


**Aprendizaje Basado en Modelización asistido con Inteligencia Artificial  
en las Ciencias Naturales: propuesta de intervención neurodidáctica**


**Aprendizagem Baseada em Modelagem assistida com Inteligência Artificial  
em Ciências Naturais: proposta de intervenção neurodidática**

**Learning Based on Modeling assisted with Artificial Intelligence  
in Natural Sciences: neurodidactic intervention proposal**

Ricardo Alberto Reza Flores \*

 <https://orcid.org/0000-0002-2654-8715>

Marco Antonio Guemez Peña \*\*

 <https://orcid.org/0000-0002-9056-0639>

**Resumen:** El proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales puede estimularse con aspectos neurofuncionales para el desarrollo cognitivo, a través de metodologías innovadoras activas. Ante esta situación, el objetivo de la investigación fue capacitar y alfabetizar a docentes sobre el Aprendizaje Basado en Modelización (ABM) y el uso de la Inteligencia Artificial (IA), y propiciar el diseño e implementación de secuencias neurodidácticas aplicables en las aulas. Metodológicamente la investigación fue mixta donde participaron 35 docentes y 125 estudiantes de Educación Primaria; fue empleado un instrumento post intervención y una entrevista semiestructurada. Los resultados infieren que los momentos neuroeducativos guiados por los docentes generaron aprendizajes significativos y emociones positivas en el alumnado. Se concluye que interconectar el ABM y la IA promueve una educación digna y de calidad, acorde a los nuevos escenarios educativos globales y favorece el desarrollo de competencias tecnocientíficas.

**Palabras-clave:** Aprendizaje Basado en Modelización. Inteligencia Artificial. Neuroeducación.

**Resumo:** O processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais pode ser estimulado com aspectos neurofuncionais para o desenvolvimento cognitivo, por meio de metodologias ativas inovadoras. Diante dessa situação, o objetivo da pesquisa foi capacitar professores sobre a Aprendizagem Baseada em Modelagem (ABM) e o uso da Inteligência Artificial (IA) e promover o desenho e implementação de seqüências neurodidáticas aplicáveis em salas de aula. Metodologicamente, a pesquisa foi mista onde participaram 35 professores e 125 alunos do Ensino Fundamental; foram utilizados um instrumento pós-

\* Doctor en Educación del Centro de Actualización del Magisterio en la Ciudad de México (CAMCM). *E-mail:* <ricardo.a.rezaf@gmail.com>.

\*\* Maestro en Ciencias del Centro de Actualización del Magisterio en la Ciudad de México (CAMCM). *E-mail:* <marco.guemezpa@aefcm.gob.mx>.

intervenção e uma entrevista semiestruturada. Os resultados inferem que os momentos neuroeducativos orientados pelos professores geraram aprendizagens significativas e emoções positivas nos alunos. Conclui-se que interligar ABM e IA promove uma educação digna e de qualidade, de acordo com os novos cenários educacionais globais e favorece o desenvolvimento de competências técnico-científicas.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Baseada em Modelagem. Inteligência Artificial. Neuroeducação.

**Abstract:** The teaching-learning process of Natural Sciences can be stimulated with neurofunctional aspects for cognitive development, through active innovative methodologies. Given this situation, the objective of the research was to train and educate teachers about Modeling Based Learning (MBL) and the use of Artificial Intelligence (AI), and to promote the design and implementation of neurodidactic sequences applicable in classrooms. Methodologically, the research was mixed where 35 teachers and 125 Elementary School students participated; a post-intervention instrument and a semi-structured interview were used. The results infer that the neuroeducational moments guided by the teachers generated significant learning and positive emotions in the students. It is concluded that interconnecting MBL and AI promotes decent and quality education, in accordance with the new global educational scenarios and favors the development of techno-scientific competencies.

**Keywords:** Modeling Based Learning. Artificial Intelligence. Neuroeducation.

## Introducción

La transformación de la ciencia en el siglo XXI ha traído al mundo desarrollo socioeconómico, ambiental y tecnológico. De esta forma, las Ciencias Naturales han adquirido un rol invaluable para la sociedad moderna. En consecuencia, es prioridad en la Escuela Primaria que los niños desarrollen la capacidad de entender el medio natural en el que vive, al razonar sobre los fenómenos naturales que lo rodean y tratar de explicar las causas que los provocan, pretendiendo el desarrollo de su actitud científica y pensamiento lógico (Candela, 1990), cimentando las bases éticas de una conciencia socialmente responsable con la diversidad del planeta (Escalona *et al.*, 2013).

La enseñanza de las Ciencias Naturales se conjuga sugerentemente con la idea de modelización, que se entiende como un proceso de aprendizaje que acompaña el trabajo con modelos, siendo estos mediadores entre el mundo observable y las teorías. Conformando una actividad epistémica que requiere aspectos cognitivos y metacognitivos, así como, el desarrollo de aptitudes a través de itinerarios de progresión (Aragón-Núñez *et al.*, 2018).

En consecuencia, se entiende a la práctica de la modelización como una propuesta didáctica que cumple con dos finalidades: primera, contribuir a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y segunda a que los estudiantes aprendan ciencia, sobre ciencia y a hacer ciencia, siendo ellos constructores de su propio conocimiento y responsables de sus aprendizajes (Godoy, 2018).

Interesantemente en el contexto actual, las tecnologías digitales y en particular, la IA, están cambiando los procesos hacia una tecnificación en el área de la educación (Ocaña-Fernández; Valenzuela-Fernández; Garro-Aburto, 2019), porque la IA algorítmicamente puede construir múltiples capas de operaciones y proveer un abanico de oportunidades en la educación (Moreno, 2022).

Dentro de esta dinámica exponencial, la naturaleza de la IA nos provee de recursos tecnológicos con gran potencial para enseñar ciencias naturales a través de la experimentación y modelización sirviendo como vínculo para la curiosidad, creatividad e innovación dentro del aula y de esta manera, promover un aprendizaje significativo y dinámico.

## Fundamentación teórica

En principio, la escuela elemental ofrecía a los niños una formación básica que les permitía incorporarse a la sociedad, logrando la homogeneización cultural de la población a fin de garantizar la unidad nacional y permitir la integración de los individuos a la vida nacional (Castro, 1990); hoy en día, el imperante avance de los conocimientos científicos-tecnológicos y su aplicación en prácticamente todos los ámbitos de la vida cotidiana, impulsa a que deban de estimularse conocimientos en ésta área desde las primeras etapas de la vida. De acuerdo con lo anterior, Huamán (2010, p. 139), menciona:

La enseñanza de las Ciencias Naturales debe ir acorde con el proceso de desarrollo y maduración de los estudiantes. Tal es así que, en el nivel Inicial no se busca que expliquen los sucesos que se producen en el mundo, sino más bien, que lo conozcan y lo describan. En Primaria, se produce un acercamiento lento y progresivo, un tránsito de ideas que describen al mundo hacia ideas que empiezan a construir los conocimientos y por ende las primeras explicaciones.

Para tales fines, se han desarrollado medidas remediales para motivar el aprendizaje de la ciencia a través de procesos que faciliten la adquisición de conocimientos, por lo que se sugiere que las estrategias didácticas utilizadas por los docentes en el área de ciencias naturales sean diversas (Mendoza; Loo, 2022). En este orden de ideas también puede incorporarse la modelización, la cual acapara un creciente interés en la didáctica de las ciencias (Adúriz; Izquierdo, 2009), debido a que se ha considerado como una competencia emergente de la educación científica.

Además, día con día los niños recaban información que les permiten elaborar explicaciones sobre el medio que los rodea, esta información puede provenir de sus padres o núcleo familiar, de los medios de comunicación, de sus compañeros o maestros y de sus observaciones. De forma cotidiana y como producto de su interacción con este entorno, los niños y niñas construyen conocimientos empíricos y espontáneos relacionados con las Ciencias Naturales; en este sentido, Mateu (2005, p. 2) indica que los niños:

Se encuentran en búsqueda de explicaciones a los fenómenos y los sucesos de su vida diaria, se formulan preguntas, resuelven problemas, dudas, tienen curiosidad, investigan y experimentan con la intención de obtener mayor información del mundo, comprueban si sus anticipaciones se cumplen y, si no resulta así, busca mejores explicaciones.

En consecuencia, el concepto de modelo y la práctica de modelización, deben formar parte de la cultura disciplinar y conformar el *habitus* metodológico de las disciplinas científicas ya que varios estudios muestran la relación de la modelización con aspectos neurofuncionales; a juzgar por lo anterior, al enseñar modelización el docente debe considerar cómo se le debe de enseñar al cerebro, contemplando las estructuras altamente funcionales que juegan un papel importante en el aprendizaje como es el caso de la corteza prefrontal cerebral en el razonamiento, lo cual sugiere rutas neuroeducativas.

Así mismo, se ha demostrado que este proceso puede desencadenar el compromiso activo, desarrollando la atención sostenida de los estudiantes y el feedback a partir del error desempeñando una función clave para estos procesos, manteniendo a los estudiantes centrados en la resolución de los problemas (Oliveira; Peticarrari, 2022).

La teoría y crítica reflexiva de la modelización permite emplear el término de acuerdo con el sistema de referencia que constituye su objeto; un modelo, es una construcción racional siempre abierta, frágil y transitoria que se ve desafiada por lo real (Zoya; Roggero, 2014). En este marco, se entiende a la modelización análoga como una técnica experimental controlada que estudia los agentes que intervienen en los procesos que ocurren en la naturaleza mediante modelos

dimensionados realizados en el aula con materiales físicos, mientras que la modelización digital pretende cambiar esta manera convencional de enseñar y pensar para incorporar el uso y aplicación de las tecnologías digitales como medios didácticos en los modelos durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas científicas, lo que puede traducirse en una mejor asimilación de los contenidos por parte del estudiantado y así, facilitar la conformación del perfil de egreso deseado. En este nuevo modelo educativo la tecnología juega un papel clave para potencializar el aprendizaje a través de la experiencia y motivación en diversas disciplinas, como lo son las ciencias naturales mediante la modelización.

Por este motivo, dentro del planteamiento de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible de la UNESCO, se plantea a la educación como pilar del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, que dicta promover una educación que no sea excluyente, equitativa y de calidad para motivar oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2020); en donde el docente (en su sentido más amplio) es actor clave en todo este proceso transformador, como facilitador de un aprendizaje que también tendrá que entender la diversidad y desarrollar competencias para vivir juntos y para proteger el medio ambiente (Martínez; Vilalta, 2021).

También es importante mencionar que el profesorado y sus alumnos, deberán adaptarse a los cambios tecnológicos, para fomentar la creatividad, la innovación y el alcance de aprendizajes clave.

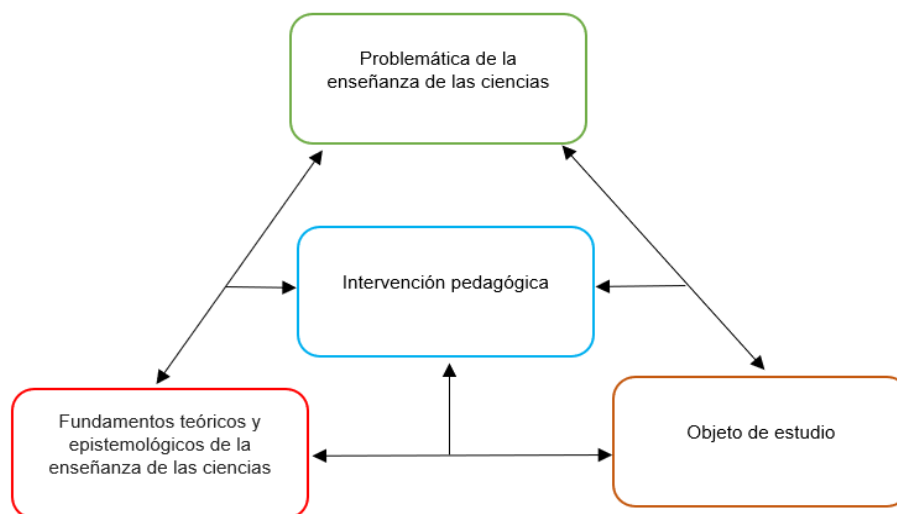
Al considerar los supuestos teóricos previamente descritos, se pretende reestructurar la enseñanza de las ciencias en educación primaria acorde a las nuevas demandas sociales-educativas, por ende, surge el siguiente objetivo de investigación: integrar un sistema de enseñanza teórico-práctico de las ciencias naturales en la educación primaria, al incorporar el ABM como un núcleo de valor sistemático para atender el currículo escolar, con asistencia del manejo de las redes neuronales artificiales de aprendizaje (IA), para propiciar una educación de vanguardia y calidad acorde al nuevo contexto educativo global.

## Metodología

La presente investigación tiene una metodología de corte mixto gracias a que ayuda a entender la complejidad de los problemas educativos con las regulaciones de lo que acontece directamente en las aulas, además de que permite triangular la información, expandir y explorar los resultados, y tal vez posibilita propiciar nuevas rutas de mejora (Bagur *et al.*, 2021). Para el presente estudio fue pertinente concientizar los elementos clave para su maquetación e implementación, entre los cuales destacan (Figura 1): la problemática de la enseñanza de las ciencias en la educación primaria, que no implementa la modelización o hace un uso erróneo de ésta; recabar información que subyace en los fundamentos teóricos y epistemológicos de la enseñanza de las ciencias en infantes en México; y la edificación de un objeto de estudio.

Estos tres eslabones constituyeron la columna vertebral de la edificación de una propuesta de intervención-investigación, la cual pretende ofrecer una nueva moneda de cambio en el sistema de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la educación primaria, acorde a la evolución de los contextos escolares, los paradigmas de las renacientes tendencias educativas, la globalización y la tecnología digital.

Figura 1 - Elementos clave para la propuesta de investigación



Fuente: Elaboración propia.

## Participantes

Estuvieron involucrados alumnos y docentes de 15 escuelas de Educación Primaria en la Ciudad de México tanto de Escuelas Públicas (P) como de Escuelas Privadas (p). La selección muestral estuvo dictaminada por el criterio de intencionalidad debido a que es muy valioso para muestreos no probabilísticos, ya que el investigador es quien escoge deliberadamente a los individuos para el fenómeno de estudio y porque son de fácil acceso (Creswell, 2018).

Un total de 125 alumnos (33 de P y 92 de p) conformaron parte de la muestra, los cuales rondan en edades de 6 años (11.2% P y 4.0% p), 7 años (14.4% P y 9.6% p), 8 años (0.0% P y 25.6% p), 9 años (0.8% P y 12.0% p), 10 años (0.0% P y 15.2% p), 11 años (0.0% P y 4.0% p) y 12 años (0.0% P y 3.2% p); 61 alumnos se identificaron con el género masculino (11.2% P y 37.6% p) y 64 con el femenino (15.2% P y 36.0% p).

Cabe destacar que como los estudiantes eran menores de edad, por tal motivo se salvaguardó su información personal para mantener un código de ética de privacidad.

Por otra parte, participaron un total de 35 mujeres docentes (3 de P y 32 de p), las cuales conforman la muestra en un rango de edades entre 20 - 30 años (34.3% P), de 31 - 40 años (22.9% p), de 41 - 50 años (17.17% P y 5.73% p) y de 51 - 60 años (17.2% P y 2.8% p); 28 de ellas (80%) cuentan con estudios de licenciatura, 4 (11.4%) de maestría y 3 (8.6%) con especialidad.

## Capacitación docente sobre la modelización

Fueron enriquecidos los saberes plurales de los profesionales que enseñan ciencia en la escuela primaria, con una capacitación docente gracias a fundamentos teóricos y prácticos con relación a lo que es la modelización, y que a su vez comprendieran, que generan conocimientos, competencias y destrezas para su quehacer frente a grupo.

El sustento teórico fue mediado gracias al artículo de Aragón-Núñez *et al.* (2018), que versa sobre la modelización y la enseñanza de las ciencias, desde un enfoque de revisión bibliográfica

(con más de 40 referentes teóricos) y el análisis de una intervención con 29 actividades con relación a las ciencias naturales. La parte práctica para los docentes fue guiada a través de la atención al Programa de Estudios 2018 (que era vigente en México a la fecha de la intervención-investigación), el cual está plasmado por medio del documento “Aprendizajes Clave para la Educación Integral” (Secretaría de Educación Pública, 2018). Para unificar la práctica de los docentes fue seleccionado el mismo Campo de Formación Académica de Exploración y Comprensión del Mundo Natural y Social.

### **Alfabetización docente para el manejo de aplicaciones de Inteligencia Artificial**

Los docentes fueron alfabetizados sobre el uso de las redes neuronales artificiales de aprendizaje, mediante el manejo de las aplicaciones digitales denominadas ChatGPT y LuzIA. La selección de ChatGPT fue porque es una de las herramientas de Inteligencia Artificial (IA) que tiene mayor uso por los estudiantes a nivel global y puede representar gran interés por la comunidad académica (Sarrazola, 2023); con respecto al Chatbot LuzIA, fue elegida porque es de fácil acceso mediante los dispositivos celulares en las aplicaciones de Whatsapp y Telegram, además de que se recomienda su uso para estudiantes, padres y profesionales (Luzia, 2023).

### **Contenido curricular para atender con modelización y aplicaciones de Inteligencia Artificial: intervención docente**

Después de la capacitación y alfabetización docente, los profesores procedieron a implementar la modelización asistida con la IA con sus estudiantes en las escuelas primarias, acorde a las temáticas que corresponden en sus centros escolares en concordancia con el Plan de Estudios 2017, para renovar el proceso en enseñanza-aprendizaje creando un puente de interconexión entre el currículo, la teoría y la práctica (Flores; Palomar; López, 2023). Para esto, durante la planeación de las actividades, las profesoras pretendían aportar ideas que mejorarán la vinculación teórico-práctica con sustento y apoyo del ABM por lo que a cada una de las docentes se les asignó deliberadamente un tipo de modelización (análoga o digital) y se le dio la libertad de elegir un tema afín al Campo de Formación Académica anteriormente mencionado con la intención de vincular el aspecto teórico que ya conocen con nuevas prácticas educativas asociadas a modelización y a la IA.

### **Recolección de datos**

Para poder conocer las subjetividades de los participantes que eran estudiantes de primaria, fue necesario diseñar un instrumento y una entrevista semiestructurada *ad hoc*, gracias a que tienen la ventaja de adaptarse mejor a la población de estudio y a la naturaleza del fenómeno que se está investigando (Rojas, 2022); estos dos elementos de recolección de información fueron aplicados al término de la intervención pedagógica.

El instrumento fue unidimensional de siete preguntas y tuvo como característica el contar con reactivos cerrados dicotómicos y politómicos para que fueran atendidos mediante Google Formularios; esto resulta de valioso manejo cuando el investigador cuenta con amplios conocimientos y *expertise* sobre el objeto de estudio (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, 2019). Por otro lado, la entrevista semiestructurada contempló únicamente dos preguntas sencillas debido a que los participantes del objeto de estudio son infantes y ellos tienden a dar respuestas breves pero contundentes (Troncoso-Pantoja; Amaya-Placencia, 2017), desde sus constructos personales sobre la cosmovisión articuladora de la modelización y el manejo de la IA dentro del aula.

## Análisis de datos

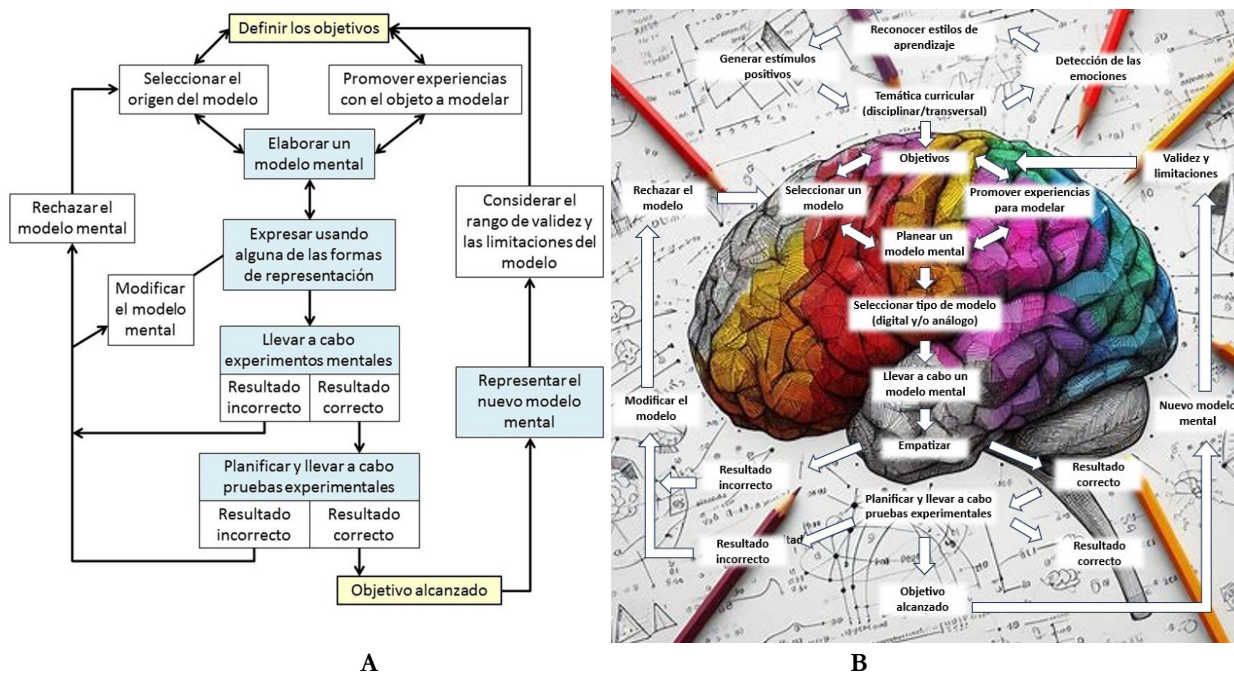
La interpretación de valores fue concebida desde dos aristas, la primera contempló la información cuantitativa recuperada del instrumento, la cual fue exportada al programa estadístico SPSS V. 25. Los datos sugirieron un análisis por vías no paramétricas después de haber realizado la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov al obtener una significancia de .000 ( $p < .05$ ). Se empleó el estadístico de Chi Cuadrado para determinar si hay asociación entre las variables y la prueba de Wilcoxon Rank-Sum (U de Mann-Whitney) para las muestras que no son dependientes. La segunda elucidación consideró datos cualitativos, los cuales fueron sistematizados y se seleccionaron las respuestas con mayor frecuencia por ser representativas.

## Resultados

Los resultados se exponen mediante cuatro fases; la primera fue la alfabetización y capacitación de la enseñanza del ABM, la cual se realizó a partir de los referentes teóricos de Aragón-Núñez *et al.* (2018) como previamente se mencionó. Entre los participantes fue evidenciada una buena aceptación de los referentes teóricos, conceptuales y procedimentales sobre el ABM; además mostraron gran compromiso para el desarrollo integral de las actividades prácticas planteadas.

Así mismo, los docentes analizaron el “ciclo para el proceso de construcción de modelos” de la Figura 2A (Justi; Gilbert, 2002; Justi, 2006; Mazas *et al.*, 2018), como eje medular para comprender e implementar el ABM. Posteriormente, reinterpretaron colectivamente en plenaria presencial el ciclo de modelización considerando los referentes teóricos antes mencionados y los supuestos planteados por los investigadores, para vislumbrar una modelización con un enfoque neurodidáctico como destaca la Figura 2B.

**Figura 2 -** Evolución del Ciclo de Modelización tradicional hacia el Ciclo de Aprendizaje Basado en Modelización Neurodidáctica



**Fuente:** Readaptación del esquema “Un modelo para el proceso de construcción de modelos” (Justi; Gilbert, 2002; Justi, 2006; Mazas *et al.*, 2018).

En la fase dos, las docentes indagaron y teorizaron en plenaria sobre el uso y aplicación de la IA como un elemento que impacta en la educación. Las profesoras exploraron mediante ChatGPT y LuzIA las posibilidades que proveen estas herramientas para asistir el diseño de contenidos temáticos para integrarlos dentro de su planeación; como se puede apreciar en la Figura 3, los docentes les daban comandos tanto a ChatGPT como a LuzIA sobre la modelización y su uso en clase. Cabe mencionar que todos los participantes en el momento de la alfabetización nunca habían experimentado el manejo de esta tecnología, lo cual resultó novedoso y desafiante.

**Figura 3** - Alfabetización y capacitación docente con el uso de las apps ChatGPT y LuzIA



**Fuente:** Elaboración propia.

La intervención docente es descrita en la fase tres, espacio que considera la puesta en escena de la relación entre teoría y práctica. Las docentes detectaron los estilos de aprendizaje de sus estudiantes con base al Modelo de David Kolb, con la intención de saber cuáles son las rutas multisensoriales que les favorece para recibir información, en pocas palabras, agruparon a sus alumnos en cuatro estilos de aprendizaje que corresponden a este Modelo: divergente, convergente, asimilador y acomodador.

Posteriormente las profesoras retomaron el Campo de Formación Académica Exploración y Comprensión del Mundo Natural y Social, para atender la idea de los aprendizajes esperados de forma integral; esto debido a que, en México la enseñanza de las Ciencias Naturales es guiada bajo estos criterios.

Con base a esto, la modelización se orientó a desarrollar la complejidad de diversos contenidos pertenecientes a: Conocimiento del Medio, Historias, Paisaje y Convivencia en mi localidad, Ciencias Naturales y Tecnología, Historia, Geografía, y Formación Cívica y Ética. Ejemplo de lo anteriormente descrito, fue el desarrollo del tema sobre “Clasificación de los desechos” con una representación análoga (Figura 4A) y “El paisaje de mi localidad” con una representación digital de Google Earth (Figura 4B).



Figura 4 - De la teorización a los modelos (análogo-digital)



A

B

Fuente: Elaboración propia.

La planeación de la intervención de las profesoras pretendió aportar ideas que mejorarán la vinculación teórico-práctico, por lo que desarrollaron sus actividades con sustento del ABM, el apoyo de la IA tanto de ChatGPT como de LuzIA, y en consideración de diversos momentos neuroeducativos (Tabla 1).

Tabla 1 - Actividades de intervención diseñadas por las docentes de acuerdo con la modalidad de modelización (análogo, digital y mixta)

Modalidad de modelización	Contenido del ciclo del ABM	Ejemplo de las actividades de las secuencias didácticas	Momentos neurodidácticos del ciclo del ABM
Modelización análoga	Las plantas de mi comunidad	Se analiza mediante un recorrido por la escuela el tipo de suelo y las plantas ahí presentes mientras se explican sus características. Los alumnos siembran semillas en una maceta la cual riegan y cuidan de manera periódica y expresan de manera verbal el proceso de crecimiento y comparten lo aprendido.	Observación e inferencia por exploración (AAE, EAE). Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (APC, EME, AAE, EAE, FPA).
	La importancia de la luz en las plantas	Se construye un modelo de germinación de una semilla en un periodo determinado con tres escenarios: 1. Semilla + nutrientes + luz de sol directa 2. Semilla + nutrientes + luz de sol limitada 3. Semilla + nutrientes - sin luz solar Se analiza la importancia de la luz solar en el desarrollo de las plantas	Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (APC, EME, DHS, AAE, FCS, EAE, FPA).
	Clasificación de los desechos 3R	Se concientiza qué es la basura y los problemas que genera su exceso y su mal manejo, por tanto, se indaga para obtener información pertinente que permita la elaboración y socialización de carteles, que ayuden a concientizar sobre el tema de las tres R y la correcta separación de los desechos, son expuestos los resultados y divulgados.	Objetividad y subjetividad (ADC, DHS). Indagación sobre el tema (IDC). Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (EME, DHS, AAE, FCS, EAE).

Las fases de la luna	Se exploran en plenaria los conocimientos previos sobre las fases lunares, posteriormente, se elabora con material reciclado una caja lunar para representar el espacio, la posición de la luna, la tierra y el sol. Mediante un haz de luz los estudiantes explican con su modelo las diferentes fases de la luna.	Conocimientos previos (ADC, IDC). Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (APC, EME, AAE, EAE). Socialización (FPA, ITI).
La descomposición de los alimentos	Son reconocidos los grupos alimenticios. Se expone un alimento de la dieta diaria de los mexicanos (tortilla) al ambiente y se almacena en una bolsa ziploc durante un tiempo determinado. Se observa y reflexiona sobre los factores que ocurren en este proceso.	Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (IDC, AAE, FCS, FPA). Reflexión final (FCS, ITI, ECEE).
Sentido del Gusto	Se realizará un dibujo en rotafolio sobre las partes de la boca que intervienen en la identificación de los sabores, se explica la importancia y la relación con los demás sentidos, su correcto cuidado y el órgano u órganos que intervienen para su función.	Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (ADC, IDC, FCS, ITI).
De qué color es la luz	Mediante preguntas orientadoras se explica el tema de la luz y sus características e importancia. Se elabora un resumen del tema y a continuación se plantea con ayuda de los materiales correspondientes la elaboración del “disco de Newton” y se buscan alternativas para hacerlo girar rápido; se realiza feedback sobre el fenómeno.	Conocimientos previos (ADC, IDC) Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (APC, FJE, EAE, ITI). Reflexión final (FCS, ECEE).
Las fases de la luna	Se plantea el tema “ciclo de la luna” y las consecuencias de este suceso. Con el apoyo de una maqueta y un haz de luz se representa el movimiento del sol, la luna y la tierra, en donde se observa y explica cómo ocurre el fenómeno y las diferentes fases del ciclo. Finalmente, se guía la elaboración y presentación de su propia maqueta.	Leyes y teorías (ADC, IDC) Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (FJE, EAE). Socialización (DHS, AAE, ECEE).
Los sentidos	Se lleva a cabo la construcción de la “cajita de los sentidos”, es decir, se utiliza una caja y se decora en sus caras exteriores con información del tema de los sentidos, ¿que son? y ¿cuáles son sus características? Con la utilización de diversos recursos con diferentes texturas, colores, sabores y sonidos se exponen los alumnos al reconocimiento de los materiales que se encuentran dentro de la caja con o sin el uso de su visión. Exponen sus ideas, creencias, conocimientos y exponen sus conclusiones.	Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (AAE, FJE, EAE) Creatividad (EME, FPA, EME) Socialización (IDC, DHS, ECEE)

<b>Modelización digital</b>	Los eclipses	Se alfabetiza sobre la aplicación digital “Fases de la luna”; se navega y explora sobre las distintas fases lunares y los elementos que influyen en este proceso, así como los fenómenos naturales consecuentes (eclipses). Son analizadas las experiencias sobre el impacto en el humano desde multi-enfoques.	Evidencia empírica (IDC, RTA, FJE). Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (EME, RTA, AAE, EAE, FPA).
	El paisaje de mi localidad	Se explora la herramienta digital Google Earth para demostrar la pluriculturalidad que se encuentra en nuestra localidad (Ciudad de México), reconociendo la delimitación territorial por demarcación, los elementos naturales, culturales y sociales, así como, los medios de transporte y los patrimonios que generan identidad a la comunidad.	Observación e inferencia por exploración (RTA, AAE, FCS, EAE, FPA).
	Luz natural y artificial	Se rescata mediante una lluvia de ideas saberes previos y se dialoga sobre los distintos tipos de luz y las diversas fuentes de su generación. Con ayuda del buscador de Google se recopila información y mediante herramientas de Microsoft Word se elabora un collage para identificar lo expresado.	Conocimientos previos (ADC, IDC). Indagación e implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (RTA, FCS, EAE, FPA).
	Clasificación de objetos, animales y plantas	Se presenta un video que contiene información de diversos animales y plantas. Mediante una lluvia de ideas los alumnos explicarán lo que observan y comentan en donde podemos encontrar lo observado dentro de nuestra realidad. Con ayuda de Google Chrome indagarán sobre el desplazamiento de los animales lo que promueve el pensamiento crítico y reflexivo para finalmente ocupar la planilla de Liveworksheets denominada “como se mueve”, en donde conocerán la clasificación de los animales de acuerdo a cómo se desplazan.	Evidencia empírica (IDC, RTA, EAE). Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (ADC, ICD, RTA). Uso de herramienta Liveworksheets (RTA) Evaluación de aprendizajes (ECEE).
	Distribución de la Población	Se utiliza la página del Fondo de Población de la ONU en el buscador de Google. La proyectaremos en plenaria y estando en el inicio, seleccionaremos datos, visualizar en mapa y seleccionar país, en este caso, México. La redirección a la consecuente página nos permitirá revisar, analizar y explicar los indicadores de la temática “Distribución de la población” de 5to grado de Primaria como son densidad poblacional, composición (género, edad, etnias), esperanza de vida, fecundidad, mortalidad, migración, entre otros y se representa mediante mapas, estadísticos, gráficos, comparativos, rutas etc.	Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (ADC, IDC, RTA, AAE, FCS, EAE, ECEE).

<p><b>Modelización Análoga-Digital</b></p>	<p>Los minerales</p>	<p>Con la ayuda de preguntas exploradoras se rescatan los saberes previos de los alumnos y consecuentemente se teoriza sobre los minerales. A continuación, se hablará sobre las “Geodas” y se llevará a cabo la representación de las mismas mediante su elaboración con materiales de uso común. Una vez obtenido el producto final se reflexionará sobre su belleza e importancia para el ser humano. Para reforzar el tema, se utilizará la app “rock identifier”, que nos ayudará a manipular, investigar y experimentar con las rocas que encontremos en nuestro entorno a través de la cámara de nuestro celular; mientras que con la app “minerales” tomaremos fotos de objetos y esta nos ayudará a identificar si se trata o no de un mineral.</p>	<p>Conocimientos previos (ADC, IDC). Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (APC, AAE, EAE, FPA, ITT) Utilización de herramienta “rock identifier” (EME, RTA, FJE). Reflexión final (FCS, ECEE).</p>
	<p>El aparato digestivo</p>	<p>Mediante la proyección de videos en el aula, se retoma el tema del aparato digestivo. Luego, se lleva a cabo de forma análoga la elaboración de una maqueta que ayude a representar y señalar las partes del sistema observados en los videos educativos, además, se busca que palpen y experimenten con diversos recursos y materiales para que den paso a la explicación de su producto con una exposición. Finalmente, se corroboran los conocimientos adquiridos a través de actividades lúdicas interactivas tanto en el aula como en casa con el apoyo de la herramienta digital LiveWorksheets que favorezcan nuevos cuestionamientos.</p>	<p>Evidencia empírica (IDC, RTA, EAE) Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (ADC, IDC, AAE, EAE). Uso herramienta LiveWoksheets (EME, RTA, AAE, FJE, ECEE).</p>
	<p>Las plantas de mi comunidad</p>	<p>Considerando las características y necesidades de alumnos con trastorno del espectro autista (TEA), se realizó un recorrido por la localidad, momento en el cual se comentan y responden preguntas. Después, eligen una maceta de su agrado, la decoran y siembran semillas de hortalizas con apoyo del docente a cargo, las cuales cuidarán y observarán en crecimiento durante un lapso del ciclo escolar. Así mismo, preparan una exposición sobre la planta que más llame su atención y en la cuestión digital los alumnos juegan y cuidan sus plantas con la herramienta Kawaii Plant, lo que les permitirá relajarse y poner a prueba su paciencia, de forma que la tecnología y la práctica se complementan para mejorar el desempeño escolar, además es monitoreado todo el tiempo las emociones de los alumnos.</p>	<p>Observación e inferencia por exploración (AAE, EAE). Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar, reflexionar (ADC, APC, IDC, EME, AAE, EAE) Uso de herramienta Kawaii Plant (EME, RTA, AAE, FJE, EAE, ECEE).</p>

	¿Por qué hace erupción un volcán?	Se solicita una indagación bibliográfica del tema para trabajar de acuerdo con el aprendizaje basado en proyectos, siguiendo las fases teorizar, actuar, experimentar, aplicar y reflexionar. En este caso el alumno se cuestiona sobre el tema en cuestión y se les guía hacia la realización de una representación del fenómeno volcánico con materiales de fácil acceso. Por último, con la herramienta WordWall facilitamos al alumno el complemento de la información que ha recabado y a través de un cuestionario tecnológico en la misma plataforma los acercamos al reforzamiento de los conocimientos adquiridos.	Preámbulo exploratorio (ADC y FPA). Indagación sobre el tema (IDC). Implementación del ciclo: teorizar, actuar, experimentar, aplicar y reflexionar (APC, EME, DHS, ITI, AAE, FCS, EAE y ECEE). Uso de la herramienta WordWall (RTA) Evaluación de aprendizajes (ECEE).
--	-----------------------------------	---	---

Fuente: Elaboración propia.

**Nota.** Momentos neurodidácticos en la implementación del ABM: Adaptación al Desarrollo Cognitivo (ADC), Atención a la Plasticidad Cerebral (APC), Incorporación de la Diversidad Cognitiva (IDC), Énfasis en la Motivación y Emoción (EME), Desarrollo de Habilidades Socioemocionales (DHS), Recursos Tecnológicos Apropriados (RTA), Aprendizaje Activo y Experiencial (AAE), Fomento del Juego Educativo (FJE), Feedback Continuo y Significativo (FCS), Entornos de Aprendizaje Estimulantes (EAE), Flexibilidad y Personalización del Aprendizaje (FPA), Integración al Trabajo Interpersonal (ITI), y Evaluación Cognitiva, Emotiva y de Efectividad (ECEE).

En la cuarta y última fase, los resultados son expuestos de acuerdo a los datos sobre la percepción de la enseñanza con modelización asistida con IA y la comparativa con la variable de los estudiantes pertenecientes al sistema Primaria correspondiente a Educación Básica (Tabla 2), mostrando diferencias significativas ( $p < .05$ ) en los reactivos 1 ( $X^2=13.194$ ,  $p .022$ ;  $U=1107.500$ ,  $p .011$ ), 4 ( $X^2=22.085$ ,  $p .000$ ;  $U=1061.500$ ,  $p .000$ ), 5 ( $X^2=19.939$ ,  $p .003$ ;  $U=1122.000$ ,  $p .012$ ), 6 ( $X^2 10.237$ ,  $p .001$ ;  $U=1102.000$ ,  $p .010$ ) y 7 ( $X^2=16.966$ ,  $p .000$ ;  $U=1233.500$ ,  $p .006$ ); mientras que en las variables 2 y 3 no existieron diferencias significativas.

**Tabla 2** - Comparativa de la percepción sobre la enseñanza con modelización asistida con IA entre los estudiantes de Educación Básica de escuelas públicas y privadas

Pregunta	X <sup>2</sup>	Sig.	U	Sig.
1. ¿Cómo te sentiste haciendo modelos para entender temas de Ciencias Naturales?	13.194	.022	1107.500	.011
2. ¿Las explicaciones de tu maestra fueron claras sobre la importancia de la aplicación de la modelización para comprender temas de Ciencias Naturales?	2.810	.094	1472.000	.095
3. ¿Te gustaría seguir haciendo modelos para aprender sobre tus temas de ciencias naturales?	2.810	.094	1472.000	.095
4. Después de conocer y usar ChatGPT, ¿crees que sería más fácil el saber cómo realizar modelización en cualquier materia en la Primaria?	22.085	.000	1061.500	.000
5. ¿Cómo crees que te sentirías si usaras frecuentemente en tus clases de Ciencias Naturales la Inteligencia Artificial?	19.939	.003	1122.000	.012
6. ¿Recibiste apoyo de tus padres o de algún familiar para realizar modelos escolares?	10.237	.001	1102.000	.010
7. ¿Prefieres hacer modelos de Ciencias Naturales con material físico o con herramientas digitales (celular, tablet, laptop)?	16.966	.000	1233.500	.006

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la percepción de los estudiantes sobre la enseñanza de modelización asistido por herramientas de IA, se muestran los resultados obtenidos de las variables asociadas con el aspecto socioemocional de los individuos, conforme con el sistema de escuela (pública o privada) al que pertenecen (Tabla 3).

Se muestra que los estudiantes al realizar modelos para comprender con mayor facilidad los temas de Ciencias Naturales se sintieron felices (P 18.4% y p 33.6%), indiferentes (P 2.4% y p 1.6%) con miedo (1.6% p), con orgullo (6.4% p), aburridos (P 0.8% y p 0.8%) y emocionados (P 4.8% y p 29.6%). Referente a la pertinencia del docente para explicar la importancia de la modelización en las Ciencias Naturales, los estudiantes expresaron que el profesor lo transmitió correctamente (P 25.6% y p 73.6%). Según la información recabada, al estudiantado le gustaría seguir realizando modelizaciones para sus clases de ciencias (P 25.6% y p 73.6%). Así mismo, algunos afirmaron creer que después de familiarizarse con ChatGPT será más sencillo realizar modelizaciones en cualquier otra disciplina (P 17.6% y p 6.8%), mientras que la mayoría negaron esta posibilidad (P 71.2% y p 2.4%). Por otra parte, los alumnos creen que se sentirán felices (P 18.4% y p 38.4%), indiferentes (P 4.0% y p 1.6%), con miedo (p 1.6%), con orgullo (p 1.6%), aburridos (p 1.6%), con emoción (P 2.4% y p 28.8%) si usarán frecuentemente IA durante sus clases de Ciencias Naturales. Otro aspecto importante es referente al apoyo por parte de su núcleo familiar para realizar los modelos de ciencias, mencionado que si recibieron ayuda (P 26.6% y p 0.8%) y que no recibieron ayuda (P 51.2% y p 22.4%). Finalmente, los escolares hicieron mención sobre su preferencia al realizar modelos en Ciencias Naturales, declarando que prefieren hacerlo con materiales físicos (p 16.8%), con herramientas digitales (P 16.8% y p 16.8%), de ninguna forma (P 1.6%) y de ambas formas (P 8.8% y p 40.8%).

**Tabla 3** - Frecuencia de la percepción del estudiantado sobre la modelización y el uso de la IA de acuerdo con la variable escuela pública o privada

Pregunta	Tipo de escuela	Valor					
		Número de estudiantes (porcentaje del total)					
1	Pública	Feliz	Indiferente	Miedo	Orgullo	Aburrimiento	Emoción
	Particular	23(18.4%)	3(2.4%)	0(0.0%)	0(0.0%)	1(0.8%)	6(4.8%)
2	Pública	42(33.6%)	2(1.6%)	2(1.6%)	8(6.4%)	1(0.8%)	37(29.6%)
	Particular	Sí	No				
3	Pública	32(25.6%)	1(0.8%)				
	Particular	92(73.6%)	0(0.0%)				
4	Pública	22(17.6%)	89(71.2%)				
	Particular	11(6.8%)	3(2.4%)				
5	Pública	Feliz	Indiferente	Miedo	Orgullo	Aburrimiento	Emoción
	Particular	23(18.4%)	5(4.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	1(0.8%)	3(2.4%)
6	Pública	48(38.4%)	2(1.6%)	2(1.6%)	2(1.6%)	2(1.6%)	36(28.8%)
	Particular	Sí	No				
7	Pública	32(25.6%)	64(51.2%)				
	Particular	1(0.8%)	28(22.4%)				
7	Pública	Mat. Fís.	Herr. Dig.	Ningún tipo	De las dos formas		
	Particular	0(0.0%)	20(16.0%)	2(1.6%)	11(8.8%)		
		21(16.8%)	20(16.0%)	0(0.0%)	51(40.8%)		

Fuente: Elaboración propia.

Desde otra panorámica y de acuerdo con la entrevista semiestructurada que se efectuó a los infantes, la pregunta número uno fue: ¿qué te gustaría comentar sobre la modelización escolar? Esto es para ahondar entre las subjetividades de los estudiantes y comprender los significados que para ellos crean valor; en consecuencia, son evidenciadas a continuación algunas respuestas con los comentarios más relevantes:

Estudiante 2: *Son muy padres (expresión mexicana para describir que algo es muy bueno/ estupendo) para representar temas escolares y hacen las clases más bonitas y no me aburro.*

Estudiante 40: *Que me gusta hacerlo porque me hace entender mejor todo.*

Estudiante 44: *Me gusta hacerlo porque es divertido y paso momentos felices con mi familia y amigos de la escuela.*

Estudiante 46: *Que es muy divertido hacerlo porque es artístico y aprendes.*

Estudiante 60: *Son buenos porque los niños aprenderán más y más rápido.*

Estudiante 63: *Me gustan demasiado porque aprendemos paso a paso.*

Estudiante 82: *Me gusta experimentar con varios materiales y ver que ocurrirá.*

Estudiante 112: *Me hacen sentir bien porque juego y así recuerdo más los temas de la clase.*

También fue atendida la interrogante: ¿qué te gustaría comentar sobre ChatGPT para usarlo en tus clases? Igualmente se evidencian algunas de las respuestas con mayor relevancia:

Estudiante 4: *No usarlo, porque perderíamos la habilidad para escribir, pensar y hacer los trabajos que nos piden.*

Estudiante 19: *Es como un adivino.*

Estudiante 41: *Que está padre porque te ayuda a comprender de otra forma las cosas.*

Estudiante 47: *Es muy divertido, pero no puedes tener tus ideas ni usas tanto tu cerebro.*

Estudiante 52: *Está mal, porque nos hace más flojos al no escribir e investigar y usar libros.*

Estudiante 55: *Está padre para hacer modelos, pero sería trampa en resolver operaciones matemáticas, las resolvería la inteligencia artificial y no nosotros mismos.*

Estudiante 63: *Me gustó usarlo porque me puede ayudar a hacer mis tareas*

Estudiante 74: *No me gustó tanto porque también tenemos que abrir nuestra mente y ser creativos, no me gustó que una aplicación pueda hacer todo por nosotros.*

Estudiante 78: *Que es genial porque me da más ideas para poder hacer mis modelos escolares, me da ideas que no se me ocurrieron a mí, ni a mis papás ni a mi maestra*

Estudiante 85: *Me gusta mucho porque me puede ayudar y cuando no tengas ideas me puede ayudar a pensar mejor*

Estudiante 86: *Que si lo usamos en las clases no sería justo para los demás, porque estaríamos copiando lo que no es nuestro.*

Estudiante 99: *Es emocionante y me gusto porque puede ayudarnos a resolver diferentes cosas.*

Estudiante 102: *No me gustaría, ya que no les darían valor a los maestros.*

Estudiante 123: *Es muy divertido, me entretiene mucho y me emociona por todo lo que se dice.*

## Discusión

Es altamente documentado que uno de los principales problemas para enseñar ciencias, es la falta del Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) por parte del profesorado, para llevar a cabo diversas prácticas metodológicas activas innovadoras, como lo es el empleo del ABM; lo que conlleva un reto para las instituciones formadoras y de actualización de docentes, al tener que ajustar sus currículos de forma tal, que promuevan un cambio de concepción en las propuestas didácticas que se utilizan en las aulas, mediante una alfabetización científica y tecnológica (IA), y del desarrollo de sus competencias sobre el CPC para el mejoramiento profesional.

En este sentido, es importante mencionar que ninguna de las docentes había explorado previo a esta intervención, el uso de ChatGPT ni LuzIA, así como tampoco habían implementado el ABM, únicamente realizaban modelos escolares sin alguna metodología puntual y sin un rumbo fijo, por lo que no se consagraban aprendizajes significativos para los estudiantes, dado lo que ellas

mismas comentaban; así mismo, afirmaron que después de aplicar el ABM, fueron vislumbrados entre el estudiantado aprendizajes de valor y emociones positivas.

Es oportuno tener presente que al realizar el ABM, se deben de conocer las definiciones conceptuales y el objetivo de realizar un modelo, disponer experiencia para su ejecución, elegir el lenguaje científico acorde al nivel escolar o académico, reconocer los procesos mentales creativos (Tamayo, 2013), construir el modelo y expresarlo de diversas maneras (físicas, digitales, verbales, visuales, etc.), ponerlo a prueba, analizar los resultados, y divulgar la información obtenida mediante diversos canales (Aragón-Núñez *et al.*, 2018); en pocas palabras, la mediación pedagógica del ABM debe de responder a los nuevos escenarios educativos tecnocientíficos globalizados por medio de la neuroeducación.

Ante este panorama, es ejemplificada de las *modelizaciones análogas* realizadas, “Los sentidos”, donde se puede apreciar el desarrollo del pensamiento: crítico, creativo y cuidadoso; permeado de prácticas multisensoriales que atienden los estilos de aprendizaje de los estudiantes para enseñar acorde a cómo aprende el cerebro; esto guarda una estrecha relación de altos niveles de atención, retención y comprensión (Blackwood, 2011). Otro ejemplo, es el de la *modelización análoga-digital* con el tema “Las plantas de mi comunidad”, la cual fue inclusiva al atender las necesidades de aprendizaje de los alumnos con trastorno del espectro autista (TEA); lo cual permitió aprovechar la plasticidad del cerebro para crear nuevas conexiones neuronales en respuesta de las interacciones del individuo con el ambiente donde se encuentra (Braidot; Braidot, 2019). En este sentido, se hace referencia a que las personas que han tenido algún daño cerebral son capaces de desarrollar habilidades que se creían perdidas, lo cual quiere decir que el cerebro puede aprender durante toda su vida, porque las áreas del cerebro que son más estimuladas se refuerzan, en cambio las que no, tienden a paralizarse (Lázaro *et al.*, 2019).

Con base al conjunto de estructuras que conforman al cerebro y que se relaciona con actividades instintivas y afectivas está el sistema límbico (como cerebro emocional), quien es el encargado de la generación de emociones a través de las prácticas activas. En este caso, se promovió la generación de experiencias en los alumnos que implican emociones como felicidad, miedo, emoción, entre otras, a través de cada una de las *modalidades de modelización* y en cada uno de los contenidos de los ciclos del APB implementados por las docentes. Esto es relacionado con procesos de almacenamiento de experiencias e información a partir de representaciones objetivas del mundo natural y social, modelizaciones que estimularon la atención sostenida, la concentración, la curiosidad, la creatividad y la memoria; cuestiones que se pueden confirmar en los comentarios que expresaron los alumnos durante la entrevista semiestructurada.

En este contexto, algunos autores en sus investigaciones defienden la enseñanza del aprendizaje basado en la enseñanza del cerebro, al retomar los conocimientos del funcionamiento cerebral e integrarlos con la pedagogía en un intento por enriquecer, mejorar y potenciar el aprendizaje. Cabe destacar que la viabilidad de lo anteriormente mencionado es gracias a una asertiva formación de profesionales, para que estén preparados de manera integral para atender la diversidad educativa (Pérez-Marrero; González-Quincho; Ponce-Reys, 2022).

No obstante, la complejidad de la encomienda de la mejora educativa también recae en los contrastes sociales y condiciones escolares, debido a las desigualdades tanto de los centros escolares como de las comunidades que conforman a México y el mundo, siendo la principal brecha de acceso a la tecnología digital el aspecto socioeconómico; tal como es ejemplificado en la presente investigación, donde es vislumbrado que los estudiantes que pertenecen al sector privado tienen un mayor alcance a los recursos tecnológicos y a la vez, están mayormente inmersos



emocionalmente su uso. Estos datos sugieren la pertinencia de concientizar a la sociedad en general sobre el manejo de este tipo de tecnologías, así como de sus consideraciones éticas.

Es relevante destacar, que ha existido una evolución para diseñar e implementar modelos escolares, donde se ha transitado a lo largo de los años por la modelización, el ABM y ahora con la presente investigación, se propone la creación del *Aprendizaje Basado en Modelización Neurodidáctica* (ABMN); esto con la finalidad de que los diversos actores educativos puedan contar con un nuevo panorama para atender las clases de Ciencias Naturales, considerando cómo aprende el cerebro acorde a cómo recibe estímulos informativos-multisensoriales, y por ende, cómo se le debe de enseñar, donde la generación de emociones positivas debe de ser foco de atención, lo cual tiene que estimularse de manera consciente.

## Conclusiones

Integrar en el sistema de enseñanza-aprendizaje a las nuevas tendencias tecnológicas digitales (IA) y el ABM, reconoce la necesidad de formar docentes capaces de desarrollar dentro de su CPC, nuevas y diversas metodologías/estrategias/métodos, para mejorar los procesos educativos en el aula. Así mismo, estos nuevos escenarios de la tercera década del siglo XXI, demandan la constante edificación de las competencias digitales tanto del profesorado como del alumnado.

También la neuroeducación debe considerarse como un aspecto fundamental a contemplar al momento de ejecutar un proceso de enseñanza, y en este caso, con el binomio del ABM y la IA, debido a la importancia de saber cómo aprende el cerebro de acuerdo con las características individuales, así como grupales y las condiciones del contexto que rodea. Esto con aras de contar con docentes altamente capacitados, que sepan afrontar y atender los nuevos retos escolares, donde sean favorecidas las prácticas educativas disruptivas y se atiendan las necesidades sociales; y desde otra panorámica, que sean impulsados los conocimientos de los estudiantes con nuevos elementos que favorezcan el andamiaje de sus saberes plurales, a través de una educación digna y de calidad, para favorecerlos e integrarlos asertivamente a una sociedad con altas demandas tecnocientíficas.

## Referencias

ADÚRIZ, B. A.; IZQUIERDO, A. M. Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**. Buenos Aires, v. 4, n. 1, p. 40-49, feb. 2009.

ALZATE, O. E. T. Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *In: IX CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS*, 2013, Girona. **Enseñanza de las ciencias**. Girona, 2013, p. 3484-3487.

ARAGÓN-NÚÑEZ, L. *et al.* La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. **Revista Científica**. Bogotá, v. 32, n. 2, p. 193-212, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14483/23448350.12972>

BAGUR, P. S. *et al.* El enfoque integrador de la metodología mixta en la investigación educativa. **RELIEVE**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 1-21, 2021. DOI: <https://doi.org/10.30827/relieve.v27i1.21053>

BLACKWOOD, R. **El poder de la predicación y la enseñanza multisensorial**: Aumente la atención, la comprensión y la retención. Vida, 2011.

BRAIDOT, N.; BRAIDOT A. P. A. **Diccionario de neurociencias aplicadas al desarrollo de organizaciones y personas**. Ediciones Granica, 2019.

CANDELA, M. Cómo se aprende y se puede enseñar ciencias naturales (sugerencias para el maestro). **Revista Cero en conducta**, v. 5, n. 20, p. 13-17, jul./ago. 1990.

CASTRO I. La enseñanza de la ciencia en la escuela elemental. **Revista Cero en Conducta**, [s. l.], v. 5, n. 20, p. 57-62, jul./ago. 1990.

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. Singapore: SAGE, 2018.

ESCALONA, J. *et al.* Formación científica de docentes y sus obstáculos epistemológicos sobre clasificación biológica. *In: IX CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS*, 2013, Girona. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**. Girona: Universitat Autònoma de Carcelona, 2013. p. 1121-1125.

GODOY, O. L. 2A016 Modelos y modelización en ciencias: una alternativa didáctica para los profesores para la enseñanza de las ciencias en el aula. *In: VIII CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS*, 2., 2018, [s. l.]. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, [s. l.], 2018. p. 1-5.

HUAMÁN, D. R. T. La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. **Investigación Educativa**, Lima, v. 14, n. 26, p. 139-152, jul./dic. 2010.

INEE. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. **Guía para la elaboración de instrumentos de evaluación**. México, 2019.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>

JUSTI, R. La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

LÁZARO, C.; ARCOS, S.; BERNAT, E.; JIMÉNEZ, J.; CHUMILLAS, M.; SERRATOSA, S.; MARTÍNEZ, R. **Experiencias para nuevos espacios de aprendizaje en Educación Musical** (Vol. 5). Editorial Procompal, 2019. p. 187-201.

LUZIA. **Accede al superpoder de la inteligencia artificial desde whatsApp y telegram**. 2023. Disponible en: <https://www.soyluzia.com/>. Acceso en: 29 mar. 2023.

MARTÍNEZ S. P.; VILALTA J. M. La educación como pilar de la Agenda 2030: evolución y perspectivas en el contexto de la crisis de la pandemia de la covid-19. **IDEES**, [s. l.], n. 49, 2021.

MATEU, M. Enseñar y aprender ciencias naturales en la escuela. **Fuente tinta fresca**, Buenos Aires, v. 3, p. 1-5, 2005.

MAZAS, G. B. *et al.* Llevamos los minerales al aula: actividades para trabajar la modelización. **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 340-351, 2018.

MENDOZA, M. R. A.; COLAMARCO, L. I. W. Estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias naturales y desarrollo del pensamiento científico. **Dominio De Las Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 859-875, ene./mar. 2022.

MORENO, I.; CARBALLEIRA, M. A. **Inteligencia artificial aplicada a las ciencias**: conceptos básicos y ejemplos. Zaragoza: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza, 2022.

OCAÑA-FERNÁNDEZ, Y.; VALENZUELA-FERNÁNDEZ, L. A.; GARRO-ABURTO, L. L. Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. **Propósitos y Representaciones**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 536-568, may./ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>

OLIVEIRA, F. A.; PERTICARRARI, A. El aprendizaje basado en modelos mantiene a los alumnos activos y con atención sostenida. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, España, v. 19, n. 3, abr./dec. 2022. DOI: [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)

PÉREZ MARRERO, N. de las M.; GONZÁLEZ QUINCHO, F. R.; PONCE REYS, S. A. Formación neurodidáctica de docentes hacia cultura y ciudadanía digital como prospectiva de educación sostenible. **ROCA - Revista Científico-Educacional de la provincia Granma**, Granma, v. 18, n. 4, p. 2-11, oct./dec. 2022.

REZA-FLORES, R. A.; ZAMUDIO-PALOMAR, A.; CHÁVEZ-LÓPEZ, M. D. Oportunidades de actualización para docentes de Educación Básica en la Ciudad de México. **Revista De Investigación Educativa**, [s. l.], v. 5, n. 9, p. 119-139, ene./jun. 2023.

ROJAS, W. J. La relevancia de la investigación cualitativa. **Studium Veritatis**, Lima, v. 20, n. 26, p. 79-97, 2022. DOI: <https://doi.org/10.35626/sv.26.2022.353>

SARRAZOLA, A. Uso de ChatGPT como herramienta en las aulas de clase. **Revista EIA**, Antioquia, v. 20, n. 40, p. 1-23, 2023. DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v20i40.1708>

SEP. Secretaría de Educación Pública. **Aprendizajes clave para la educación integral**: plan y programas de estudio para la educación básica. Gobierno de México, 13 ago. 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/sep/articulos/aprendizajes-clave-para-la-educacion-integral>. Acceso en: xx.

TRONCOSO-PANTOJA, C.; AMAYA-PLACENCIA, A. Entrevista: guía práctica para la recolección de datos cualitativos en investigación de salud. **Revista de la Facultad de Medicina**, Bogotá, v. 65, n. 2, p. 329-332, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v65n2.60235>

UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. **ODS4: Educación**. 2020.

ZOYA, R. L. G.; ROGGERO, P. La modelización y simulación computacional como metodología de investigación social. **Polis – Revista Latinoamericana**, v. 13, n. 39, p. 417-440, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682014000300019>

*Recibido: 19/11/2023*

*Versión corregida: 01/03/2024*

*Aceptado: 02/03/2024*

*Publicado online: 14/03/2024*