AÑO 8. VOLUMEN 4
NÚMERO ESPECIAL JUNIO 2025
ISSN: 2594-0759

RECIBIDO: 20 DE MAYO DE 2025. **REVISADO:** 23 DE MAYO DE 2025. **ACEPTADO:** 27 DE MAYO DE 2025.

APRENDIZAJE DEL MODELO CINÉTICO DE PARTÍCULAS EN EDUCACIÓN SECUNDARIA IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA DE INDAGACIÓN CON ENFOQUE STEAM

LEARNING THE PARTICLE KINETIC MODEL IN SECONDARY EDUCATION IMPLEMENTING THE INQUIRY METHODOLOGY WITH A STEAM APPROACH

Mtra. Blanca Isabel Guerrero Santana
Maestra en Educación. Estudiante del Doctorado en Investigación Educativa. CIINSEV
lupita_mggm@hotmail.com
ORCID: *0009-0000-2507-3087*

Mtra. Blanca Isabel Guerrero Santana

RESUMEN

La Nueva Escuela Mexicana propone la metodología de Aprendizaje basado en indagación con enfoque STEAM para abordar los contenidos científicos y para conocer su pertinencia e impacto en el aprendizaje del modelo cinético de partículas, se diseñó una propuesta que se aplicó a una población de 157 alumnos de educación secundaria con una investigación de tipo cuasiexperimental, usando pretest y post test, con alfa de Cronbach de 0.86, encontrando en el pretest que en el 90% de los alumnos usaban un modelo continuo para representar a la materia en estado líquido y después de las primeras actividades, se logró el uso del modelo de partículas en el 74% con una ganancia de Hake de 0.71, lo que demuestra la efectividad de la propuesta implementada. Los resultados son parciales y forman parte de la tesis para la obtención del grado de doctorado en investigación de la autora.

Palabras clave: Modelo cinético de partículas; Aprendizaje basado en indagación con enfoque STEAM; Progresión de aprendizaje.

ABSTRACT

The New Mexican School proposes the Inquiry-Based Learning methodology with a STEAM approach to address scientific content and to know its relevance and impact on the learning of the kinetic particle model, a proposal was designed and applied to 157 secondary school students with a quasi - experimental research, using pretest and posttest, with Cronbach's alpha of 0.86, finding in the pretest that 90% of the students used a continuous model to represent matter in a liquid state and after the first activities, the use of the particle model was achieved in 74% with a Hake gain of 0.71, which demonstrates the effectiveness of the implemented proposal. The results are partial and are part of the thesis for the author's doctoral degree in research.

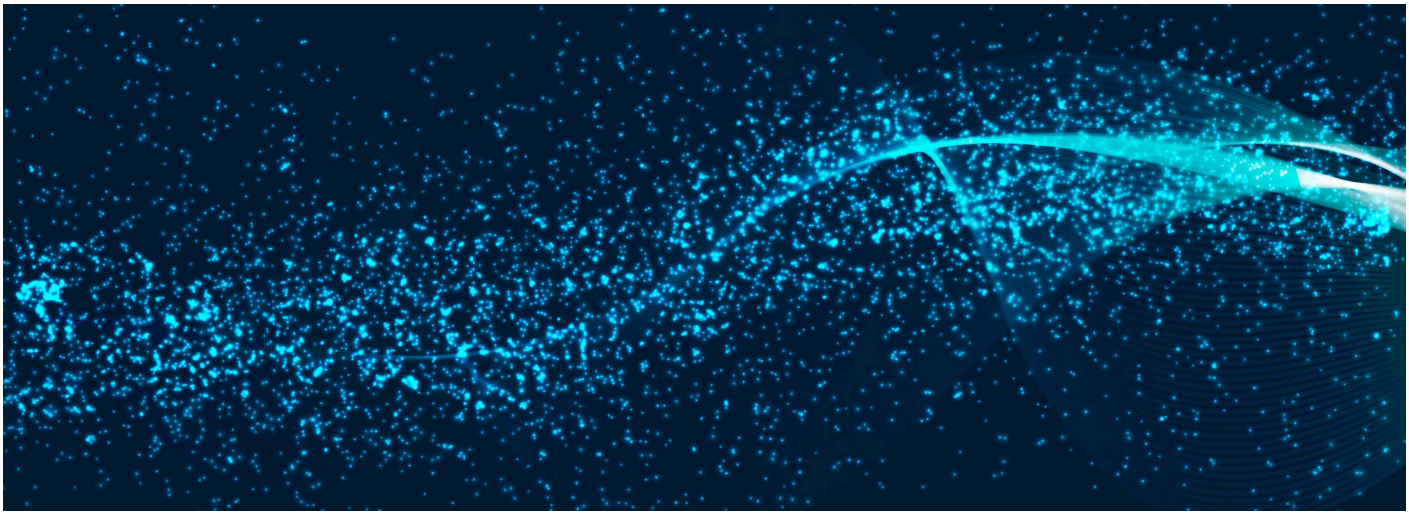
Key Words: Particle kinetic model of Matter; Inquiry-based learning with a STEAM approach; Learning progression.

INTRODUCCIÓN

Los contenidos científicos, son parte importante del currículum de educación básica de nuestro país, sin embargo, no se ha logrado que los alumnos obtengan los resultados deseados, especialmente al término de la educación secundaria, lo que puede apreciarse a partir del examen de ingreso a la preparatoria, EXANI-1, donde el promedio de aciertos obtenidos oscila entre el 45.4 y 49.7% (CENEVAL, 2023). Según la prueba Pisa 2022, México es el país con el peor puntaje en ciencia, esta prueba clasifica el desempeño de los estudiantes en 6 niveles, y el 51% de los alumnos de secundaria evaluados, solo alcanzó el nivel 2, lo que no es nuevo, pues se ha permanecido en este nivel por lo menos en los últimos 18 años (OCDE, 2024) y con respecto al tema del modelo cinético de partículas, según el examen de la UNAM en su ingreso a bachillerato 2022, solo el 17% de los alumnos contestó correctamente los reactivos para explicar la estructura de la materia (UNAM, 2022), no obstante, este contenido es central para comprender distintos fenómenos como los estados de agregación, la densidad, la presión, y muchos más.

Por otra parte, México vive una época de transformación curricular con la Nueva Escuela Mexicana (NEM), la cual considera vital que los estudiantes aprendan el papel e impacto de la ciencia y la tecnología en su cotidianidad (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2022b, p.22). La NEM reconoce no solo la importancia de la ciencia, sino también sus dificultades de comprensión, por lo que propone una metodología específica consistente en la implementación del aprendizaje basado en indagación con enfoque STEAM, para mejorar los procesos de aprendizaje científico (SEP, 2022).

Existen numerosos artículos publicados sobre el aprendizaje basado en indagación (ABI), sin embargo, la mayoría de estos, son de naturaleza teórica, quedando patente la falta de estudios prácticos que prueben el enfoque (Aguilera Morales, et. al. 2018). Por otra parte, el ABI también cumple con los requerimientos del enfoque STEAM (Sciences, Technology, Engineering, Arts y Math), por lo cual, se pueden trabajar de manera complementaria, que es tal como se sugiere por la NEM (SEP, 2022).



Ahora, la pregunta es, si esta metodología realmente puede ayudar a contribuir en la adquisición del conocimiento científico en general y de del modelo cinético de partículas en específico, lo que lleva a proponer el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es el impacto de la aplicación de la metodología de Aprendizaje Basado en Indagación con enfoque STEAM para mejorar el aprendizaje modelo de partículas de la materia?, para ello se pretende determinar su efecto en el aprendizaje en alumnos de segundo grado de educación secundaria, establecer una progresión del modelo y determinar si la propuesta de la NEM es adecuada para fortalecer la apropiación de los conocimientos científicos en general y del modelo cinético de partículas en particular.

Cabe señalar que, en este trabajo, solo se presentan resultados parciales de la investigación en curso y que es parte del proyecto de investigación para la obtención del grado de Doctorado en Investigación Educativa del CIINSEV.

Marco Teórico

La Nueva Escuela Mexicana (NEM)

La NEM se define como la institución del Estado mexicano responsable del derecho a la educación en el trayecto de los 0 a los 23 años de edad y plantea 6 fases se aprendizaje, siendo la fase 3 la que corresponde al nivel de educación secundaria, misma que se aborda por disciplinas integradas en cuatro campos formativos (DOF, 2022), de los cuales trabajaremos en esta investigación el de Saberes y pensamiento científico, mismo que plantea el desarrollo gradual del conocimiento transitando de nociones a conceptos, con niveles de abstracción y complejidad crecientes en la construcción, interpretación y aplicación de modelos científicos (SEP, 2022b, p.87). Esto último resulta muy importante pues es el punto esencial de la investigación: el tránsito de nociones a conceptos y la construcción de modelos. Por último, reconoce que el abordaje de los contenidos científicos no ha sido adecuado, y sugiere la implementación de la metodología de proyectos de aprendizaje basados en indagación con enfoque STEAM (SEP, 2022, p. 69).

Aprendizaje Basado en Indagación (ABI)

Antiguamente se consideraba a la ciencia como un conjunto de conocimientos que debía aprenderse por instrucción directa; en 1910, John Dewey señaló que se daba demasiado énfasis a la acumulación de información y no al desarrollo de actitudes y habilidades científicas, por lo que propuso al ABI como respuesta a ese enciclopedismo, sugiriendo que se aprendieran de forma similar a la manera en la que funciona la ciencia en la realidad (Garritz-Ruiz y Reyes Cárdenas, 2011). Para 1996, el National Science Education Standards, recomendó la inclusión del ABI en la educación básica de Estados Unidos para mejorar los resultados escolares en ciencia, siendo a partir de este momento que ha sido motivo de interés en diversas investigaciones (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 1996).

El ABI es un proceso constructivista, alternativo a la metodología tradicional, involucrando activamente a los estudiantes en la búsqueda y obtención de información a partir de la identificación de una problemática real o plausible, de la cual, se plantean preguntas, inspeccionan los datos disponibles, formulan hipótesis, se recopilan, analizan e interpretan datos, planifican la búsqueda de soluciones viables a través de la experimentación, la interpretación de evidencias y la construcción de modelos, comunican resultados y toman decisiones para explicar fenómenos y procesos naturales cotidianos (Albertos, 2022; Arana-Tuesta y Solis-Trujillo, 2021; SEP, 2024, p. 9).

Se sugiere, además, que el ABI se acompañe de procesos de modelización a partir de las evidencias, con lo cual se superaría la llamada metodología de la superficialidad y así lograr aprendizajes significativos con un enfoque más coherente con la visión de la ciencia actual (Cid y Valiña, 2022), estos tres aspectos: argumentación, modelización e indagación son considerados como los pilares básicos de la educación científica escolar actual (Karkri, 2022; Jiménez-Liso, et al., 2021; Oliva, 2019).

Tipos de indagación

Existen diferentes tipos de indagación según el grado de participación y autonomía del estudiante y el nivel de guía recibido por parte del profesor durante el proceso (Aguilera, 2018; SEP, 2024, p.11):

a) **Indagación estructurada:** Proceso totalmente dirigido por el profesor en todas sus fases, los alumnos se limitan a seguir instrucciones para la ejecución de los procedimientos.
b) **Indagación confirmatoria:** Los alumnos verifican resultados ya conocidos y siguen procedimientos o guías estructuradas a manera de "recetas" para comprobar.
c) **Indagación guiada:** El profesor selecciona y asigna la problemática, los estudiantes pueden proponer los caminos para resolverla, poseen cierta libertad, pero el profesor orienta el proceso.
d) **Indagación abierta:** Es lo más cercano a la actividad científica real, los estudiantes diseñan y establecen procedimientos para encontrar sus propias soluciones. El docente solo acompaña y orienta, pero deja a los alumnos en libertad para actuar.
e) **Indagación acoplada:** Es una combinación entre las modalidades guiada y abierta.

Algunos metaanálisis mostraron que el ABI promueve la alfabetización científica, la capacidad de pensar y elaborar argumentos en base a evidencias y que la indagación guiada tiene un efecto superior sobre los otros tipos, pues en ella, el alumnado construye conocimientos al ser estimulados por el docente usando la zona de desarrollo próximo de Vygotsky (Aguilera, et al., 2018; Sagasteguí-Bazán, 2021). Durante la indagación guiada no solo se aprende de y con el docente, sino en conjunto con los demás, por lo que se sugiere se realice en equipo, priorizando la comprensión más que la memorización y el aprendizaje en comunidad más que el individual, logrando con ello mejores resultados (Esteban, et al., 2023).

El enfoque STEAM

Surge en 1990 en los Estados Unidos, como una estrategia para abatir el rezago en la formación de capital humano y aumentar las vocaciones científicas, pero el concepto como tal ha evolucionado para convertirse en una tendencia relacionada con el aprendizaje, que implica la introducción de proyectos integrados con un enfoque vivencial e incluyente para la resolución de problemas reales, buscando que los alumnos desarrollen habilidades para desenvolverse en el mundo actual en interacción con su entorno y puedan tomar decisiones de forma consciente e informada. (Alianza para la Promoción de STEM, 2019). Para Aguilera, et al. (2022, p. 13) es un "enfoque educativo que integra conocimientos y/o habilidades de las cuatro disciplinas implicadas en el acrónimo, orientado a la resolución de problemas y contextualizado en situaciones con diferentes niveles de realidad y autenticidad".

Metodología basada en indagación con enfoque STEAM

La perspectiva STEAM en la NEM, ayuda a cerrar la brecha entre la teoría y la práctica al proporcionar a los estudiantes oportunidades para aplicar lo que aprenden en situaciones del mundo real, mientras que ABI aporta conocimientos al alumno, STEAM le ayuda a desarrollarlos y generar nuevas habilidades. Lo que refuerza aún más la relación entre ambas ya que proporciona la opor-

tunidad de conocer el entorno y construirlo a través de la experiencia. En este sentido, las estrategias a utilizar pueden ir desde demostraciones sobre fenómenos que despierten la curiosidad en los estudiantes, hasta realizar proyectos completos de investigación. En este trabajo se emplea el ciclo propuesto por la NEM a partir de "Un libro sin recetas para maestras y maestros, Fase 3" (SEP, 2023a) y del esquema propuesto en "Nuestro libro de proyectos" (SEP, 2023), para el nivel de secundaria, segundo grado, empleando los títulos y subtítulos para las cinco fases del ciclo, tal como aparecen en dichos textos y con el mismo formato de contenido extraído por la investigadora a partir del análisis de los proyectos presentados en ellos.

Modelo y modelización

Un modelo es la representación abstracta y simplificada de un objeto, fenómeno, o sistema, con el propósito de describir, explicar o predecir su comportamiento (Maguregi González, 2017), así como responder preguntas o poner a prueba las teorías sobre ese algo sin tener que recurrir directamente a él, no es una representación literal, sino aproximada y más simple que el sistema representado (Oliva, 2019). Un modelo mental es una representación privada y personal de un fenómeno para describir fenómenos del mundo que rodea al individuo, y es el resultado de la interacción social, o experiencias personales, que reflejan sus creencias sobre el objeto o hecho que representa, así, la modelización es el proceso de construcción, uso y revisión de modelos, hecho fundamental para que los estudiantes aprendan ciencias (Sesto y García-Rodeja, 2017) y permita a los docentes acceder a sus modelos, para conocer cómo evolucionan, cómo los aplican y modifican, sin tratarlos como conceptos erróneos que deben ser reemplazados, sino más bien como el tránsito del alumno en una progresión evolutiva que puede estar influenciada por su contexto y que el paso de una etapa a otra reflejaría un progreso en la comprensión y aprendizaje del alumno (Jiménez-Liso 2021).

Progresiones de aprendizaje

Las progresiones de aprendizaje o learning progressions (LP), son modelos sobre cómo se espera que evolucionen las ideas de los alumnos, transitando desde sus visiones basadas en experiencias y percepciones, hacia nociones más complejas, transformando su manera de pensar y aprender, siendo crucialmente dependientes de las prácticas de instrucción (Marzábal, et al., 2024; Yang, et al., 2023). Una progresión de aprendizaje también es un modelo instruccional sobre cómo organizar los contenidos y las experiencias a las que se expone el alumno para desarrollar una idea, esperando que ellos se promuevan de una fase a otra en una secuencia de etapas, comenzando con ideas comunes y culminando con el concepto normativo que se desea que construya, mientras que en los estadios intermedios se presenta el avance en la forma de pensar de menos a más complejidad (Talanquer, 2020).

En cuanto al modelo cinético de partículas, algunas investigaciones señalan que los alumnos, experimenta una evolución común desde visiones sin partículas a reconocerlas, el desarrollo trasciende desde lo macro a lo micro, así, durante la escolaridad se espera que los alumnos se apropien de las ideas más sencillas como identificar entre materia, sustancia y mezcla para avanzar hacia la naturaleza particulada de la materia y los cambios físicos y químicos (Marzábal, et al., 2024; Yang, et al., 2023).

Modelo cinético de partículas

Este tema es central en el currículo de ciencia, porque prepara al alumno para hacer frente a la educación futura y por su poder predictivo y explicativo sobre numerosos temas científicos y de la vida cotidiana (Benarroch, 2000a). Pese a su importancia, resaltan las muchas dificultades para ser enseñado y comprendido por los alumnos (Cid Manzano y Valiña Lema, 2022;),

esto debido a sus modelos que están dominados fundamentalmente por lo perceptivo.

El modelo se caracteriza porque la materia está formada por pequeñas partículas, indivisibles e indeformables que conservan su masa, volumen y tamaño, entre las partículas hay espacios vacíos, están en continuo movimiento, la temperatura influye directamente en el comportamiento de las partículas, incrementando o disminuyendo la velocidad de las mismas y siendo responsable de fenómenos como los cambios de estado de agregación, dilatación, compresión, presión y difusión entre otros (Benarroch, 2000a).

Metodología

La investigación es de tipo aplicativo con enfoque mixto, pues permite una perspectiva más amplia y profunda de la situación a estudiar, producir resultados más ricos y variados, apoyar con solidez las inferencias científicas, permitir una mejor exploración y uso de los datos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, pág. 550). Se desarrolla en la Esc. Sec. Téc. "Ignacio Manuel Altamirano" de la Cd. de Chilapa de Álvarez, Gro., y la población es de 157 alumnos de segundo grado, distribuidos en 4 grupos, todos ellos atendidos por la misma profesora.

Enfoque Cuantitativo: la investigación es cuasiexperimental con pretest y postest, cuyos resultados se analizan con estadística descriptiva usando Excel y el programa SPSS versión 25 para analizar el efecto de la variable independiente: Metodología de aprendizaje basado en indagación con enfoque STEAM, sobre la variable dependiente: Aprendizaje del modelo cinético de partículas.

El Pretest fue previamente validado por pilotaje y juicio de dos expertos, siguiendo las recomendaciones de Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008). Se realizó prueba de confiabilidad con el coeficiente alfa de Cronbach con resultados entre 0 y 1, cuanto más se acerca al 1, mejor es la fiabilidad, considerando que es respetable a partir de 0,80 (Hernández, Fernández y Baptista, 2010), el resultado obtenido fue de 0.86, lo que indica una alta consistencia interna y valida su uso para la recolección de datos.

Se aplica la Metodología de aprendizaje por indagación con enfoque STEAM, en un proceso que a criterio de la investigadora es de tipo acoplado, es decir, incluye fases de indagación guiada y abierta en la que se contempla la realización de experimentos cuya explicación depende del aprendizaje del modelo cinético de partículas, bajo la consideración de que las prácticas científicas involucran a los estudiantes en actividades que permiten construir, profundizar y aplicar su conocimiento, y que integrar la teoría con la experimentación y la indagación científica, permite el aprendizaje conceptual en mayor grado que los métodos de enseñanza tradicional o de prácticas de laboratorio tipo "receta (Muñoz-Campos, 2020). Al finalizar se aplica el post test, y se calcula la ganancia de Hake (g) que observa la evolución del aprendizaje de los estudiantes al agrupar los resultados en tres categorías llamadas zonas de ganancia: Baja ($g \leq 0.3$), Media ($0.3 < g \leq 0.7$) y Alta ($g > 0.7$).

Enfoque cualitativo: se aplica una escala tipo Likert para conocer las percepciones de los estudiantes acerca de la implementación de la estrategia. También se trabajará con diario de campo para anotar los aspectos relevantes obtenidos mediante la observación participante de los alumnos durante el transcurso de la puesta en marcha, así como entrevista no estructurada y videograbación, con el fin de clarificar algunas respuestas proporcionadas por el alumno en las diferentes actividades realizadas. Esta metodología permitirá, por un lado, evaluar el efecto de las intervenciones sobre los participantes y por otro, profundizar en la comprensión de los aspectos didácticos clave para la consecución de los objetivos educativos perseguidos.

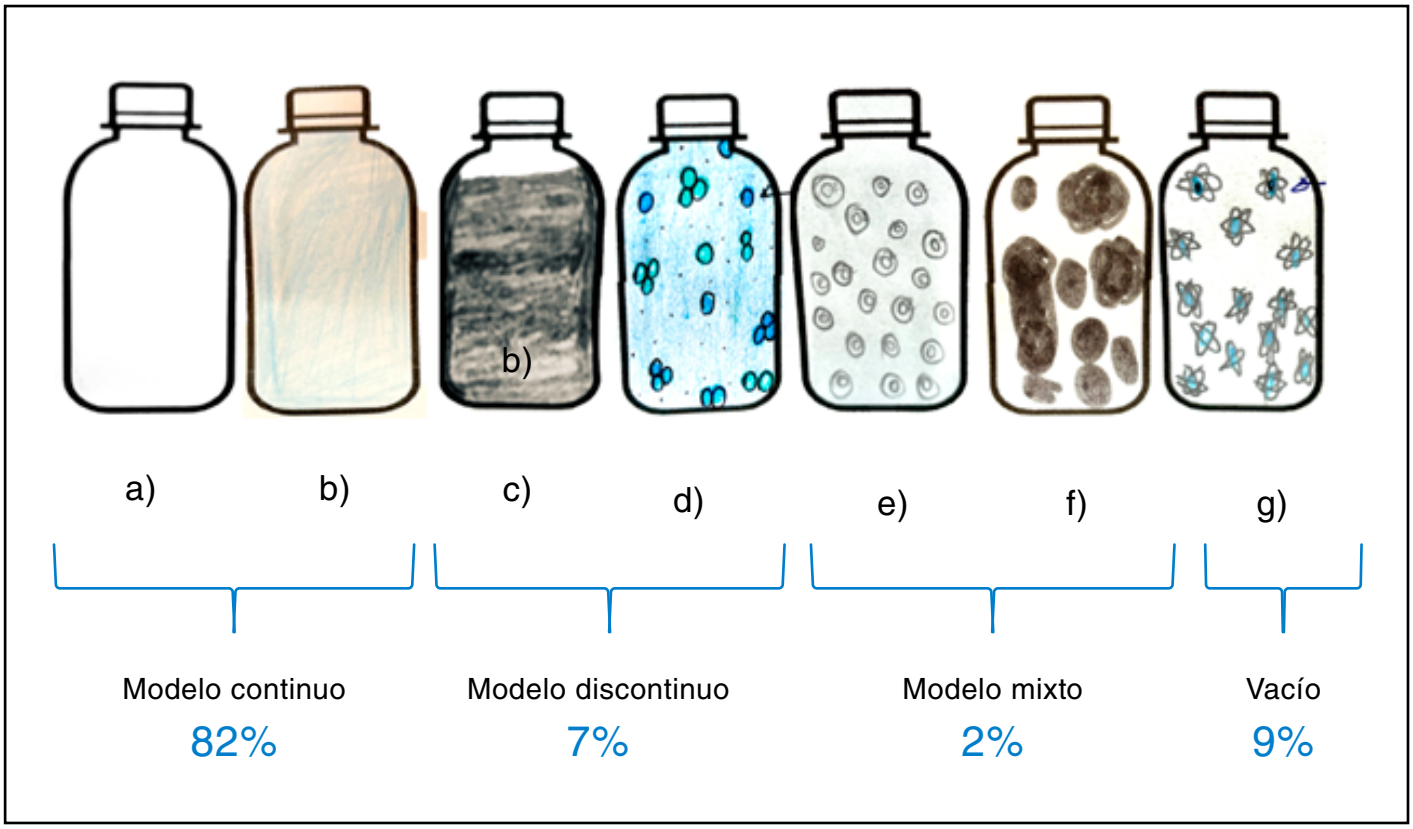
Resultados Parciales

1. Pretest

Percepción de la materia: El propósito era comprobar que el alumno identifica la presencia de materia en estado gaseoso, aunque "no la vea", encontrando que el 10% de los alumnos considera que, dentro de una botella aparentemente vacía, no hay nada en su interior, mientras que el 90% restante refieren que hay aire, oxígeno, una mezcla de ambos o de otras entidades (bióxido de carbono, humedad, etc.).

Estructura del estado gaseoso: Se identificó el modelo que usa el alumno para explicar la naturaleza de la materia: continuo, discontinuo, mixto, (Figura 1), el 9% dejó su esquema vacío pues solo existe lo que pueden ver (a), el 82% emplea un modelo de tipo continuo al considerar que el aire dentro de la botella es un "todo" que llena todo el espacio disponible (b), o se comporta como como un líquido ocupando un volumen definido (c). Un 2% dibujó un modelo mixto o de transición, dibujando partículas o "células" sobre un fondo continuo (d, e), y el 7% representó un modelo discontinuo: estructuras parceladas sobre un fondo vacío (f, g).

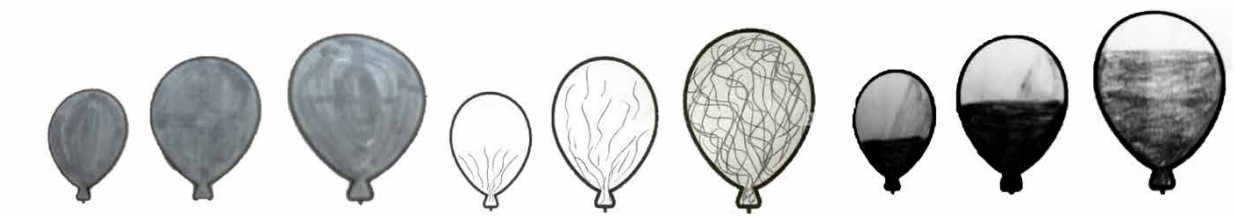
Figura 1.
Modelo que usan los alumnos para explicar lo que hay dentro de una botella "vacía".



Fuente: Elaboración propia.

Volumen ocupado por el estado gaseoso: Los gases ocupan todo el espacio del recipiente que los contiene, independientemente de la cantidad del gas, encontrando tres variantes de respuesta: 1) El 81% representó al gas ocupando todo el espacio disponible a medida de que se infla el globo —opción correcta—, 2) en el 18% el gas se introduce paulatinamente en el globo dejando espacio vacío hasta que está completamente lleno y 3) en el 1% de los casos, el gas se introduce al globo pero no lo llena completamente, quedando espacio vacío, semejante al comportamiento de los líquidos (figura 2).

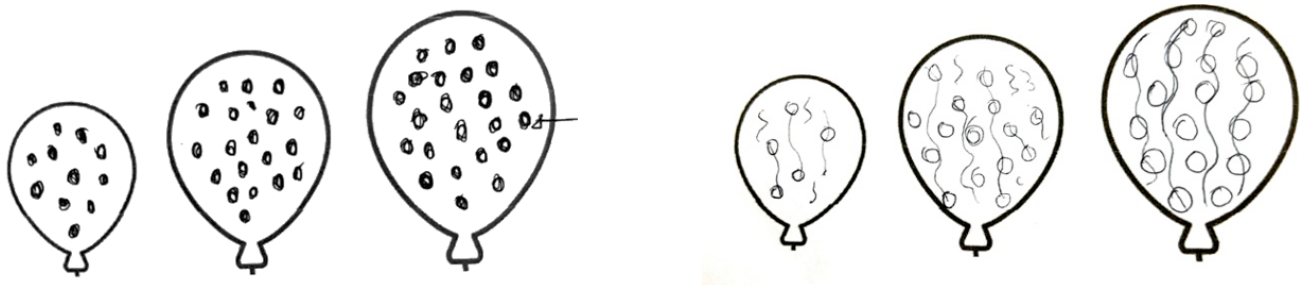
Figura 2.
Representaciones sobre el volumen ocupado por los gases.



Fuente: Elaboración propia.

Conservación del tamaño de las partículas en el estado gaseoso: de los alumnos que dibujaron partículas, el 7% conservó su tamaño (a) y el 6% dibujó partículas que aumentaban su dimensión conforme se incrementaba el volumen de los globos (b) (Figura 3).

Figura 3.
Conservación del tamaño de las partículas.



a) El tamaño se conserva

b) La partícula crece conforme aumenta el volumen del globo.

Fuente: Elaboración propia.

Estructura, disposición y movimiento de las partículas: En cuanto a la estructura del modelo representado, se puede observar nuevamente, una clara presencia del modelo continuo, especialmente en el estado sólido, lo cual es fácil de entender debido a las características macroscópicas del material (Tabla 1), Con respecto al movimiento, se presentó en el 1% de los gases y líquidos, pero no en el estado sólido (Figura 4).

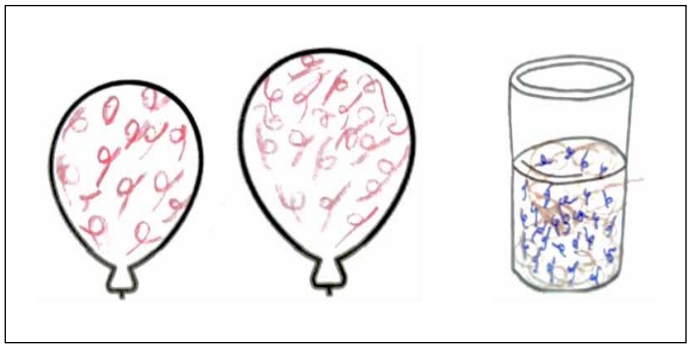
Tabla 1.
Modelo de la naturaleza de la materia usado por los alumnos en porcentajes.

Modelo	Estado		
	GAS	LÍQUIDO	SÓLIDO
CONTÍNUO	91	90	96
MIXTO	2	8	4
DISCONTINUO	7	2	0
MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS	1	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al movimiento, se presentó en el 1% de los gases y líquidos, pero no en el estado sólido (Figura 4).

Figura 4.
Representación de movimiento en las partículas de gases y líquidos.



Fuente: Elaboración propia.

2. Resultados de la aplicación de la metodología de aprendizaje basado en indagación con enfoque STEAM

Posterior a la introducción de la metodología, la presentación del proyecto y la organización de pequeñas comunidades integradas por 4 o 5 alumnos, se iniciaron las actividades preliminares para que el alumno tuviese el respaldo teórico básico. Dentro de estas actividades, se trabajó un experimento guiado con el propósito de que los alumnos identificarán de forma real y concreta la presencia de partículas en el interior de las sustancias aún, cuando no las perciban (Anexo 1), usando para ello un modelo macroscópico de referencia (canicas y sal) con el cuál pudieran comparar lo sucedido microscópicamente, al mezclar agua y alcohol.

En ambos casos, no se obtiene el volumen esperado en la mezcla resultante, pues en la primera, la sal se acomoda en los espacios vacíos entre las canicas; y en el segundo, mediante discusión guiada y argumentada, se llegó a la conclusión de que las partículas del agua se acomodan en los espacios entre las partículas del alcohol, esto crea disonancia cognitiva apreciable en el intercambio de ideas:

Maestra: ¿Por qué al mezclar 45 ml de agua con 45 ml de alcohol, no nos da 90 ml?

Alumnos: Porque quedó parte del alcohol en las paredes de la probeta, Pero no fue tanto lo que quedó y faltan 2 ml. Porque se evaporó o se nos tiró un poco al vaciarlo. A nosotros no se nos tiró nada ni tampoco vimos que se evaporara.

Maestra: Si lo que sucedió con las canicas y la sal es un modelo macroscópico de lo que sucede con el agua y el alcohol a nivel microscópico, cómo lo podemos entonces explicar.

Grupo: Silencio [caras de duda].

Maestra: ¿Dónde se acomodaron los granos de sal?

Alumnos en coro: En los huecos de las canicas, en los espacios vacíos, en los hoyitos…

Maestra: ¿Entonces por qué no obtuvimos el volumen esperado?

Alumnos: Porque se metieron en los huequitos, porque rellenaron los espacios de las canicas, porque los granos de sal son más pequeños que las canicas y por eso se filtran por los agujeritos que dejan las canicas.

Maestra: ¿Entonces si eso es un modelo de lo que no podemos ver con el agua y el alcohol?...

Alumnos: ¿Hay bolitas en el agua? ¿Cómo son las canicas? Porque si hay entonces… el alcohol… Bolitas no, ¿moléculas? ¡Si!, entonces las moléculas del alcohol son como las canicas y las del agua se meten en los huequitos de las del alcohol y por eso no llegan a 90 ml.

Maestra: ¿Qué existe en el interior de las sustancias como el agua y el alcohol, aunque no lo podamos ver?

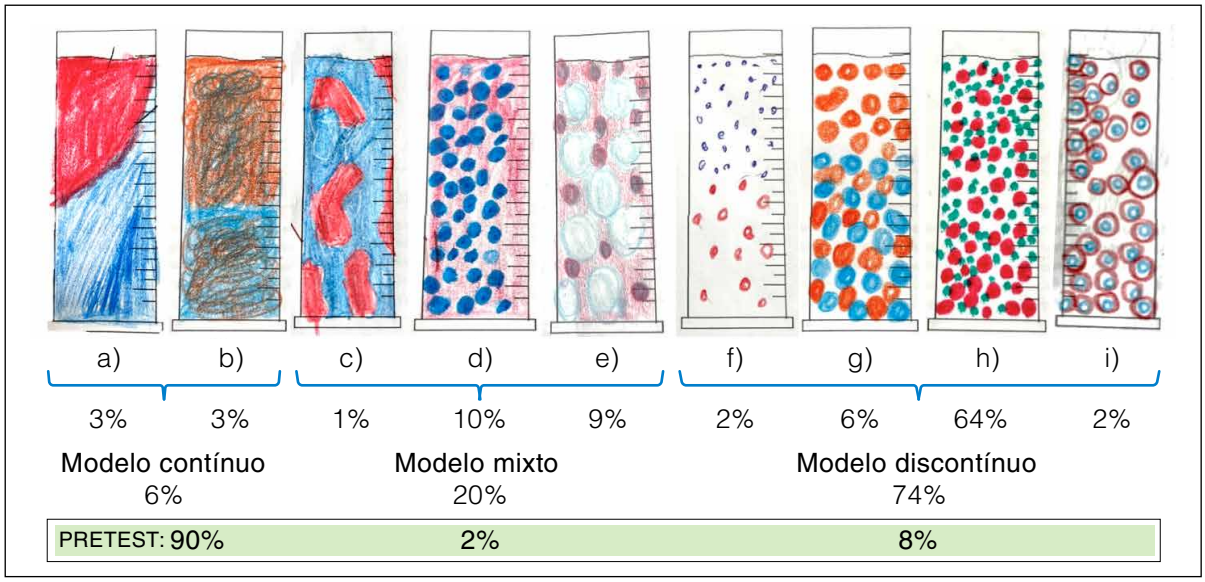
Alumnos: ¡Partículas!, ¡átomos!, ¡moléculas!, ¡células!

Maestra: Ahora vamos a dibujar cómo se vería el interior de la mezcla que acabamos de realizar, coloreando con azul las partículas del agua y con rojo las partículas del alcohol.

En la figura 5, los modelos identificados se pueden agrupar en tres tipos: continuos, mixtos y discontinuos, en (a), se presenta un modelo continuo puro, en (b), un modelo continuo pero con "algo" dentro de él, en (c), se representa a una de las sustancias sin llegar a ser partículas, mientras que en d) una de las sustancias son partículas y deja la otra de forma continua, llenando todos los espacios y dando lugar a una representación mixta, en (e) hay partículas para ambas sustancias, pero sigue manteniéndose el fondo continuo, mientras que en (f), se diferencian ambas sustancias como partículas con un fondo vacío pero no se mezclan, forman mostrando resistencia a la idea de acomodar unas partículas en los espacios de las otras, mientras que en (g) se presenta una mezcla de partículas sobre un fondo vacío, pero en dos capas, resistiéndose a mezclarlas, por último en (h), se llega al modelo discontinuo con partículas de diferente tamaño y sobre un fondo vacío. En (i) se muestra una representación aparentemente discontinua, pero una de las sustancias "atrapa" en su interior a la otra, en un intento de mostrar cómo se realiza la mezcla entre ambas.

Figura 5.

Representación de la mezcla de dos líquidos y comparación con el pretest.



Fuente: Elaboración propia.

Sobre los resultados obtenidos en el modelo discontinuo, se calculó la ganancia normalizada de Hake (1998), para valorar la eficacia en la comprensión conceptual, pues da cuenta del efecto de una estrategia sobre la evolución del aprendizaje (Tabla 2).

Tabla 2.
Ganancia de Hake.

Ítem	Actividad	Pretest	G	Interpretación
Modelo discontinuo	74%	8%	0.71	La actividad realizada fue efectiva para lograr que los alumnos optaran por el modelo discontinuo de la materia.

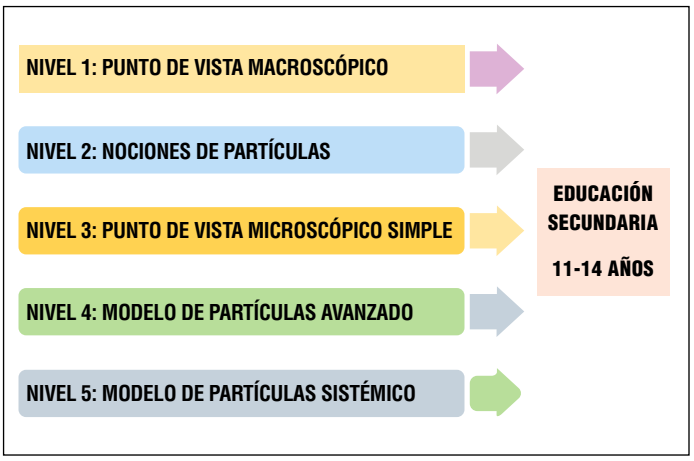
Fuente: Elaboración propia.

Discusión

A partir de los resultados encontrados, pareciera haber una progresión en la representación del modelo cinético de partículas, sin embargo, aún faltan actividades de consolidación y trabajar los conceptos de vacío y movimiento, aun así, esto ya constituye un avance comparado con los resultados obtenidos en el pretest, según Gómiz-Aragón, Aragón-Méndez y Oliva (2025), las progresiones de aprendizaje permiten informar sobre cómo evoluciona la comprensión de los estudiantes en torno a un determinado tema, siendo importante la relación entre esta y la secuenciación de los contenidos para lograr la comprensión del concepto fundamental a partir de su conocimiento previo del alumno.

De acuerdo a las progresiones publicadas por Benarroch (2000), los alumnos se ubicaron dentro de los primeros tres niveles de dominio de cinco que ellos proponen, con esto mismo se contribuye a la sugerencia de ambos investigadores acerca de que se requiere trabajo práctico con poblaciones diferentes a las que ellos emplearon, para lograr un consenso en la de la progresión del modelo, así, en cuanto a la estructura y composición, los alumnos parten desde un punto de vista macroscópico, que después integran en un modelo mixto o híbrido para posteriormente adquirir un punto de vista microscópico, todo esto con niveles de dominio intermedios (Figura 6). Los últimos dos niveles, se podrán adquirir en cursos avanzados o quizá nunca pues representan modelos de uso experto.

Figura 6.
Niveles de dominio en el modelo cinético de partículas.



Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados, solo son parte del trabajo de investigación, aún faltan otras actividades experimentales dentro de la parte guiada del proceso y la parte abierta de la indagación en la que los propios alumnos propondrán actividades para consolidar el modelo cinético de partículas en la explicación de un fenómeno cotidiano.

Conclusión

La metodología de aprendizaje basado en indagación con enfoque STEAM pareciera ser efectiva para lograr el aprendizaje del modelo cinético de partículas en la educación secundaria, al ser acompañado por procesos de modelización y argumentación para llegar a consensos sobre los hechos disonantes presentados en la actividad experimental realizada. Sin embargo, falta consolidar el modelo y sus puntos clave como son el movimiento y el vacío que hasta este momento no se trabajaron en profundidad. También será interesante, realizar un seguimiento de los alumnos y los modelos que vayan construyendo para verificar si la progresión es lineal o por el contrario, puede presentar saltos o retrocesos.

Por último, también es necesario especificar de qué manera el enfoque STEAM se presenta en el desarrollo del proyecto para complementar la metodología propuesta por la NEM.

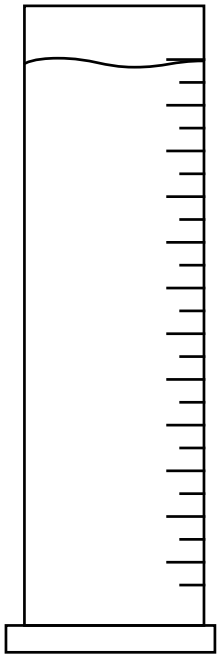
Anexo 1

Introducción: En comunidades, investiguen lo siguiente en su libro de Saberes y pensamiento científico o en otras fuentes confiables y contesten en su cuaderno de apuntes:

1. ¿Qué son los modelos científicos?, ¿Para qué se usan? y ¿Cuáles son algunos ejemplos?
2. ¿Por qué creen que los modelos no son permanentes y dejan de ser útiles?
3. Menciona algún modelo que hayas usado y menciona cuáles fueron sus ventajas y desventajas.
4. Realiza un organizador gráfico con las aportaciones de Aristóteles, Leucipo y Demócrito y John Dalton sobre el modelo de partículas.

Desarrollo y resultados:

1. Midan en una probeta, aproximadamente 45 cm3 de canicas y en la otra 45 cm^3 de sal.
2. **HIPÓTESIS 1:** ¿Si agregan la sal en el recipiente que tiene las canicas cuál creen será su volumen final?, ¿Por qué creen eso?
3. Realicen la actividad y verifiquen. ¿Tenían razón?, ¿por qué?
4. **HIPÓTESIS 2:** ¿Cuál sería el volumen final si mezclan 45 ml de agua con 45 ml de alcohol?, ¿Por qué piensan eso?
5. Realicen la actividad y observen. ¿Qué volumen final obtuvieron?
6. Si la sal y las canicas son un modelo macroscópico de lo que sucede en el interior del agua y el alcohol a nivel microscópico ¿Cómo explican lo sucedido?
7. ¿Cuál sería el volumen final si mezclan 40 ml de agua y 40 ml de agua?, ¿Por qué? Justifica tu respuesta.
8. Dibuja de manera individual, cómo se verían las partículas del agua (azul) y del alcohol (rojo) en la mezcla que realizaste.



BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, D., García-Yeguas, A., Perales-Palacios, F. y Vílchez-González, J. (2022). Diseño y validación de una rúbrica para la evaluación de propuestas didácticas STEM (RubeSTEM). *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 97* (36.1), 11-34. https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92409

Aguilera Morales, D., Martín Páez, T., Valdivia Rodríguez, V., Ruiz Delgado, A., Williams Pinto, L., Vílchez González, J. y Perales Palacios, F. (2018). Enseñar física a través de la indagación. Una experiencia didáctica con alumnos de Educación Primaria en Martínez Losada, C. y García Barros, S. (coord.) 28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Iluminando el cambio educativo. Universidade da Coruña, 793-798. https://doi.org/spudc.9788497496896

Albertos Gómez, D. (2022). Evaluación del efecto de la indagación guiada sobre la competencia científica en estudiantes de Educación Secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 43,* 141-156. https://doi.org/10.7203/DCES.43.22909

Alianza para la Promoción de STEM (2019). *Visión STEM para México.* https://www.movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/01/Vision-STEM-para-Mexico.pdf

Arana-Tuesta, P. y Solis-Trujillo, B. (2021). Indagación científica en educación básica regular. *Polo del Conocimiento, 6* (1), 1292-1312. https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2226/4458

Benarroch, A. (2000). Del modelo cinético-corpuscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 23,* 95-108. https://www.researchgate.net/publication/39138370_Del_modelo_cinetico-corpuscular_a_los_modelos_atomicos_Reflexiones_didacticas

Benarroch, A. (2000a). La teoría cinético-corpuscular de la materia y su justificación en el currículum obligatorio. *Publicaciones: Facultad de Educación y Humanidades del Campus de Melilla, 20,* 149-168. https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/30167/8.pdf y https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.1.5715

CENEVAL (2023). *Estadísticas del Examen Nacional de Ingreso a la Educación Media Superior en el año 2023.* https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/dc32c2ac-3473-489d-a096-a8515dad5b82/page/p_vpkmzc97ed

Cid Manzano, R. y Valiña Lema, I. (2022). Hablando del modelo cinético-molecular con un refresco de cola. *Revista APEduC, 3* (02), 45-54. https://apeducrevista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/293/137

Diario Oficial de la Federación [DOF] (2022) Anexo del Acuerdo 14/08/22. *Marco curricular y Plan de estudios 2022 para la Educación Básica Mexicana,* disponible en https://www.dof.gob.mx/2022/SEP/ANEXO_DEL_ACUERDO_14_08_22.pdf

Escobar-Pérez, J. y Cuervo-Martínez; A. (2008) Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición, 6,* 27–36. https://www.humanas.unal.edu.co/lab_psicometria/application/files/9416/0463/3548/Vol_6._Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf

Esteban Gallego, R., Marcos-Merino, J. M. y Gómez Ochoa de Alda, J. (2023). Análisis de las concepciones alternativas y del aprendizaje del pH con una práctica STEM implementada mediante indagación. *Educación Química, 34*(3). https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.3.84539

Garritz-Ruiz, A. y Reyes-Cárdenas, F.M. (2011, 7-11 de noviembre) La enseñanza basada en la indagación científica como práctica educativa de los talleristas del programa pauta. XI Congreso Nacional de Investigación Educativa. [Ponencia], Monterrey, México. https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/docs/area_05/0304.pdf

Gómiz-Aragón, M., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva, J. M. (2025). Progresión del aprendizaje del modelo de inmunidad y vacunas en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, 43* (1), 101-118. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6212

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66* (1), 64-74. https://doi.org/ 10.1119/1.18809

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación,* 5ª. Ed. México: Mc Graw Hill.

Jiménez-Liso, M., Delgado, L., Castillo-Hernández, F. y Baños-González, I. (2021). Contexto, indagación y modelización para movilizar explicaciones del alumnado de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias, 39* (1), 5-25. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3032

Karkri, M., Quesada, A. & Romero-Ariza, M. (2022). Promoviendo el aceleramiento cognitivo y el razonamiento científico a través de la indagación: una nueva propuesta de aula. XXVI *Encuentro de didáctica de las ciencias experimentales*, 653-660. https://libros.ubu.es/servpubu-acceso-abierto/catalog/view/68/60/75

Maguregi González, G., Uskola Ibarluzea, A., Burgoa Etxaburu, B., (2017). Modelización, argumentación y transferencia de conocimiento sobre el sistema inmunológico a partir de una controversia sobre vacunación en futuros docentes. *Enseñanza de las Ciencias, 35* (2), 29-50. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2237

Marzábal, A., Manrique, F., Delgado, V., y Moreira, P. (2024). Hacia una progresión de aprendizaje multidimensional del modelo escolar de sustancia. *Educación Química, 35*(1), 91-110. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.1.85989

Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, Á. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 17* (3), 1–24. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3201

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/4962.

OCDE (2024). PISA 2022. Notas por país: México. *Perfiles educativos, 46* (183), 188-202. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2024.183.61714

Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias, 37* (2), 5-24. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648

Sagasteguí-Bazán, L. (2021). La metodología indagación y el aprendizaje de las Ciencias Naturales. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 6* (12), 804-822.
https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8219316

Secretaría de Educación Pública [SEP] (2022) Sugerencias metodológicas para el desarrollo de los proyectos educativos Ciclo Escolar 2022-2023, D. F., México. 69-73. https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2023/03/Sugerencias-Metodologicas-proyectos.pdf

SEP (2022b) Plan de Estudios para la educación preescolar, primaria y secundaria. D. F., México. Anexo del acuerdo 14-08-22.
https://www.dof.gob.mx/2022/SEP/ANEXO_DEL_ACUERDO_14_08_22.pdf

SEP (2023). Nuestro Libro de proyectos. Segundo grado de secundaria. Colección sk´Asolil. D. F., México. https://libros.conaliteg.gob.mx/2023/S2NLA.htm#page/1

SEP (2023a). *Un libro sin recetas para la maestra y el maestro. Fase 3.* D.F., México. https://libros.conaliteg.gob.mx/2023/P1LPM.htm

SEP (2024). *La ciencia escolar en secundaria. Secundaria. Fase 6.* Cuadernos de apoyo curricular para la práctica docente. Dirección de Desarrollo Curricular para la Educación Secundaria, D. F., México. https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2024/08/La-ciencia-escolar-en-secundaria.pdf

Sesto, V. y García-Rodeja, I. (2017) Estudio sobre la evolución de los modelos mentales de estudiantes de 4º de ESO cuando observan, reflexionan y discuten sobre la combustión. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. 14* (3), 521–534. http://hdl.handle.net/10498/19505

Talanquer, V. (2020) La progresión de los aprendizajes sobre la composición, estructura y transformación química de la materia. *Educación química, EduQ, 27,* 4-11. http://doi.org/10.2436/20.2003.02.200

UNAM (2022) Resultados del examen para el diagnóstico de conocimientos de la generación 2022. Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan. http://www.cch-naucalpan.unam.mx/mensajes/EDI_gen_2022_Resultados.pdf

Yang, Y., Liu, Y., Song, X., Yao, J. y Guo, Y. (2023) A tale of two progressions: students' learning progression of the particle nature of matter and teachers' perception on the progression. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 5* (18). https://doi.org/10.1186/s43031-023-00085-2