

# El uso de modelos en la enseñanza investigativa para promover la participación activa de los alumnos de la educación primaria

Cleudinaldo Guimarães Siles 

*Escola Municipal Lions Clube Ocián, Praia Grande-SP, Brasil. Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (campus São Paulo). Brasil. [cleusiles@yahoo.com.br](mailto:cleusiles@yahoo.com.br)*

Andre Perticarrari 

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (Departamento de Ciências e Matemática, campus São Paulo). Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática. Brasil. [aperticarrari@ifsp.edu.br](mailto:aperticarrari@ifsp.edu.br)*

[Recibido: 14 febrero 2025, Revisado: 04 julio 2025, Aprobado: 23 septiembre 2025]

**Resumen:** Diversos enfoques pedagógicos abordan cómo convertir a los alumnos en protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje, entre ellos las Secuencias de Enseñanza Investigativa y el uso del Aprendizaje Basado en Modelos. Se dispone rápidamente de mucha información. El reto consiste en conseguir que los alumnos utilicen los conocimientos para resolver problemas, haciéndoles participar activamente en el proceso. El objetivo era comprobar si el uso combinado de ambos tiene un efecto diferente en los indicadores de alfabetización científica y compromiso activo de los estudiantes. Para ello, aplicamos una Secuencia de Enseñanza Investigativa en dos clases, en una de las cuales no se utilizó la modelización. No hubo diferencias en cuanto a los indicadores de alfabetización científica en ninguna de las dos clases, pero sí hubo mayor compromiso activo en la clase que utilizó modelos. Concluimos que el uso combinado del Enfoque Basado en Modelos y la Secuencia de Enseñanza Investigativa conduce a un mayor compromiso activo por parte de los alumnos, con más interacciones discursivas relacionadas con la alfabetización y argumentación científica.

**Palabras clave:** Alfabetización Científica; Aprendizaje Basado en Modelos; Enseñanza investigativa.

**The use of models in investigative teaching to encourage active participation among elementary school students**

**Abstract:** Various teaching approaches discuss how to make students the protagonists of the teaching-learning process, including Investigative Teaching Sequences and the use of Model-Based Learning. A lot of information is available quickly. The challenge is to engage students in applying their knowledge to solve problems, making them active participants in the process. We wanted to see whether the combined use of the two has a different effect on students' active engagement and indicators of scientific literacy. To test this, we applied an investigative teaching sequence in two classes. One class did not use modeling. There were no differences in terms of scientific literacy indicators in either class, but there was greater active engagement in the class that used models. We conclude that the combined use of the Model-Based Approach and the Investigative Teaching Sequence results in greater active engagement among students, with more discursive interactions related to literacy and scientific argumentation.

**Keywords:** Scientific Literacy; Model-Based Learning; Investigative teaching.

---

**Para citar este artículo:** Guimarães Siles, C. y Perticarrari, A. (2026) El uso de modelos en la enseñanza investigativa para promover la participación activa de los alumnos de la educación primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 23(1), 1102. [http://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2026.v23.i1.1102](http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1102)

---

## Introducción

Actualmente, la enseñanza en las escuelas sigue caracterizándose por la transmisión de contenidos mediante metodologías tradicionales, como las clases magistrales, en las que los alumnos desempeñan un papel pasivo (Gomes y Lage, 2022). Sin embargo, ante el acceso inmediato a la información, el reto consiste en involucrar a los estudiantes en procesos activos de investigación, selección y uso crítico del conocimiento para resolver problemas cotidianos y construir su propio saber.

La pandemia de COVID-19 ha intensificado la difusión de la información científica a través de diversos medios, popularizando términos como epidemia, virus y vacunación, además de fomentar debates sobre la ciencia y sus métodos. Este escenario refuerza la necesidad de repensar la enseñanza de las ciencias, promoviendo la participación activa de los alumnos, para que apliquen críticamente los conocimientos en sus vidas. Como afirma Chassot (2018) “debemos convertir la enseñanza de las ciencias en un lenguaje que facilite a los alumnos la comprensión del mundo” (p. 122).

Se han propuesto diversos enfoques para situar al alumno en el centro del aprendizaje. Bacich y Moran (2018) afirman que las prácticas activas son enfoques pedagógicos que sitúan al alumno en el centro del proceso, estimulando su aprendizaje a través del descubrimiento, la investigación o la resolución de problemas. Destacan las Secuencias de Enseñanza Investigativa-SEI (Carvalho, 2013; Santana y Sedano, 2021) y el Aprendizaje Basado en Modelos-ABM (Seel, 2017), ambos relacionados con la práctica científica, como la formulación de problemas, hipótesis y el uso de evidencias (Justi, 2015; Sasseron y Carvalho, 2011; Wilson et al., 2020). La ABM también contribuye a la atención y la participación activa de los estudiantes (Perticarrari y Figueiredo, 2022; Seel, 2017). Aunque son escasos los estudios que combinen estos dos enfoques en la enseñanza de las ciencias.

La integración entre la SEI y la ABM puede, además de abordar aspectos centrales de la actividad científica basados en la alfabetización científica, estimular una mayor participación de los estudiantes en el proceso educativo. Por lo tanto, se propone que la articulación de estos enfoques favorezca tanto los indicadores de argumentación y alfabetización científica-AC como el compromiso activo-CA de los estudiantes.

Este estudio analiza el impacto de la incorporación del enfoque ABM en una SEI sobre los indicadores de AC y CA de los estudiantes, en comparación con una secuencia sin dicha integración. Se examinaron posibles diferencias en la distribución de los indicadores de CA y un mayor número de interacciones discursivas y acciones en el aula (interacciones entre estudiantes y uso de argumentos) para su evaluación.

## Marco teórico

El uso de modelos para comprender y explicar el mundo físico y social es una práctica antigua. Ejemplos como los modelos atómicos, el modelo corpuscular de la luz y la doble hélice del ADN son ampliamente reconocidos en las ciencias (Seel, 2017). Sin embargo, es importante distinguir los modelos científicos consolidados de los utilizados en la enseñanza y los creados por los alumnos, que reflejan interpretaciones personales y su comprensión individual de las teorías (Figueiredo, 2021).

En este contexto, se adopta una perspectiva centrada en los procesos de enseñanza y aprendizaje. El ABM se fundamenta en la construcción y evolución de modelos mentales por parte del estudiante, usualmente aplicados a fenómenos dinámicos, donde se organiza

información sobre la interacción entre distintos componentes (Buckley, 2012). Este proceso puede materializarse mediante representaciones concretas - como maquetas, programas informáticos, terrarios, acuarios, entre otros recursos - que contribuyen a la construcción de significados sobre los fenómenos naturales abordados (Moraga-Toledo y Espinet-Blanch, 2024). Dichos modelos permiten a los científicos visualizar y estructurar su razonamiento teórico respecto a un fenómeno, simplificando su complejidad, posibilitando la validación de hipótesis y la realización de predicciones (Wilson et al., 2020). De este modo, los estudiantes pueden aplicar estos mismos principios para explorar los contenidos escolares, manipulando activamente variables y conceptos, y participando en prácticas de creación, comprobación y evaluación de modelos, lo que favorece el desarrollo del pensamiento creativo (Manee y Nuangchalerm, 2023; Mozzer y Justi, 2018), siempre con la mediación docente.

Considerando que numerosos fenómenos científicos poseen un elevado grado de abstracción, se recomienda su abordaje mediante la modelización (Gödek, 2004). Un modelo puede entenderse como una representación simplificada de una realidad compleja, sin que ello implique la pérdida de precisión conceptual. En tal sentido, se seleccionan procesos y variables clave que permiten representar de forma aproximada el fenómeno real (Mandai, 2014). Sin embargo, es imprescindible evitar que el modelo sea concebido como una réplica exacta de la realidad en la mente del estudiante (Ferreira, 2006; Gödek, 2004; Harison y Treagust, 2000; Prestes, 2013). En consecuencia, el rol del docente es guiar el razonamiento de los estudiantes hacia una comprensión adecuada del carácter representacional y funcional de los modelos científicos.

Dada la imposibilidad de abordar directamente ciertos fenómenos naturales en el contexto escolar -ya sea por su escala, complejidad o la necesidad de experimentación-, el ABM se revela como una estrategia didáctica altamente efectiva (Namdar y Shein, 2015). Esta metodología permite tratar fenómenos que escapan a la observación directa, facilitando su visualización mediante representaciones accesibles (Treagust et al., 2002). Justi (2015) destaca que la modelización científica promueve habilidades como la visualización de conceptos abstractos, la estructuración de explicaciones, la simulación de situaciones hipotéticas y la elaboración o expansión de teorías científicas. Así, se concluye que esta estrategia no solo fortalece la comprensión de contenidos científicos, sino que también contribuye a una formación integral del estudiantado. En el presente estudio, la elección del tema *vacunas* -por su dimensión microscópica y relevancia social- justifica plenamente la incorporación de esta estrategia.

La articulación entre esta metodología y un enfoque de enseñanza investigativa representa, a nuestro juicio, una vía eficaz para promover el involucramiento activo del alumnado. La SEI constituye una propuesta pedagógica que fomenta la indagación guiada por el docente (Sasseron, 2015), situando al estudiante como protagonista del proceso educativo (Scarpa y Campos, 2018). Este participa activamente mediante preguntas y problemas cuya resolución demanda la recopilación, el análisis y la interpretación de datos, conduciendo a conclusiones fundamentadas en evidencia y reflexión crítica (Scarpa y Campos, 2018). Adicionalmente, este enfoque facilita la contextualización del conocimiento, superando la fragmentación y aproximando los contenidos científicos a la realidad cotidiana de los estudiantes (Carvalho, 2013; Scarpa y Campos, 2018).

La combinación de la modelización con la enseñanza investigativa -dado que ambas requieren la manipulación de variables y la realización de pruebas dirigidas a objetivos específicos- puede favorecer un nivel elevado de atención sostenida durante el desarrollo

de las tareas. Esta integración propicia una participación activa de los estudiantes en todas las fases del proceso de modelización, potenciando así la construcción significativa del conocimiento (Justi, 2015).

La investigación en neurociencia cognitiva identifica la existencia de dos sistemas de control atencional: el reactivo y el proactivo (Seel, 2017). El primero se activa tras la aparición de interferencias y se basa en la memoria de trabajo (Braver, 2012), mientras que el segundo anticipa y predice las demandas antes de su manifestación. El ABM, por su orientación a la resolución de problemas a través de la construcción y aplicación de representaciones, favorece el control proactivo y una atención sostenida, lo cual se traduce en un mayor compromiso con las tareas. Este proceso involucra estructuras cerebrales clave, como la corteza prefrontal, el hipocampo y regiones corticales asociadas al lenguaje, la imagen y los sentidos, las cuales optimizan la memorización significativa (Dehaene, 2022).

En la SEI implementada en este estudio, se integraron modelos, textos y recursos audiovisuales con el fin de abordar la pregunta-problema planteada. No obstante, se enfatiza que ni la enseñanza investigativa ni la modelización constituyen objetivos en sí mismos. Uno de los propósitos fundamentales de la enseñanza de las ciencias es la AC (Sasseron y Souza, 2017). El uso combinado de ambas metodologías no solo potencia la atención y la participación activa del alumnado, sino que también favorece el desarrollo de competencias inherentes al quehacer científico, tales como la formulación de hipótesis, la argumentación basada en evidencias y el pensamiento lógico y crítico. Estas competencias se articulan con los ejes estructurantes de la AC, como la comprensión de conceptos fundamentales, el entendimiento de la naturaleza de la ciencia, los aspectos éticos y políticos que la rodean, y la interrelación entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (Sasseron y Carvalho, 2008).

En consecuencia, corresponde al docente asumir la responsabilidad de formar sujetos críticos, capaces de utilizar el conocimiento científico como herramienta de transformación de la realidad en la que están inmersos (Chassot, 2018). La elección de temáticas vinculadas al contexto cotidiano, como el estudio de las vacunas durante la pandemia, constituye una oportunidad valiosa para la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados, capaces de comprender conceptos complejos y aplicarlos con conciencia crítica en la resolución de problemas sociales y personales (Krasilchik, 2011).

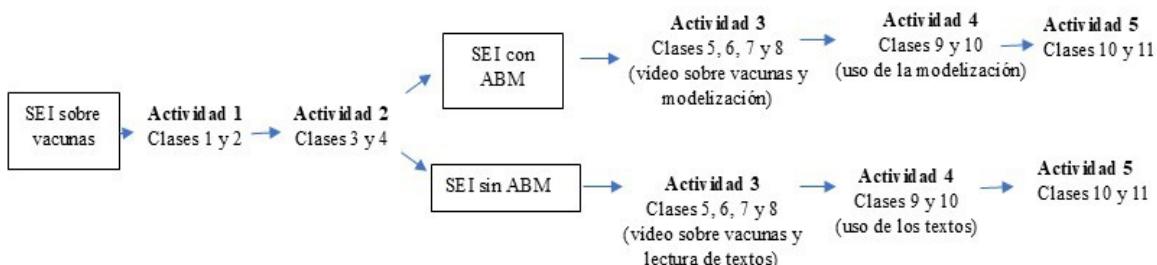
## Metodología

El estudio, de naturaleza cualitativa, busca profundizar en la comprensión de los fenómenos desde la perspectiva de los participantes en su entorno natural (Sampieri et al., 2013). El profesor de la clase también actuó como investigador y observador participante, desarrollando el estudio en la escuela entre septiembre y diciembre de 2021. Un posible sesgo de la observación participativa es la perspectiva limitada, que puede impedir captar todos los aspectos del fenómeno (Flick, 2009). Para minimizarlo, se grabaron las actividades para su posterior transcripción.

La investigación involucró a dos clases de séptimo grado, con veinte alumnos cada una, de una escuela municipal en Praia Grande-SP, Brasil, que ya asistían a clases durante la pandemia. Las edades oscilaban entre los 11 y los 16 años, siendo el 68 % entre 12 y 13 años. En cada clase se aplicó una secuencia de enseñanza investigativa sobre las vacunas, alineada con la BNCC, centrada en argumentar su importancia para la salud pública,

teniendo en cuenta su acción en el organismo y su papel histórico en la protección individual, colectiva y en la erradicación de enfermedades (Brasil, 2018).

En una clase aplicamos el enfoque de ABM asociado a la SEI, y en la otra no (Figura 1), en un estudio comparativo sin grupo de control. La investigación fue aprobada por el Comité de Ética en Investigación del Instituto Federal de São Paulo (dictamen número 3.622.380).



**Figura 1.** Diseño del estudio. Las actividades 1 y 2 fueron similares en ambos tratamientos, diferenciándose en las tres últimas. El plan de actividades puede consultarse en el siguiente link: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/742827>, así como las Tablas A y B en el Anexo 1.

En la Actividad 1, se aplicó un diagnóstico a través de Google Forms en cada clase, con el objetivo de identificar los conocimientos previos de los alumnos sobre las vacunas y planificar los siguientes pasos.

Para el resto de actividades, los datos se recopilaron mediante grabaciones de audio y vídeo de las clases, que posteriormente se transcribieron, observaciones en el aula y análisis de los materiales elaborados por los alumnos. Las interacciones entre alumnos y profesor, así como las acciones realizadas durante las actividades, sirvieron para analizar la participación activa de los alumnos. Se consideraron pruebas de participación las preguntas formuladas, los diálogos establecidos y las iniciativas para explicar conceptos a los compañeros.

Para evaluar el desarrollo de AC se utilizaron los indicadores AC de Sasserón y Carvalho (2008) (Anexo 1), y el desarrollo de ABM se analizó a partir de las grabaciones y materiales producidos, junto con su posterior codificación para el estudio del CA en distintas fuentes de evidencia. Este análisis se realizó mediante la triangulación de los datos de AC con observaciones, grabaciones y materiales producidos, evaluando las interacciones discursivas y la participación de los alumnos en el aula (interacciones con otros alumnos y uso de argumentos). La argumentación se analizó según los criterios de Justi (2015), presentados en la tabla D del Anexo 1.

## Resultados

La mayoría de las actividades fueron realizadas individualmente por los estudiantes, solo la actividad 4 de la clase que utilizó modelos se realizó en grupos.

En la Actividad 1 se investigaron los conocimientos previos de los alumnos sobre las vacunas para orientar los pasos siguientes. La tasa de vacunación fue del 62 % (59 % con la primera dosis y 3 % con la segunda), y todos reconocían su importancia. Sin embargo, el 37 % no sabía cómo actúan las vacunas y el 14 % creía que curaban la enfermedad. En cuanto a las consecuencias de la baja adherencia a la vacunación, el 43 % señaló el aumento de los casos, el 30 % la continuidad de la pandemia y el 27 % el riesgo de muerte. Las respuestas revelaron niveles similares de conocimiento y opinión entre las dos clases.

En la Actividad 2, realizada con ambos grupos, el objetivo fue presentar la cuestión problemática y formular hipótesis. La elaboración de la pregunta tuvo en cuenta los conocimientos previos de los alumnos, la relevancia del tema y el contexto pandémico actual (Figura 2).

#### Presentación de la pregunta problema contenida en el SEI

El 31 de diciembre de 2019, la Organización Mundial de la Salud (OMS) fue alertada de varios casos de neumonía en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, en la República Popular China. Se trataba de un nuevo tipo de coronavirus que no se había identificado antes en humanos.

Una semana después, el 7 de enero de 2020, las autoridades chinas confirmaron que habían identificado un nuevo tipo de coronavirus. Los coronavirus están por todas partes. Son la segunda causa principal del resfriado común (después de los rinovirus) y, hasta las últimas décadas, rara vez causaban enfermedades más graves en humanos que el resfriado común. Sin embargo, el nuevo coronavirus es más grave y ha provocado la muerte de miles de personas en todo el mundo, convirtiéndose en una pandemia. La ciencia se apresuró a crear una vacuna contra la enfermedad, y los primeros inmunizadores estuvieron listos a mediados de 2020. Hasta entonces, una vacuna tardaba más de 10 años en estar lista, mientras que la que combate el Covid-19 llegaba a los brazos de la gente en meses.

Adaptado de <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>

**Daniel Sues es un niño de 13 años que no quiere vacunarse contra el Covid-19 porque le dan miedo las agujas. Sus padres tampoco quieren que se vacune porque temen que la vacuna le provoque efectos secundarios. Si no se vacuna, ¿qué le puede pasar? Si no se la pone y sigue yendo al colegio, ¿podría pasarle algo a sus compañeros? ¿Cómo actúa la vacuna dentro del organismo?**

**Figura 2.** La pregunta problema dirigida a los alumnos de ambas clases se basaba en el contexto de la pandemia y en sus conocimientos previos.

A continuación, los alumnos leyeron el texto y la pregunta-problema, reflexionando sobre el funcionamiento de las vacunas, sus efectos en la salud colectiva y las posibles consecuencias de la no vacunación en el entorno escolar. A partir de ahí, formularon hipótesis sobre los impactos esperados (Figura 3), explorando directamente el indicador de formulación de hipótesis y expresando libremente sus ideas.

1) Se ele não tomar a vacina, o que pode acontecer com ele?	<i>Ele pode contrair a doença e acabar falecendo.</i>
2) Se ele não tomar e continuar indo para a escola pode acontecer alguma coisa com os colegas da sala dele? Justifique.	<i>Depende, se ele desobedecer as ordens (ficar sem máscara, sem distanciamento social...) ele vai acabar infecionando a todos.</i>
3) Como a vacina atua dentro do corpo?	<i>Eu acho que funciona assim: A vacina entrará no corpo como se fosse o vírus (por isso ficamos com dor), mas as bactérias boas percebem que é uma vacina e o deixa passar.</i>

**Figura 3.** Ejemplo de hipótesis planteadas por los alumnos (Actividad 2).

En la Actividad 3, basándose en el ABM, los alumnos estudiaron la acción de las vacunas en el organismo. Después de ver una película sobre su historia y funcionamiento, crearon vídeos con modelos de plastilina para ilustrar la interacción entre la vacuna y el sistema

inmunitario. Las producciones se presentaron en clase y se debatieron, con intervenciones del profesor ante dudas o conceptos erróneos (Figura 4).



**Figura 4.** Fotograma 1 del video sobre la acción de la vacuna en el producido por el alumno (obsérvese que el alumno aporta la idea de que la vacuna previene la transmisión).

**Tabla 1.** Diálogos tras la proyección del video del alumno y clasificación de los discursos según los indicadores del AC.

Interacciones discursivas	Indicadores AC
<b>Prof:</b> En este pasaje, ¿qué quiere decir?	-
<b>Al10:</b> Que las personas vacunadas no transmiten COVID-19.	Explicación
<b>Prof:</b> Chicos, ¿las personas vacunadas no transmiten el COVID?	-
<b>Al8:</b> No lo creo.	Explicación
<b>Al3:</b> Si no se transmite, ¿por qué debemos llevar mascarilla aunque estemos vacunados?	Razonamiento lógico
<b>Prof:</b> ¡Buena pregunta! ¿Qué pasa, chicos?	-
<b>Al2:</b> Creo que sí, así que tienes que seguir llevando la máscara.	Justificación

*Nota.* En este extracto, un alumno, Al 3, cuestiona la información proporcionada en el video y otro alumno la complementa, Al 2). Prof - Profesor, Al - Alumno.

Identificamos algunas capacidades argumentativas y habilidades relacionadas (véase Tabla 1). Los alumnos Al10 y Al3 utilizaron datos en argumentos y contraargumentos, como hizo Al3 respecto a Al8, y elaboraron explicaciones mediante analogías (Figura 4).

En otro fotograma, Al10 representó la prevención de enfermedades con dos soldados en entrenamiento, usando analogías para justificar su argumento (Figura 5). Durante el debate también surgieron indicadores de AC y argumentación, como el uso de evidencias por Al3 y Al7 (Tabla 2).

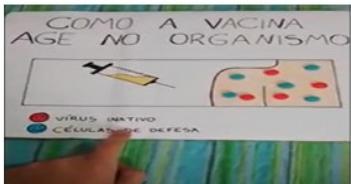


**Figura 5.** Fotograma 2 del mismo video que la figura.

**Tabla 2.** Diálogos después de mostrar el vídeo del alumno y su respectivo indicador AC.

Interacciones discursivas	Indicadores AC
<b>Prof:</b> Ahora voy a pedirle a Al 3 que lea este pasaje	-
<b>Prof:</b> Entonces acércate. (El alumno se acerca y lee)	-
<b>Al3:</b> Pero, ¿qué ocurre cuando se inyecta una vacuna en nuestro cuerpo? Al cabo de un tiempo, la vacuna "entrena" al sistema inmunitario para que la próxima vez que entre en contacto con el virus o la bacteria, los combata, evitando que la enfermedad se propague por el organismo.	Explicación
<b>Prof:</b> Chicos, ¿entonces hay que vacunarse antes o después de entrar en contacto con virus o bacterias?	-
<b>Al8:</b> Tienes que tomarlo primero, ¿verdad?	Previsión
<b>Prof:</b> Y si me pongo la vacuna después, ¿la vacuna combatirá el virus?	-
<b>Al7:</b> Creo que sí, porque para eso está la vacuna.	Explicación
<b>Prof:</b> ¿Recuerdas la historia de las vacunas que vimos en el vídeo? (El profesor hace referencia al vídeo mostrado anteriormente).	-
<b>Prof:</b> Entonces, ¿en el vídeo las vacunas se utilizaban para curar o para evitar que la persona contrajera la viruela?	-
<b>Al3:</b> Para evitar contraer la viruela.	Previsión

Observamos que, al realizar los vídeos, los alumnos adoptaron una postura activa, mostrando un alto nivel de implicación y concentración. Además, lograron expresar sus concepciones sobre el fenómeno elaborando argumentos para fundamentar sus justificaciones con lenguaje científico (habilidades 9 y 10) (Figura 6). Como resultado, socializaron sus ideas y debatieron los conceptos, con la intervención del profesor como mediador en la construcción del conocimiento.



**Al 4:** "Buenas tardes profesor, hoy voy a presentar mi trabajo sobre cómo actúan las vacunas en el organismo. Dentro de la vacuna puede haber virus o bacterias de la enfermedad muertos o debilitados, que no son capaces de hacer que nuestro cuerpo reciba la enfermedad. El objetivo principal de la vacuna es que provoque una respuesta de nuestro sistema... inmunitario...(tartamudea). Cuando se aplica al cuerpo (coge bolas que estaban en una jeringuilla y las pone sobre la representación de una persona dibujada en un papel) tu cuerpo ya empezará a crear una respuesta. Después de que se haya desarrollado la respuesta del sistema inmunitario... al cabo de un tiempo tu cuerpo (pausa) volverá a encontrarse con este antígeno, cierto, pero al ser este antígeno capaz de causar la enfermedad en tu cuerpo ya habrá conseguido crear anticuerpos para detener la enfermedad. En este caso, los anticuerpos (pausa) se adhieren al virus o bacteria, impidiendo que el virus o bacteria cause la enfermedad en tu cuerpo. Para explicarlo mejor, el rojo es el virus inactivo (señala una bolita roja) y el azul es una célula de defensa."



**Al 7:** "Hoy vamos a ver cómo reacciona la vacuna en nuestro cuerpo. Digamos que esta muñequita de aquí (señala a la muñeca de plastilina) tiene COVID. Pero antes de tener COVID, tenía la vacuna. Así que, desde el momento en que ha recibido la vacuna (muestra una inyección hecha de plastilina), cuando tomamos la vacuna aquí, que es el inmunizante (señala una bolita con siete "pelos") que no está completo porque sólo ha recibido la primera dosis, viene, va al virus y lo cubre para que no pueda causar ningún efecto secundario en la persona (Figura 9). Entonces el virus se vuelve mucho más débil y no puede tener ningún efecto en la persona, como dolor de cabeza, náuseas y otros efectos que tiene el virus. Entonces, después de tomar la segunda dosis, todo está completo (señala la bolita que ahora tiene más "pelos"), incluso puedes tener COVID, pero no tendrás ningún efecto de COVID".

**Al 11:** "Esos son los antígenos. Esos son los receptores. Y ese color azul es el virus debilitado, muerto, o las proteínas que componen los antígenos. Y ciertos antígenos tienen forma de triángulos, bolas y cuadrados que cambian de forma. Y el anticuerpo que se utilizaba para el triángulo ya no se utiliza porque el antígeno ha cambiado de forma. Esto es lo que ocurre con los virus de algunas enfermedades parecidas a la gripe".

**Figura 6.** Fotogramas de dos vídeos y transcripciones respectivas de los discursos de los alumnos. El alumno 4 plantea la idea de una vacuna curativa y vemos el indicador AC - Organización de la información (última frase). El alumno 7 plantea la idea de prevención. El alumno 11, por su parte, va más allá y discute el papel de la mutación del virus (indicador AC - Organización de la información (última frase)). Serialización de la información. En todos ellos, observamos el indicador AC - Clasificación de información.

En esta etapa del SEI, observamos más discusión sobre las ideas presentadas en los vídeos, con otros indicadores de AC:

Extracto 1 de los diálogos en clase (Indicadores de AC/de Argumentación):

Alumno 10: Que las personas vacunadas no transmiten el COVID-19. (Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 1 y 4)).

Al 3: Si no se transmite, ¿por qué debemos llevar mascarilla, aunque estemos vacunados? (Razonamiento lógico/Contraargumento (habilidad 13)).

Al 10: Un tiempo después de administrar la vacuna, ésta "entrena" al sistema inmunitario... (Razonamiento lógico/Manejo de pruebas (habilidades 1 y 4))... para que la próxima vez que entren en contacto con dicho virus o bacteria, puedan combatirlos, evitando que la enfermedad se propague por el organismo. (Explicación/Elaborar argumentos (habilidad 9)).

Al 7: Entonces, desde el momento en que está vacunada, cuando tomamos la vacuna - aquí, que es el inmunizante que no está completo porque sólo ha tomado la primera -, viene, va al virus y cubre el virus para que no pueda causar ningún efecto secundario en la persona. (Justificación/Elaborar argumentos (habilidades 6, 9 y 10)).

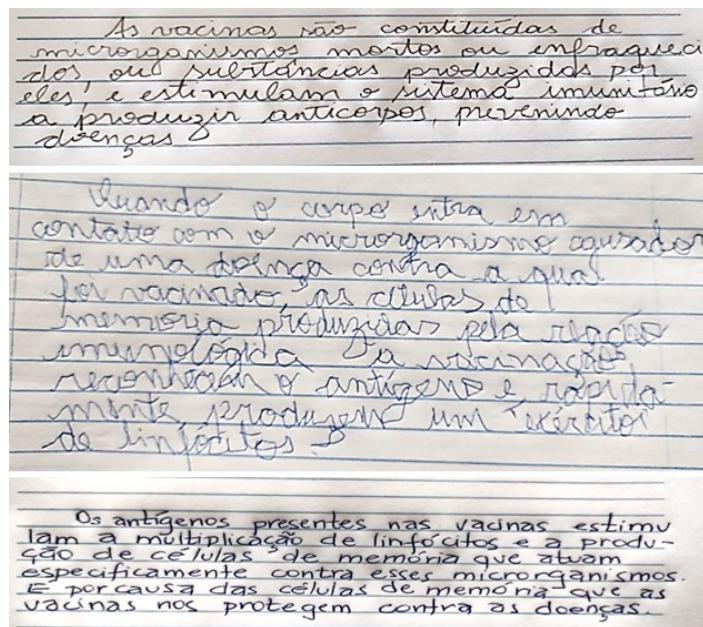
Al 7: Entonces el virus se vuelve mucho más débil y no puede tener ningún efecto sobre la persona, como dolor de cabeza, náuseas y otros efectos que tiene el virus. (Justificación). Entonces, una vez que hayas tomado la segunda dosis, todo estará completo; incluso puede que tengas COVID, pero no tendrás ningún efecto COVID. (Razonamiento lógico/Elaborar argumentos (habilidad 9)).

Al 4: El principal objetivo de la vacuna es que provoque una respuesta de nuestro sistema inmunitario. (Explicación/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

Al 4: Despues de que se haya desarrollado la respuesta del sistema inmune... al cabo de un tiempo tu cuerpo (pausa) se volverá a encontrar con este antígeno, ¿cierto? (Razonamiento lógico/Manejo de pruebas (habilidad 1)) ...sólo que, al ser este antígeno capaz de causar la enfermedad en tu cuerpo, ya habrá conseguido crear anticuerpos para detener la enfermedad. (Explicación/Elaborar argumentos (habilidades 5, 7 y 9)).

Al 3: Las vacunas actúan en nuestro cuerpo así: o con el virus muerto, o con el virus debilitado, o con el virus en pedazos. (Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 3 y 4)).

En este diálogo se observa el uso de argumentos, con Al10 y Al3 seleccionando pruebas relevantes y formulando críticamente argumentos y contraargumentos, diferenciando causas para justificar sus planteamientos (Al4, Al7). En la clase sin ABM, tras la proyección de la película, el profesor retomó la pregunta-problema y leyó un texto sobre el funcionamiento del sistema inmunitario tras la vacunación. Al responder “¿Cómo funcionan las vacunas dentro del organismo?”, muchos alumnos se limitaron a reproducir fragmentos del texto (Figura 7)



**Figura 7.** Respuestas de los alumnos sobre cómo actúan las vacunas en el organismo.

A continuación, formuló algunas preguntas para comprobar si los alumnos habían comprendido (Tabla 3).

**Tabla 3.** Indicadores de alfabetización científica y argumentación observados en los diálogos entre alumnos y profesores.

Sujeto	Interacciones discursivas	Indicadores de AC/de Argumentación
Al6	Los抗igenos presentes en las vacunas estimulan la multiplicación de los linfocitos y la producción de células de memoria que actúan específicamente contra estos microorganismos. Es gracias a las células de memoria que las vacunas nos protegen contra las enfermedades.	Razonamiento Lógico-proporcional/Manejo de pruebas (habilidades 1, 3 y 4).
Prof	Gracias Al 6. Chicos, ¿qué son esos抗igenos de la vacuna?	-
Al2	Debe ser alguna sustancia que le ponen, ¿no?	Formulación de hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1).
Prof	Sí, pero ¿qué sustancia crees que es?	-
Al5	No lo sé. Creo que es algo químico.	Formulación de hipótesis/Contraargumento (habilidad 12).
Prof	¿Alguien se imagina lo que es? (Silencio). Pues anótalo en tu cuaderno para investigar: "¿Qué son los抗igenos? ¿Hay alguna otra palabra en el texto que te haya resultado difícil?"	-
Al8	Ah, ésta, a ver, patógenos.	-
Al7	Linfocitos, profesor.	-

Ante la dificultad de los alumnos para comprender ciertos conceptos, el profesor sugirió una investigación en casa, pero como no se llevó a cabo, los llevó al aula de informática para investigar y debatir en grupo. En esta actividad, destacó el indicador de AC Explicación y también indicadores de argumentaciones con habilidades variadas, pero menos frecuentes (Tabla 4).

**Tabla 4.** Indicadores alfabetización científica observados en los diálogos entre alumnos y profesor.

<b>Sujeto</b>	<b>Interacciones discursivas</b>	<b>Indicadores de AC/de Argumentación</b>
Al18	Las vacunas se componen de microorganismos muertos o debilitados, o de sustancias producidas por ellos, y estimulan el sistema inmunitario para que produzca anticuerpos, previniendo enfermedades.	Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 1, 2, 3 y 4) y Elaborar argumentos (habilidades 5, 9 y 10).
Al6	Los antígenos presentes en las vacunas estimulan la multiplicación de linfocitos y la producción de células de memoria que actúan específicamente contra esos microorganismos. Es gracias a las células de memoria que las vacunas nos protegen contra las enfermedades.	Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 1, 3 y 4) y Elaborar argumentos (habilidad 7).
Al19	Cuando un organismo entra en contacto con el microorganismo causante de una enfermedad contra la que ha sido vacunado, las células de memoria producidas por la reacción inmunitaria a la vacunación reconocen el antígeno y producen rápidamente un ejército de linfocitos para defender el organismo.	Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 3 y 4) y Elaborar argumentos (habilidades 7, 8, 9 y 10).
Al2	Debe ser alguna sustancia que le ponen, ¿no?	Formulación de hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1).

Al analizar los datos de la Actividad 3, se observó una mayor participación activa entre los estudiantes que utilizaron modelos, en comparación con los que solo utilizaron textos, como lo demuestra el mayor número de interacciones discursivas registradas y los indicadores de argumentación (Tabla 5).

**Tabla 5.** Algunas interacciones discursivas observadas en la actividad con y sin el uso de un modelo.

<b>SEI con modelos</b>			<b>SEI sin modelos</b>		
<b>Sujeto</b>	<b>Interacciones discursivas</b>	<b>Indicadores de AC/de Argumentación</b>	<b>Sujeto</b>	<b>Interacciones discursivas</b>	<b>Indicadores de AC/de Argumentación</b>
Al7	Creo que va a combatir, porque para eso es la vacuna.	Formulación de hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1).	Al2	Debe ser alguna sustancia que le ponen, ¿no?	Formulación de hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1).
Al6	Entonces, desde el momento en que ella tomó la vacuna, cuando tomamos la vacuna aquí, que es el inmunizante que no está completo porque solo tomó la primera dosis, este llega, va hasta el virus y lo cubre para que no pueda causar ningún efecto secundario en la persona. Luego, el virus se debilita mucho y no puede causar ningún efecto en la persona, como dolor de cabeza, náuseas y otros efectos que causa el virus.	Justificación/Elaborar argumentos (habilidades 6 a 10). Justificación/Elaborar argumentos (habilidades 6 a 10).	Al18	Las vacunas están compuestas por microorganismos muertos o debilitados, o por sustancias producidas por ellos, y estimulan el sistema inmunitario para que produzca anticuerpos, previniendo enfermedades.	Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 3 y 4) y Elaborar argumentos (habilidades 7, 9 y 10).

**Tabla 5.** Continuación.

SEI con modelos			SEI sin modelos		
Sujeto	Interacciones discursivas	Indicadores de AC/de Argumentación	Sujeto	Interacciones discursivas	Indicadores de AC/de Argumentación
Al7	Entonces, después de tomar la segunda dosis, todo está completo, puedes tener COVID, pero no tendrás ningún efecto del COVID. Después del desarrollo de la respuesta del sistema inmunológico... después de pasar un tiempo, tu cuerpo toma (pausa) y reencuentra este antígeno...	Razonamiento Lógico/Elaborar argumentos (habilidades 5 a 7 y 9 y 10).  Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 3 y 4).	Al6	Los antígenos presentes en las vacunas estimulan la multiplicación de los linfocitos y la producción de células de memoria que actúan específicamente contra estos microorganismos. Es gracias a las células de memoria que las vacunas nos protegen contra las enfermedades.	Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 1, 3 y 4) y Elaborar argumentos (habilidades 7, 9 y 10).
Al4	... solo que, como ese antígeno es capaz de causar la enfermedad en su cuerpo, ya habrá creado anticuerpos para detenerla.	Razonamiento Lógico/Contraargumento (habilidad 12).	Al19	Cuando un cuerpo entra en contacto con el microorganismo causante de una enfermedad contra la que ha sido vacunado, las células de memoria producidas por la reacción inmunológica a la vacuna reconocen el antígeno y producen rápidamente un ejército de linfocitos para defender el organismo.	Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 1, 3 y 4) y Elaborar argumentos (habilidades 7 a 10).
Al3	Las vacunas actúan en nuestro cuerpo de esta manera, ya sea con el virus muerto, con el virus debilitado o con el virus fragmentado.	Explicación/Manejo de pruebas (habilidades 1, 3 y 4).	-	-	-
Al10	Que las personas vacunadas no transmiten la COVID-19.	Explicación/Elaborar argumentos (habilidad 6).	-	-	-
Al3	Si no se transmite, ¿por qué debemos usar mascarilla aunque estemos vacunados? Un tiempo después de ser aplicada, la vacuna “entrena” el sistema inmunológico...	Razonamiento Lógico/Contraargumento (habilidad 12).  Explicación/Elaborar argumentos (habilidad 8).	-	-	-
Al10	...para la próxima vez que entre en contacto con dicho virus o bacteria, combatirlos, evitando que la enfermedad se propague por el cuerpo.	Razonamiento Lógico/Contraargumento (habilidad 14).	-	-	-
Al4	El objetivo principal de la vacuna es que nuestro sistema inmunológico genere una respuesta.	Explicación/Elaborar argumentos (habilidad 9).	-	-	-

Además de los indicadores de AC y el número de interacciones discursivas, verificamos en los diálogos indicadores de argumentación más variados con el uso de modelado.

En la Actividad 4, continuando con SEI, se abordó la importancia de la vacunación para la salud pública. En la clase con ABM, se utilizó un modelo que comparaba dos ciudades con diferentes tasas de vacunación y la probabilidad de contraer COVID-19 (véase el Anexo 1 para más detalles). El modelo consistía en dos botellas PET de 5 litros: las tapas verdes representaban a las personas vacunadas y las rojas, a las no vacunadas. Una botella tenía más tapas rojas y la otra, más verdes (Figura 8).



**Figura 8.** Modelo utilizado en la actividad 4 para simular el efecto poblacional de la tasa de vacunación en dos ciudades teóricas, Covidópolis y Vacinópolis.

En la siguiente clase (sin modelo), se abordó el mismo problema con el análisis de un texto sobre la vacunación en Botucatu (São Paulo), que presentaba un estudio sobre la eficacia de la vacuna AstraZeneca en personas de entre 18 y 60 años. El texto comparaba el número de casos antes y después de la vacunación masiva. La tarea de los alumnos consistía en extraer información y elaborar un gráfico sobre los efectos de la vacunación. Antes de comenzar, el profesor hizo una pregunta:

Extracto 2 de los diálogos en clase (Indicadores de AC/de Argumentación):

Profesor: ¿Qué crees que pasaría si sólo se vacunaran unas pocas personas en una ciudad?

Alumno 15: Morirían. (Formulación de hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

Al 3: Morirían. (Formulación de hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

Prof: ¿Pero moriría todo el mundo? No todo el mundo se ha vacunado todavía, y no es por eso que se muere todo el mundo.

Al 8: Creo que se quedarían en el distanciamiento social. (Afirmación de la hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

Al 10: La pandemia no acabaría pronto, y la gente se contagiaría en esta ciudad. (Razonamiento lógico/Elaborar argumentos (habilidad 6)).

Prof: ¿Has oído hablar de la ciudad de Botucatu?

Al 3: No.

Al 15: No.

Prof: Entonces... en esta ciudad se hizo un estudio en el que vacunaron a todas las personas de entre 18 y 60 años. ¿Qué cree que ocurrió?

Al 2: No creo que nadie haya cogido la enfermedad. (Explicación/Contraargumento (habilidad 12)).

Prof: Te daré el texto para que lo leas.

Destacan las opiniones extremas, como la de que todos morirían sin vacunarse o que nadie contraería la enfermedad si se vacunara. Tras la lectura, los alumnos elaboraron gráficos (Figura 9).

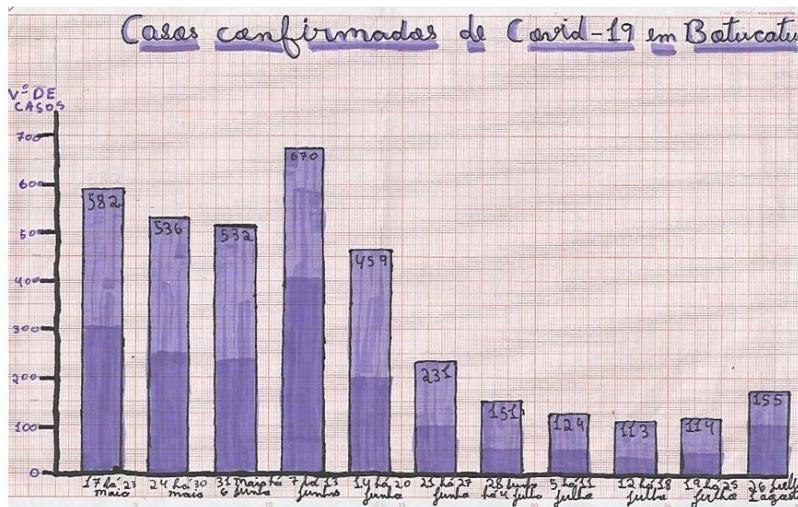


Figura 9. Uno de los gráficos elaborados por los alumnos y utilizados en el debate.

Después, en la actividad 5, presentaron su producción para debatirla. Obsérvese que esto favoreció diferentes indicadores de AC. Extracto 3 de los diálogos en clase (Indicadores de AC/de Argumentación):

Profesor: ¿Quién quiere mostrar el gráfico?

Alumno 8: Yo.

Prof: Veamos tu gráfico. Tiene buena pinta. ¿Qué te diste cuenta de que pasó después de la vacunación en esta ciudad?

Al 8: Han reducido el número de casos (Explicación/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

Al 14: Pero sigue habiendo casos (Razonamiento lógico/Elaborar argumentos (habilidad 6)).

Al 8: Sí, pero se ha reducido mucho (Explicación/Manejo de pruebas (habilidad 1)). Comparado con antes, ¿no? (Justificación/ Contraargumento (habilidad 12)).

Prof.: Entonces, en la ciudad de Serrana-SP, hicieron un estudio similar al de Botucatu, sólo que allí lo hicieron con la vacuna Coronavac. ¿Qué cree que pasará?

Al 7: Los casos disminuirán (Previsión/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

Al 8: También creo que los casos disminuirán (Previsión/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

En la clase que trabajó con el modelo, los alumnos tuvieron que quitar los tapones al azar y registrar los datos (Figura 10).

**O que aconteceria se poucas pessoas se vacinassem?**

Em uma determinada região do Brasil, a população de duas cidades tiveram comportamentos diferentes em relação à vacinação. Na cidade de Vacinópolis 80% dos 200.000 habitantes que poderiam se vacinar, completaram o esquema vacinal. Entretanto, na cidade vizinha, chamada Covidópolis dos 200.000 habitantes aptos para tomar a vacina 50% se vacinaram.

a) Qual das duas cidades há uma probabilidade maior de que seus habitantes peguem a doença do Coronavírus?  
Covidópolis

Busque provas para ajudar a apoiar a sua ideia.

**Simulação de vacinação.**

Na nossa simulação de vacinação a garrafa corresponde a cidade e as tampinhas os habitantes aptos a tomarem a vacina. As tampinhas de cor vermelha representam às pessoas que não foram vacinadas e as tampinhas de cor verde as que foram vacinadas. Cada tampinha equivale a 1000 pessoas. Diante disso, responda:

b) Quantas tampinhas vermelhas e quantas verdes você colocará na garrafa que representa a cidade de Vacinópolis?  
80 VERMELHAS 120 VERDE

c) Quantas tampinhas vermelhas e quantas verdes você colocará na garrafa que representa a cidade de Covidópolis?  
50 VERMELHAS 150 VERDE

Faça como se fosse um sorteio, mexendo bem a garrafa e sorteie as tampinhas, as que caírem na sua mão correspondem às pessoas que entraram em contato com o vírus, o intervalo entre um sorteio e outro equivale a um período de 10 dias, após cada sorteio, coloque as tampinhas novamente na garrafa. Depois disso preencha a tabela.

**Tabela com os resultados**

**Cidade de Vacinópolis**

	Dia 1	Dia 11	Dia 21	Dia 31	Dia 41	Dia 51	Dia 61	Dia 71	TOTAL
Vacinados	9	4	5	1	4	5	5	6	39
Não vacinados	1	2	4	3	0	0	4	2	10

**Cidade de Covidópolis**

	Dia 1	Dia 11	Dia 21	Dia 31	Dia 41	Dia 51	Dia 61	Dia 71	TOTAL
Vacinados	2	0	2	2	6	2	5	6	25
Não vacinados	4	5	7	3	7	2	3	4	23

d) Qual das cidades teve maior contato com o vírus?  
Covidópolis

e) Compare os seus resultados com os resultados dos outros grupos. Houve semelhanças e/ou diferenças?  
HOIVE SEMELHANÇAS

**Figura 10.** Ejemplo de la actividad realizada por los alumnos utilizando el modelo de tapones de botella.

El profesor comienza la clase formulando una pregunta al principio de la actividad para que los alumnos expresen sus hipótesis. Extracto 4 de los diálogos en clase (Indicadores de AC/de Argumentación):

Profesor: ¿Chicos, pasaría si sólo se vacunaran unas pocas personas en un pueblo?

Alumno 11: Creo que morirían (Formulación de hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

Al 14: Creo que ellos también morirían (Formulación de hipótesis/Manejo de pruebas (habilidad 1)).

Prof: ¿Pero morirían todos?

Al 8: No creo que sean todas, pero sí la mayoría (Razonamiento lógico/Contraargumento (habilidad 6)).

Tras la pregunta y el debate, el profesor explicó las instrucciones y cómo utilizar el modelo. Durante el análisis del efecto poblacional de la vacunación, los alumnos participaron activamente. En grupos, cooperaron para definir el número de tapones en cada botella, contando de diez en diez o de uno en uno, y reiniciaban el proceso cuando perdían la cuenta (Figura 11).



**Figura 11.** Estudiantes interactuando mientras modelan el efecto poblacional de la vacunación.

El uso de la modelización suscitó otras preguntas de los alumnos, como las limitaciones de la modelo. Extracto 5 de los diálogos en clase (Indicadores de AC/de Argumentación):

Alumno 8: Profesor, aquí en esta ciudad la gente está toda, pero en la ciudad real podrían vivir en barrios distantes y podría ser más difícil pillar COVID, ¿no? (Razonamiento lógico-proporcional/ Elaborar teorías alternativas (habilidad 13)).

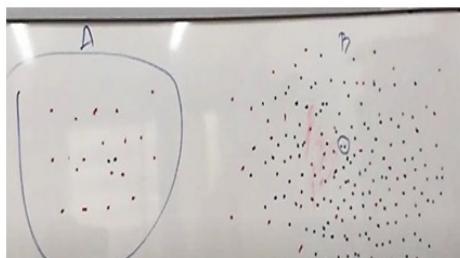
Profesor: Chicos, ¿qué os parece la pregunta de mi colega?

Al 3: Creo que si te quedas más lejos tienes menos posibilidades de contraer COVID (Formulación de hipótesis/Elaborar argumentos (habilidad 9)).

Prof: ¿Influye la tasa de casos del barrio?

Al 7: Creo que debe tener una influencia, como si estuviera en una ciudad (Clasificación de la información/Elaborar argumentos (habilidad 9)). Así que si tiene (Razonamiento lógico-proporcional).

En un momento determinado de la interacción, uno de los alumnos se dirige a la pizarra y dibuja una representación de las dos ciudades y explica cuál de ellas tiene más probabilidades de infectarse, utilizando argumentos para desarrollar una teoría alternativa (Figura 12).



Al 8: Oh, esta es la ciudad A y esta es la ciudad B (Explicación).

Prof: ¿Qué representan estos puntos rojos y azules?

Al 8: Mira, los puntos azules son las personas vacunadas y los puntos rojos son las personas que no han sido vacunadas. En la ciudad "A" hay menos gente, pero sólo se han vacunado dos personas, así que si sales a la calle es más probable que encuentres a alguien que no se ha vacunado que en la ciudad "B", que tiene más gente (Organización de la información).

Chicos, ¿habéis entendido su explicación?

Estudiantes: Sí.

**Figura 12.** Explicación del alumno de las diferentes tasas de vacunación en las dos ciudades y su relación con la probabilidad de contacto con el virus.

El uso del modelo permitió a los alumnos construir hipótesis, hacer predicciones y argumentar (Tabla 6), lo que no se observó en la clase que no utilizó el modelo.

**Tabla 6.** Interacciones discursivas entre alumnos y profesor al utilizar el modelo.

Sujeto	Interacciones discursivas	Indicadores de AC/de Argumentación
Al7	¡Creo que morirían!	Formulación de hipótesis/ Manejo de pruebas (habilidad 1).
Al8	No creo que murieran todos, pero sí la mayoría.	Formulación de hipótesis/ Contraargumento (habilidad 14).
Alumnos	Covidópolis o Vacinópolis.	Prueba de hipótesis.
Al18	En el pueblo "A" hay menos gente, pero sólo se han vacunado dos personas, así que si sales a la calle es más probable que encuentres a alguien que no se ha vacunado que en el pueblo 'B' que tiene más gente.	Previsión/Elaborar argumentos (habilidades 6, 7 y 9).

En la Actividad 5, se utilizó el modelo para explorar diferentes tasas de vacunación. Para comprobar si los alumnos habían entendido el concepto de tasa, el profesor hizo la siguiente pregunta: Extracto 6 de los diálogos en clase (Indicadores de AC/de Argumentación):

Prof: Ahora que habéis hecho la actividad, os voy a plantear otro reto. Hay dos ciudades. Una con 100.000 habitantes y una tasa de vacunación del 50% y la otra con 10.000 habitantes y una tasa de vacunación del 20%. ¿Los habitantes de qué ciudad corren más riesgo de contraer el COVID?

Al2: Definitivamente la de 100.000 habitantes, porque allí hay más gente (Formulación de hipótesis/Elaborar argumentos (habilidad 15)).

Al13: Creo que es el que tiene menos habitantes, no sé (Prueba una hipótesis/Refutar (habilidad 17)).

Prof: Entonces, hagamos la prueba utilizando el modelo.

El material concreto facilitó la comprensión de la relación entre números absolutos, porcentajes y tasas de vacunación, así como su impacto en el número de infectados, comparando ciudades con alta y baja cobertura vacunal. También permitió argumentar basándose en datos. La figura 13 muestra a un alumno explicando la probabilidad de infección en una ciudad con menor cobertura vacunal (Covidópolis).



**Figura 13.** Uno de los alumnos explica la probabilidad de contaminación a otros alumnos.

Al comparar las dos intervenciones -la SEI con y sin modelos- observamos que ambas permitieron a los alumnos comprender los conceptos del tema. Los indicadores de AC fueron similares, lo que sugiere que el uso de modelos no influyó significativamente en esta variable. Sin embargo, favorecimos competencias como la predicción y la verificación, especialmente al analizar distintos escenarios, como modificar las tasas de vacunación o introducir nuevas variables. El uso de modelos también promovió el CA, aumentando las interacciones discursivas y el uso de argumentos entre alumnos y con nosotros, especialmente cuando explicaban conceptos a sus compañeros.

Al finalizar la investigación, aplicamos la secuencia con modelos también en la clase que inicialmente no los había utilizado.

## Discusión

Los estudios suelen comparar metodologías activas con métodos tradicionales, en lugar de combinar enfoques activos. En este estudio analizamos dos estrategias activas y sus efectos en el CA de alumnos de los últimos cursos de educación básica, identificando un efecto distintivo que nos llevó a centrarnos en esta variable.

Al analizar los datos, observamos que ambos enfoques mostraron indicadores similares de AC, especialmente en la predicción y comprobación de hipótesis en distintos escenarios. Sin embargo, el ABM asociado a la SEI promovió mayor participación estudiantil, más interacciones discursivas y diversidad de indicadores de argumentación entre los alumnos y con nosotros. En síntesis, la combinación de ambos enfoques potencia las interacciones discursivas vinculadas con la alfabetización y argumentación científicas, favoreciendo el CA y la atención de los alumnos. Consideramos que constituye una herramienta útil para docentes de ciencias que buscan involucrar activamente a sus estudiantes. Para comprender

estas conclusiones, analizamos los distintos escenarios surgidos durante la secuencia didáctica de investigación.

En primer lugar, es importante destacar que la SEI permite a los alumnos formular hipótesis para las preguntas-problema propuestas y utilizar la argumentación científica para justificar los hechos (Sasseron, 2013). Lo verificamos en la Actividad 2 en ambas clases, en la que el profesor presentó un problema ficticio basado en experiencias reales de los alumnos; estos propusieron explicaciones, justificaciones e hipótesis utilizando diversas habilidades de argumentación (véase la Figura 3 y Tabla 2). Otro punto relevante fue la comprensión crítica de la importancia de la vacunación en un contexto social en todas las etapas, alineándose con el propósito de la AC: ofrecer a los alumnos una educación orientada a la vida cotidiana, reflexionando sobre la relación entre ciencia y sociedad (Chassot, 2018).

En las actividades 3, 4 y 5 de ambas clases, los indicadores de AC fueron similares, incluyendo explicaciones, hipótesis, razonamiento lógico, justificación y previsión. Observamos que la SEI, con textos o modelos, favorece la AC cuando los docentes participan activamente, contribuyendo al aprendizaje de los procesos epistémicos de la ciencia (Brito y Fireman, 2016; Santana y Sedano, 2021; Sasseron y Carvalho, 2011).

Sin embargo, en la clase con modelado se destacaron indicadores como previsión y verificación de hipótesis, especialmente al presentar distintos escenarios (véanse extractos 5 y 6, Tabla 6). Los alumnos identificaron limitaciones de los modelos, como el del tapón de botella para estudiar tasas de vacunación, que no consideraba diferencias entre barrios. Concluimos que el uso de modelos implica construcción activa, formulación de hipótesis, análisis de datos, predicción, argumentación y reevaluación, fortaleciendo el razonamiento y argumentación, la mediación de significados y la aplicación de conocimientos en nuevos contextos (Perticarrari y Figueiredo, 2022; Namdar y Shein, 2015).

En las actividades 3, 4 y 5 con ABM, observamos efectos distintos. El principal fue un mayor CA de los alumnos, reflejado en más interacciones discursivas y habilidades argumentativas variadas. Aunque la secuencia sin modelos también promovió la participación, en la clase con el texto sobre la acción de las vacunas muchos alumnos se limitaron a copiar fragmentos para explicar los conceptos (Figura 7), mostrando dificultades de comprensión (Tabla 3). Ante ello, solicitamos una investigación en casa que no se realizó, recurriendo al laboratorio de informática, lo que mejoró los resultados (Tabla 4). En otros estudios con lectura de textos en una SEI, también se observaron dificultades para involucrar a los alumnos, requiriendo medidas disciplinarias, a diferencia de las clases basadas en la experimentación (Sasseron, 2013).

En la clase en que construimos modelos de arcilla para explicar la acción de la vacuna, observamos mayor compromiso durante la producción de vídeos y los debates posteriores (Figuras 4, 5 y 6). Los alumnos interactuaron más entre sí y con nosotros, asumiendo un papel protagonista en la creación de modelos. Lo mismo ocurrió con el modelo del tapón de botella, donde se mostraron más activos y espontáneos: un alumno explicó en la pizarra la probabilidad de transmisión del COVID-19 en distintas ciudades y su relación con la vacunación (Figura 12), mientras otros destacaron la mayor probabilidad de contagio en ciudades con menores tasas de vacunación (Figura 13). Al compartir sus modelos mentales, intercambiaron ideas para resolver problemas, y “los modelos físicos e interactivos se convierten en la encarnación de un modelo mental compartido, permitiendo un debate dinámico sobre las interacciones y los procesos” (Newman et al., 2018, p. 441).

Adoptamos un enfoque activo de modelización, que permite proyectar, producir, evaluar y revisar representaciones concretas, aumentando compromiso, motivación e interacciones activas (Dehaene, 2022; Manee y Nuangchaler, 2023). Cuando los objetivos son claros, los alumnos activan el sistema cognitivo proactivo del ABM, favoreciendo la participación y el desarrollo del CA (Braver, 2012; Dehaene, 2022; Seel, 2017; Amador et al., 2018).

Observamos un segundo efecto en la función cognitiva de la atención. Al construir modelos de arcilla, los alumnos seleccionaron conceptos clave como antígeno, anticuerpo, receptores y virus para representar el sistema inmunitario. En la actividad 4, con el modelo de tapones, promovimos el razonamiento proporcional y el trabajo con porcentajes, evidenciados cuando los alumnos enseñaban a sus compañeros (Figura 13). El CA favorece la atención sostenida y moviliza funciones ejecutivas y memoria de trabajo, organizando información relevante y activando conocimientos previos (Dehaene, 2022; Consenza y Guerra, 2011; Potter et al., 2017; Buckley, 2012). La modelización permite centrarse en aspectos clave coherentes con las metas, aumentando el estado atencional (Mozzer y Justi, 2018; Perticarrari y Figueiredo, 2022; Seel, 2017), como se evidenció cuando los alumnos usaron términos adecuados (Figuras 5 y 6; extracto 1).

Comparando clases, la que trabajó con modelos presentó más interacciones discursivas, indicador de CA (Tabla 5). Estudios muestran que estas actividades desarrollan habilidades de argumentación entre alumnos y con el profesor (Justi, 2015). Por lo tanto, demostramos que la SEI combinada con ABM favorece el CA, aumentando interacciones discursivas y variedad de habilidades argumentativas.

Con este trabajo buscamos mostrar cómo las metodologías activas contribuyen al aprendizaje, promoviendo el protagonismo de los alumnos. Aunque el estudio fue limitado en aulas y escuelas, los datos cualitativos evidencian que su uso combinado aumenta el CA y el compromiso de los alumnos en la resolución de tareas. Futuras investigaciones pueden emplear otras estrategias activas para verificar estas variables.

#### Declaración de autoría

Cleudinaldo Guimarães Siles: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología y Redacción: borrador original.

Andre Perticarrari: Conceptualización, Análisis formal, Metodología, Administración del proyecto, Redacción: borrador original y redacción: revisión y edición.

#### Declaración responsable de uso de herramientas de Inteligencia Artificial

Declaramos que el texto ha sido redactado íntegramente por los autores, quienes han utilizado una herramienta de IA (ChatGPT) únicamente para mejorar la claridad y la concisión.

### Referencias bibliográficas

- Amador, L. A., Trindade, R. J., Gomes, P. W. P., Ramos, E. Z. y Souza, R. F. (2018). Estratégia didática: utilizando a modelagem para facilitar o ensino e aprendizagem da temática terra e universo. *ACTIO*, 3(3), 26-42. <https://doi.org/10.3895/actio.v3n3.7565>
- Bacich, L. y Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Editora Penso.
- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>

- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação. <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Brito, L. O. y Fireman, E. C. (2016). Ensino de ciências por investigação: Uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. *Revista Ensaio*, 18(1), 123-146. <https://doi.org/10.1590/1983-21172016180107>
- Buckley, B. C. (2012). Model-Based Learning. In: Seel, N.M. (eds) *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6\\_589](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_589)
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. En A. M. P. Carvalho (Org.), *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula* (Cap. 5, pp. 1-2). Cengage Learning.
- Chassot, A. (2018). *Alfabetização científica: Questões e desafios para a educação* (8<sup>a</sup> ed.). Unijuí.
- Consenza, R. M. y Guerra, L. B. (2011). *Neurociência e educação: Como o cérebro aprende*. Artmed.
- Dehaene, S. (2022). *É assim que aprendemos*. Editora Contexto.
- Ferreira, P. F. M. (2006). *Modelagens e suas contribuições para o ensino de ciências: Uma análise no equilíbrio químico* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais]. <https://hdl.handle.net/1843/FAEC-85UP2D>
- Figueiredo, A. O. (2021). *Terrário como modelo científico investigativo no ensino de Ecologia* [Dissertação de mestrado profissional, Instituto Federal de São Paulo]. [https://spo.ifsp.edu.br/images/phocadownload/DOCUMENTOS\\_MENU\\_LATERAL\\_FIXO/POS\\_GRADUAÇÃO/MESTRADO/Ensino\\_de\\_Ciências\\_e\\_Matemática/Dissertacoes/2021/Aline\\_Oliveira\\_Figueiredo\\_2021\\_Dissertacao.pdf](https://spo.ifsp.edu.br/images/phocadownload/DOCUMENTOS_MENU_LATERAL_FIXO/POS_GRADUAÇÃO/MESTRADO/Ensino_de_Ciências_e_Matemática/Dissertacoes/2021/Aline_Oliveira_Figueiredo_2021_Dissertacao.pdf)
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa* (3<sup>a</sup> ed). Editora Artmed.
- Gödek, Y. (2004). The importance of modelling in science education and in teacher education. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26, 54-61.
- Gomes, T. H. S. S. y Lage, D. A. (2022). Modelos didáticos como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem do sistema cardiovascular dos vertebrados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 442-465. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen21/REEC\\_21\\_3\\_2\\_ex1795\\_529.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen21/REEC_21_3_2_ex1795_529.pdf)
- Harison, A. G. y Treagust, D. F. (2000). Typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Justi, R. (2015). Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. *Revista Ensaio*, 17(especial), 31-48. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s03>
- Krasilchik, M. (2011). *Prática de ensino de biologia*. Editora da Universidade de São Paulo.
- Mandai, C. (2014). Abordagem teórica na ecologia: Uma visão do mundo através de modelos. *Revista da Biologia*, 12(1), 1-5. <https://doi.org/10.7594/revbio.12.01.01>

- Manee, K. y Nuangchaler, P. (2023). Development of grade 10 students' modelling skills on circulatory system through model-based learning. *Journal of Advanced Science and Mathematics Education*, 3(2), 113-120. <https://doi.org/10.58524/jasme.v3i2.321>
- Moraga-Toledo, S. y Espinet-Blanch, M. (2024). Análisis semántico y cognitivo de secuencias didácticas para la modelización. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5915>
- Mozzer, N. B. y Justi, R. (2018). Modelagem analógica no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(1), 155-182. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n1p155>
- Namdar, B. y Shen, J. (2015). Modeling-oriented assessment in K-12 science education: A synthesis of research from 1980 to 2013 and new directions. *International Journal of Science Education*, 37(7), 993-1023. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.101218>
- Newman, D. L., Stefkovich, M., Clasen, C., Franzen, M. A. y Wright, L. K. (2018). Physical models can provide superior learning opportunities beyond the benefits of active engagements. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 46(5), 435-444. <https://doi.org/10.1002/bmb.21159>
- Perticarrari, A. y Figueiredo, A. O. (2022). El aprendizaje basado en modelos mantiene a los alumnos activos y con atención sostenida. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de las Ciencias*, 19(3), 3102. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2022.v19.i3.3102](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3102)
- Potter, T. C. S., Bryce, N. V. y Hartley, C. A. (2017). Cognitive components underpinning the development of model-based learning. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 25, 272-280. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.10.005>
- Prestes, M. E. B. (2013). Uso de modelos na ciência e no ensino de ciências. *Boletim de História e Filosofia da Biologia*, 7(1), 4-10. <http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-07-n1-Mar-2013.pdf>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F. y Lucio, M. D. P. B. (2013). *Metodologia de pesquisa* (E-book). Grupo A.
- Santana, U. S. y Sedano, L. (2021). Práticas epistêmicas no ensino de ciências por investigação: Contribuições necessárias para a alfabetização científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(2), 378-403. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p378>
- Sasseron, L. H. (2013). Interações discursivas em sala de aula: O papel do professor. In A. M. P. Carvalho (Org.), *Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula* (Cap. 3, pp. 41-61). Cengage Learning.
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(especial). <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- Sasseron, L. H. y Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura dos indicadores no processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333-352. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>

- Sasseron, L. H. y Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>
- Sasseron, L. H. y Souza, V. F. M. (2017). *Alfabetização científica na prática: Inovando a forma de ensinar física*. Editora Livraria da Física.
- Scarpa, D. L. y Campos, N. F. (2018). Potencialidades do ensino de biología por investigação. *Estudos Avançados*, 32(94), 25-41. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>
- Seel, N. M. (2017). Model-based learning: A synthesis of theory and research. *Educational Technology Research and Development*, 65(4), 931-966. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9507-9>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. y Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368. <https://doi.org/10.1080/09500690110066485>
- Wilson, K. J., Long, T. M., Momsen, J. L. y Bray Speth, E. (2020). Modeling in the classroom: Making relationships and systems visible. *CBE—Life Sciences Education*, 19(1), 1-5. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0255>

## ANEXO 1

Aquí presentamos más detalles de la organización del SEI aplicado en las dos clases (Tablas A y B), así como los indicadores de AC (Tabla C) y de argumentación (Tabla D) utilizados para analizar los datos obtenidos. También presentamos el cuestionario utilizado para evaluar las ideas preconcebidas de los alumnos y una descripción del modelo de tapón de botella utilizado en la investigación.

**Tabla A.** Distribución de las actividades propuestas en el SEI utilizando modelos y descripción de los objetivos generales, contenidos y estrategias de cada actividad.

Clases	Objetivos	Contenidos	Estrategias
ACTIVIDAD 1			
1 y 2	Recopilación de conocimientos previos.	Investigación sobre qué alumnos se habían vacunado ya contra la Covid-19 y otras cuestiones sobre la importancia de las vacunas.	Encuesta sobre las vacunas en los formularios de Google. Los alumnos leen las respuestas dadas en la encuesta.
ACTIVIDAD 2			
3 y 4	Formular una hipótesis inicial a partir de la pregunta del problema.	La importancia de las vacunas para la salud individual y colectiva.	Lectura del texto para presentar de la importancia de las vacunas. Planteamiento de hipótesis. Socialización de hipótesis.
ACTIVIDAD 3			
5, 6, 7 y 8	Comprender el contexto histórico de la invención de las vacunas. Investigar cómo funcionan las vacunas dentro del cuerpo humano. Socializar los vídeos proporcionados.	Historia de la invención de las vacunas. El sistema inmunitario del cuerpo humano. Cómo funcionan las vacunas dentro del cuerpo humano. Proyección de un vídeo sobre la historia de las vacunas y su funcionamiento en el organismo. Se pidió a los alumnos que realizaran un vídeo utilizando modelos hechos con plastilina, explicando cómo funcionan las vacunas dentro del cuerpo. Distribución del material. Proyección y debate de los vídeos realizados por los alumnos.	Proyección de un vídeo sobre la historia de las vacunas y su funcionamiento en el organismo. Se pidió a los alumnos que realizaran un vídeo utilizando modelos hechos con plastilina, explicando cómo funcionan las vacunas dentro del cuerpo. Distribución del material. Proyección y debate de los vídeos realizados por los alumnos.
ACTIVIDAD 4			
9 y 10	Investigar la incidencia de casos de la enfermedad en ciudades con diferentes tasas de vacunación y analizar el efecto en estos lugares.	La importancia de las vacunas para la salud pública. Utilizar un modelo con tapones de botellas para simular dos ciudades con diferentes tasas de vacunación. Socializar los resultados.	Utilizar un modelo con tapones de botellas para simular dos ciudades con diferentes tasas de vacunación. Socializar los resultados.
ACTIVIDAD 5			
10 y 11	Sistematización de ideas. Reformulación de la hipótesis inicial.	La importancia de las vacunas para la salud individual y colectiva. Retomando la pregunta inicial con debates y posterior redacción individual.	Retomando la pregunta inicial con debates y posterior redacción individual.

**Tabla B.** Distribución de las actividades propuestas en el SEI sin el uso de modelos y descripción de los objetivos generales, contenidos y estrategias de cada actividad.

Clases	Objetivos	Contenidos	Estrategias
ACTIVIDAD 1			
1 y 2	Recopilación conocimientos previos.	de Investigación sobre qué alumnos se habían vacunado ya contra la Covid-19 y otras cuestiones Google. sobre la importancia de las vacunas.	Encuesta elaborada en <i>formularios de Google</i> . Los alumnos leen las respuestas dadas en la encuesta.
ACTIVIDAD 2			
3 y 4	Formular una hipótesis inicial a partir de la pregunta del problema.	La importancia de las vacunas para la salud individual y colectiva.	Lectura del texto para presentar la inicial y pregunta del problema. Planteamiento de hipótesis. Socializar las hipótesis.
ACTIVIDAD 3			
5, 6, 7 y 8	Comprender el contexto histórico de la invención de las vacunas.	Historia de la invención de las vacunas. El sistema inmunitario del cuerpo humano. Cómo funcionan las vacunas dentro del cuerpo humano. Socializar los datos.	Proyección de un vídeo sobre la historia de las vacunas. Selección de un texto sobre el funcionamiento de las vacunas en el organismo. Cómo funcionan las vacunas dentro del cuerpo humano. Se pidió a los alumnos que tomaran notas sobre el texto y que elaboraran su propio texto a partir de la investigación realizada en casa. Socialización de los textos traídos por los alumnos.
ACTIVIDAD 4			
9 y 10	Investigar la incidencia de las enfermedades en ciudades con diferentes vacunaciones.	La importancia de las vacunas para la salud pública.	Utilizando un texto que muestra un estudio sobre los efectos de la vacunación masiva en la ciudad de Botucatu-SP. Socializar los datos recogidos en el texto utilizando gráficos.
ACTIVIDAD 5			
10 y 11	Sistematización de ideas. Reformulación de la hipótesis inicial.	La importancia de las vacunas para la salud individual y colectiva.	Reanudación de la pregunta inicial y con debates y posterior redacción individual.

**Tabla C.** Indicadores de alfabetización científica propuestos por Sasserón y Carvalho (2008) utilizados para analizar los resultados.

Indicador	Indicador Descripción
Serialización de la información	Se trata de un indicador que no prevé necesariamente el establecimiento de un orden, sino que puede ser una lista de datos, una lista de datos trabajados. Debe aparecer cuando se trata de establecer una base para la acción (Sasserón y Carvalho, 2008, p. 338).
Organizar la información	Aparece cuando se discute cómo se ha realizado un trabajo. Este indicador puede vislumbrarse cuando se intenta mostrar un ordenamiento de la información nueva o previamente listada. Por este motivo, este indicador puede aparecer al principio de una propuesta de tema o cuando se vuelve a plantear una pregunta (Sasserón y Carvalho, 2008, p. 338).
Clasificación de la información	Ocurre cuando se intenta jerarquizar la información obtenida. Es un momento de ordenar los elementos con los que se está trabajando, buscando una relación entre ellos (Sasserón y Carvalho, 2008, p.338).
Razonamiento lógico	comprende la forma en que se desarrollan y presentan las ideas y está directamente relacionado con la manera en que se presenta el pensamiento (Sasserón, 2008, p.338).
Razonamiento lógico-proporcional	Muestra cómo se estructura el pensamiento y también se refiere a la forma en que las variables se relacionan entre sí, ilustrando la interdependencia que puede existir entre ellas (Sasserón y Carvalho, 2008, p.338).
Planteamiento de una hipótesis	Señala los momentos en los que se formulan hipótesis sobre un tema determinado. Esta formulación de hipótesis puede adoptar la forma de una afirmación o de una pregunta (Sasserón y Carvalho, 2008, p.339).
Comprobación de hipótesis	Se refiere a las etapas en las que se ponen a prueba las hipótesis formuladas anteriormente. Puede tener lugar tanto a través de la manipulación directa de objetos como en el plano de las ideas, cuando la prueba se lleva a cabo mediante actividades de pensamiento basadas en conocimientos previos (Sasserón y Carvalho, 2008, p.339).
Justificación	Aparece cuando cualquier afirmación realizada utiliza una garantía para lo que se propone; esto hace que la afirmación sea más segura (Sasserón y Carvalho, 2008, p.339).
Predicción	Se hace explícita cuando se enuncia una acción y/o fenómeno asociado a determinados acontecimientos (Sasserón y Carvalho, 2008, p.339).
Explicación	Surge cuando se intenta relacionar informaciones e hipótesis ya planteadas. Por lo general, la explicación sigue una justificación del problema, pero es posible encontrar explicaciones que no reciben estas garantías (Sasserón y Carvalho, 2008, p.339).

**Tabla D.** Criterios de argumentación presentados por Justi (2015) y utilizados para analizar los resultados.

Capacidad de argumentación	Habilidades relacionadas
Manejo de pruebas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. identificar observaciones, hechos, indicios o datos que puedan utilizarse como pruebas en un contexto determinado.</li> <li>2. planificar experimentos de investigación que puedan producir pruebas relacionadas con un problema dado.</li> <li>3. seleccionar las pruebas más pertinentes (es decir, específicas, suficientes y fiables) para un fin determinado.</li> <li>4. articular claramente estas pruebas con una justificación para elaborar un argumento coherente.</li> </ol>
	<p>(1-4) +</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. diferenciar entre datos y/o pruebas y causas.</li> <li>6. reflexionar críticamente sobre las pruebas.</li> </ol>
Elaborar argumentos	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. proponer justificaciones basadas en relaciones claras entre las pruebas y la afirmación.</li> <li>8. elaborar analogías que puedan utilizarse como (partes de) justificaciones.</li> <li>9. fundamentar las justificaciones.</li> <li>10. utilizar un lenguaje científico apropiado para expresar el argumento.</li> </ol>
Contraargumento	<p>(1-10) +</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>11. comprender cómo se puede rebatir un argumento.</li> <li>12. analizar las pruebas desde otros puntos de vista.</li> <li>13. identificar limitaciones en las pruebas y/o analogías utilizadas para justificar un argumento, o en las relaciones establecidas entre estas pruebas y/o analogías y la afirmación original.</li> <li>14. identificar el alcance de la argumentación original.</li> </ol>
Elaborar teorías alternativas	<p>(1-14) +</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>15. convivir con dos o más explicaciones o formas de ver una situación, utilizando una u otra según se ajuste mejor al contexto.</li> </ol>
Refutar	<p>(1-15) +</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>16. escuchar a los demás.</li> <li>17. analizar críticamente ambas posturas sin interferencias emocionales.</li> <li>18. utilizar el lenguaje para destacar aspectos de una teoría determinada.</li> </ol>

## Actividad 1

El objetivo de la Actividad 1 era sondar los conocimientos previos mediante un cuestionario elaborado en Google Forms.

Você já foi vacinado(a) contra a COVID-19? \*

Sim, com a 1<sup>a</sup> dose.  
 Sim, com a 2<sup>a</sup> dose.  
 Sim, com a dose única.  
 Não.

Qual é a sua idade? \*

10  
 11  
 12  
 13  
 14  
 Outra: \_\_\_\_\_

As vacinas são importantes? \*

Sim.  
 Não.

Por quê? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Como você acha que as vacinas atuam dentro do nosso corpo? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

O que você acha que aconteceria se poucas pessoas se vacinassem? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

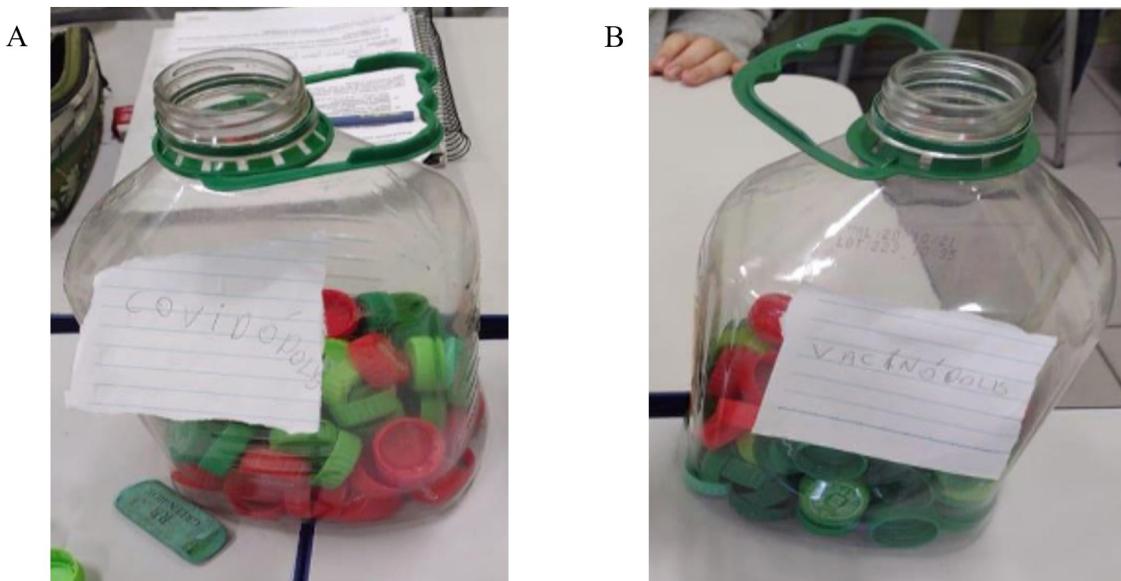
A vacinação deveria ser obrigatória? justifique. \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

**Figura A.** Encuesta utilizando Google Forms.

#### Modelo utilizado en la actividad 4

El objetivo de la actividad 4 era utilizar un modelo para comparar dos ciudades con diferentes tasas de vacunación en relación con la probabilidad de contraer el virus COVID, es decir, mostrar la importancia de la vacunación para la salud pública (desarrollando el pensamiento proporcional, el uso y registro de datos y la argumentación). Los modelos se hicieron con dos botellas de agua de PET de 5 litros y tapones de botella de PET rojos y verdes. Las botellas representan ciudades, los tapones verdes personas vacunadas y los tapones rojos personas no vacunadas, como se muestra en la figura B.



**Figura B.** Modelo que representa las ciudades ficticias de Covidópolis, con más tapones rojos (A) y Vacinópolis, con más tapones verdes (B)

Técnicamente, funcionaba como una rifa: después de colocar los tapones en la botella, los alumnos la agitaban y echaban suertes. Los tapones que caían en sus manos correspondían a las personas que habían estado en contacto con el virus. Se esperaba que en una ciudad (botella) con una tasa de vacunación más alta, las tapas verdes que representaban a las personas vacunadas se sortearan con más frecuencia. Al estar vacunadas, están protegidas contra Covid-19 y se reduce la probabilidad de contraer la enfermedad y tener síntomas más graves. Se esperaba lo contrario en las ciudades con tasas de vacunación más bajas.