescindible indagar y actualizar lo conocido sobre su forma de pensar espontánea. De esta manera, se planteó el siguiente problema de investigación: ¿Cuáles son y qué características muestran las explicaciones espontáneas de los estudiantes adolescentes, en términos de modelos, acerca del fenómeno de infección de células humanas por SARS-CoV-2? Para el MCEA, debido al carácter emergente del patógeno, se retomó el escaso registro existente sobre los MEI. Después, se obtuvieron los MEId actualizados para contrastarlos con el MCEA.

Se aborda el fenómeno de referencia -sin disminuir su complejidad- desde el modelo teórico científico de la biología. Conocimiento fundamental para comprender la propagación del patógeno, el ingreso al cuerpo humano, la interacción virus/célula, los síntomas de la COVID-19 y la prevención.

Metodología

El planteamiento metodológico propuesto incluye tres momentos:

El MCEA y las Categorías Analíticas

Las categorías analíticas (CA) son unidades de significado que responden preguntas de investigación (Sabariego, 2009, p. 154). Así, las CA para codificar los datos empíricos provienen del MCEA. La Tabla 1 muestra la organización del fenómeno de referencia para su



análisis con las dimensiones sugeridas por Gutiérrez (2007) y hacer su representación como modelo:

Tabla 1. Organización del fenómeno de referencia para aplicar las DOyE, representarlo en términos de modelo y obtener el MCEA.

Fenómeno	Etapa	Ámbito	Dimensión analizada	Modelo obtenido para tensionar	Dispositivo teórico-metodológico obtenido
Infección por SARS-CoV-2 en células humanas (Ciclo lítico)	A) Reconocimiento SARS-CoV-2 / Célula con receptor de membrana ACE2	1. Fijación	a, b, c y d	MCI / MCu / MEI	MCEA
		2. Penetración	a, b, c y d		
	B) Replicación viral	3. Transcripción temprana	a, b, c y d		
		4. Replicación	a, b, c y d		
		5. Transcripción tardía	a, b, c y d		
		6. Ensamblaje	a, b, c y d		
	C) Nuevos coronavirus SARS-CoV-2	7. Liberación	a, b, c y d		

Nota. Dimensión analizada:

a = Ontológica-entidades, b = Ontológica-propiedades, c = Epistemológica-relaciones causales, d = Epistemológica-relaciones funcionales

Con base en López (2019, p. 61) se elaboraron los constructos MCI (explicación científica universitaria de publicaciones como: *Scientific American*, *Cell*, *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM* y *Revista Mexicana de Trasplantes*), MCu (contenido curricular y libros de texto: el subtema que permite abordar la infección viral es “3.3 Los virus y su relación con el cáncer”, asignatura Biología IV, ENP/UNAM, 2017) y MEI (explicaciones estudiantiles espontáneas encontradas en investigaciones educativas: de 1985 a la fecha, en alumnos de 16 a 25 años de edad y que corresponden a Prout, 1985; René y Gilbert, 1994; Jones et al., 2013; Simoneaux, 2000). Debido al carácter emergente del SARS-CoV-2, la literatura especializada al parecer no hace mención del fenómeno específico, solo sobre virus en general. Una vez obtenidos los tres modelos, se compararon para elaborar el MCEA.

Las CA corresponden a las *condiciones* en las cuales ocurre la infección viral (ingreso del patógeno al cuerpo humano e interacción molecular virus/célula hospedadora o ciclo lítico); las *entidades y propiedades* (coronavirus SARS-CoV-2, célula hospedadora con receptor de membrana ACE2, diversas proteínas estructurales, enzimas y material genético viral); las *relaciones causales* (interacciones moleculares incluidas en los ámbitos) y las *relaciones funcionales* (el SARS-CoV-2 es un virus que se transmite de persona a persona e infecta diversas células del cuerpo humano con receptor de membrana ACE2, provocando la enfermedad sistémica COVID-19). Tales CA fueron retomadas de Gutiérrez (2014), quien señala: “Un modelo científico es una representación de un sistema real o conjeturado, consistente en un conjunto de entidades con sus principales propiedades explicitadas, y un conjunto de enunciados legales que determinan el comportamiento de esas entidades (p. 51)”.



Obtención de Datos Empíricos

El enfoque es cualitativo (Sabariego, 2009, p. 143) porque se reunieron datos relevantes cuyas características permiten interpretarlos y profundizar en los elementos constitutivos. La investigación es descriptiva (Torrado, 2009, p. 232) al desarrollar un primer acercamiento exploratorio al estudio de los MEId, éstos se infirieron de los datos empíricos (explicaciones estudiantiles espontáneas) reunidos en marzo 10 y 23 de 2022. Con base en Torrado (2009, p. 233), la técnica aplicada fue la encuesta, con dos instrumentos de diseño original (cuestionarios virtuales de preguntas abiertas). El 'Cuestionario 1. Tiempos de pandemia' exploró cómo reconocen los alumnos el fenómeno de infección viral por SARS-CoV-2 y las condiciones necesarias; el 'Cuestionario 2. La pandemia y la salud' expuso DOyE presentes en los MEId.

La muestra fue no probabilística (Sabariego, 2009, p. 143-145) con una población natural de 36 educandos mexicanos que cursaron la asignatura Biología IV del 5° Grado de preparatoria, en una escuela privada de la Ciudad de México. El grupo fue mixto, con edades entre 16 y 18 años. La profesora titular acotó que abordó el subtema virus en dos clases de 45 minutos cada una, en enero de 2022, solo en ellas se respondieron las preguntas estudiantiles acerca de SARS-CoV-2 y COVID-19.

Decodificación/Codificación de Datos Empíricos y Comparación con el MCEA

Los datos crudos fueron sistematizados con tablas comparativas sobre las DOyE para interpretar las explicaciones estudiantiles espontáneas. Se decodificaron los datos, caso por caso, para seleccionar ideas reconocibles como elementos de un MEId. Luego se codificaron con los componentes del MCEA. Este tratamiento de contraste resaltó aspectos de las dimensiones presentes en los MEId y permitió explorar los posibles niveles que tienen (Tabla 2). Dicha categorización evidenció obstáculos cognitivos y componentes útiles didácticamente, relacionados con el desarrollo de las DOyE en las representaciones estudiantiles.

Tabla 2. Variabilidad en la complejidad de los MEId.

Complejidad/Nivel	Indica	Incluye
Básico	Descripción del fenómeno.	Dimensión ontológica (entidades-propiedades).
Intermedio	Descripción y explicación causal del fenómeno.	Dimensión ontológica (entidades-propiedades) y Dimensión epistemológica (relaciones causales).
Avanzado	Descripción, explicación y reconocimiento de un patrón de comportamiento del fenómeno.	Dimensión ontológica (entidades y propiedades) y Dimensión epistemológica (relaciones causales-relaciones funcionales).





Bio-ponencia

Resultados y Discusión

La hipótesis es la siguiente: un sistema de referencia insuficiente -tanto en lo ontológico como en las relaciones causales y funcionales- en el pensamiento estudiantil espontáneo de un grupo de preparatoria sobre el fenómeno de infección viral por SARS-CoV-2, interfiere con la construcción de conocimiento necesario para transitar hacia una explicación científica escolar del fenómeno. Tales limitaciones obstaculizan la comprensión del fundamento científico de las medidas de prevención contra la COVID-19, pero una vez identificadas orientan para propiciar la transición. En la muestra se evidenciaron 22 MEId de nivel Básico, 11 de Intermedio y tres de Avanzado. Enseguida se incluye un ejemplo de nivel Avanzado sobre la utilidad del planteamiento metodológico.

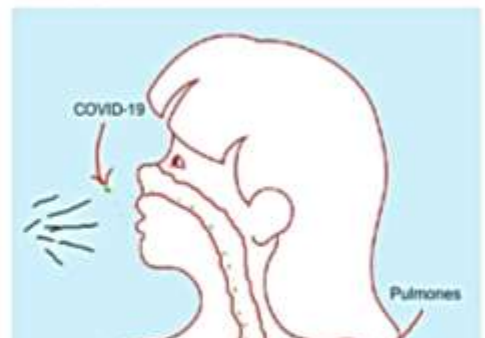
La Tabla 3 confirma que el estudiante identifica las dos condiciones para el fenómeno infección por SARS-CoV-2. No incluye el nombre del virus, ni reconoce la existencia del receptor de membrana ACE2 en las células pulmonares, pero lo relaciona con daño celular y la enfermedad COVID-19. La Figura 1 reafirma esto, sin incluir célula pulmonar y en consecuencia tampoco lo que ocurre en ella a nivel molecular.

EJEMPLO: ALUMNO/CASO 31

Tabla 3. El alumno identifica las dos condiciones del fenómeno de infección y el nivel celular de interacción con el virus.

	MCEA Avanzado	MEId
Condiciones del fenómeno	Presencia del SARS-CoV-2 al interior del cuerpo humano.	Si, el coronavirus del COVID-19 se contagia de una persona a otra por estomodo y entra al cuerpo por la nariz y la boca, llega a los pulmones.
	Interacción bioquímica del SARS-CoV-2 con las células humanas que tengan el receptor de membrana ACE2.	El coronavirus del COVID-19 interacciona con nariz, laringe, farínge, tráquea, vías respiratorias, pulmones, bronquios, células del pulmón.

Figura 1. El virus es escasamente representado con forma esférica, aunque sin detalle de interacción celular.



La Tabla 4 resalta que el alumno elaboró un MEId parcial y algo confuso, pero suficiente para compararlo con el MCEA Avanzado:



El MEI_d obtenido incluye DOyE notoriamente incompletas y con algunas confusiones en su construcción, pero resalta una representación mental que permitiría el tránsito hacia conocimiento científico escolar más complejo, como demanda el MCEA. Aunque el contenido sobre los virus ya se había abordado, no se logró la comprensión a nivel celular y molecular. Es posible que otro obstáculo cognitivo sea la repetición de conocimiento conceptual sin la comprensión profunda del fenómeno. El estudiante es capaz de establecer la relación entre el coronavirus, la noción de efecto dañino en la célula hospedadora y varios síntomas de enfermedad COVID-19, pero no explica cómo ocurre la alteración metabólica que lleva a la replicación viral, destrucción celular y sintomatología.

Gutiérrez explica (2007) que los sistemas de creencias estudiantiles y los sistemas de conocimiento de la ciencia quizá compartan categorías ontológicas y que los primeros, cognitivamente, originan las ideas espontáneas (p. 575). Afirma que éstas incluyen conocimientos cotidiano y formal en los procesos cognitivos de asimilación y acomodación. La autora agrega que la construcción de saberes sistematizada por la actividad científica formaliza el conocimiento (p. 577). El MCEA contribuye con la formalización de los MEI al proporcionar un análisis de éstos que establezca criterios útiles para construir modelos científicos escolares.

Conclusiones



El MCEA es un dispositivo teórico-metodológico que permite conocer y analizar los MEId con base en CA derivadas del enfoque semanticista de modelos. El MCEA orienta la sistematización de las explicaciones estudiantiles espontáneas y muestra con detalle los componentes ausentes y presentes de las DOyE en los MEId. Así, se identifica la profundidad cognoscitiva que tienen las representaciones mentales de los alumnos para comprender el fenómeno de infección por SARS-CoV-2 en células humanas y su relación con la COVID-19. La hipótesis se confirma ya que la categorización de los MEId en tres niveles (Básico, Intermedio y Avanzado) resalta dificultades en la construcción de conocimiento científico escolar, es decir, en la elaboración de éste existen omisiones y confusiones relacionadas con las entidades, propiedades, relaciones causales y relaciones funcionales que dan cuenta del fenómeno completo a nivel celular y molecular de manera específica para el caso SARS-CoV-2. A su vez, los MEId obtenidos resaltan los componentes de las DOyE que permitirían identificar criterios para el diseño y validación de secuencias didácticas pertinentes con las necesidades cognitivas de los estudiantes de Educación Media Superior. Por último, los datos empíricos obtenidos contribuyen con la actualización del registro acerca de las explicaciones estudiantiles espontáneas sobre el fenómeno de infección viral en general y sobre el SARS-CoV-2 en particular.

Referencias

- ENP/UNAM. (2017). *Programa Analítico. Biología IV. Quinto Año*, H. Consejo Técnico.
https://drive.google.com/file/d/0BxRqyCGTPlPfmZfETXbvbWI3Ykk/view?resourcekey=0-mxa4h4Ye_UowF1QG5nJMOg
- Giere, R. (1999). Using Models to Represent Reality. *Model-based reasoning in scientific discovery*, NY:Kluger Academic/Plenum Publishers, pp. 41-57.
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía –Escritos sobre la biología y su enseñanza*. 7(13), 37-66.
<https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia37.66>
- Gutiérrez, R. (2007). Sistemas de creencias, modelos mentales y cambio conceptual. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, Monografía VIII, Madrid*, pp. 573-585.



Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2021). Contribuciones de Giere a la reflexión sobre la educación científica. *ArtefaCToS. Revista de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología*, 10(1), 75-87.
<https://revistas.usal.es/index.php/artefactos/article/view/art20211017587>

Jones, G., Gardner, G., Lee, T., Poland, K. y Robert, S. (2013). The Impact of Microbiology Instruction on Students' Perceptions of Risks Related to Microbial Illness. *International Journal of Science Education, Part B*, 3(3), 199–213.
<http://dx.doi.org/10.1080/21548455.2012.684434>

López y Mota, A. (2019). Secuencias didácticas y el contenido de enseñanza. En Ángel D. López-Mota, *Modelos Científicos Escolares: el caso de la obesidad humana*. Ciudad de México: Universidad Pedagógica Nacional (Colección Horizontes Educativos), pp. 15-72.



López y Mota, A. y Moreno, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de la fermentación. *Biografía Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7(13), 109–126.

OMS. (5 de junio de 2022). *COVID-19: cronología de la actuación de la OMS*.
<https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>

Prout, A. (1985) Science, health and everyday knowledge: a case study about the common cold. *European Journal of Science Education*, 7(4), 339-406.
<http://www.tandfonline.com/loi/tsed19>

René, E. y Gilbert, L. (1994). Les représentations du concept de microbe: un construit social contournable? *Didaskalia*, 3, 43-60. http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/didaskalia/INRP_RD003_4.pdf

Sabariago, M. (2009). Capítulo 4. El proceso de investigación (parte 2). *Metodología de la Investigación Educativa*, ed. La Muralla, pp. 127-292.

Simoneaux, L. (2000) A study of pupils' conceptions and reasoning in connection with "microbes", as a contribution to research in biotechnology education. *Internacional Journal of Science education*, 6, 619-644

XI CONGRESO LATINOAMERICANO DE ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

*"Aproximaciones a las problemáticas y
necesidades de la región"*

Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2022; Número Extraordinario. pp 963-975. ISSN 2619-3531. Memorias XI Congreso Latinoamericano de Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. 27 y 28 de octubre 2022. Modalidad virtual.

Torrado, M. (2009). Capítulo 7. Estudios de encuesta. *Metodología de la Investigación Educativa*, ed. La Muralla, pp. 231-257.

