Esfera Sabia

ISSN:

Vol. X Num. X (2026)

EDITORIAL JOGB

JMNJE -Vol.4. N1. 164

Principios de diseño para una secuencia de enseñanza aprendizaje sobre mezclas y métodos de separación

Design principles for a teaching learning sequence on mixtures and separation methods

Autores:

Ramón Zárate-Moedano
Benemérita y Centenaria Escuela Normal Veracruzana Xalapa, Veracruz, México
ramon.zarate.moedano@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-5225-3654

Ulises García-Aguilar
Benemérita y Centenaria Escuela Normal Veracruzana Xalapa, Veracruz, México
uulisess004@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-4050-3003

Cutberto José Moreno-Uscanga
Benemérita y Centenaria Escuela Normal Veracruzana Xalapa, Veracruz, México
cuttmoreno13@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-9038-0313

Autor de correspondencia: *Ramón Zárate-Moedano*, ramon.zarate.moedano@gmail.com

Enviado: 10-09-2026 **Revisado:** 10-10-2026
Aceptado: 28-10-2026 **Publicado:** 29-10-2026

Cómo citar este artículo:
Zárate Moedano, R., García Aguilar, U. G.-A., & Moreno Uscanga, C. J. (2026). Principios de diseño para una secuencia de enseñanza aprendizaje sobre mezclas y métodos de separación. *Journal of Multidisciplinary Novel Journeys & Explorations*, *4*(1), 1-25.
https://doi.org/10.63688/qvy0ww53

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.

RESUMEN

Introducción: El diseño fundamentado de secuencias de enseñanza y aprendizaje relaciona el contenido científico, las dificultades del alumnado y las decisiones docentes. Este estudio identificó principios de diseño derivados de la revisión de una secuencia sobre mezclas y métodos de separación basada en el modelo 5E.

Metodología: Se desarrolló una investigación basada en diseño con los 15 estudiantes de un grupo de tercer grado de secundaria de Xalapa, Veracruz, durante el primer semestre de 2026. Se realizaron dos prototipos de seis y cuatro clases, respectivamente, de 40 minutos cada una. El docente examinó el diario de campo, las observaciones y los informes y producciones estudiantiles.

Resultados: En el primer ciclo se observaron dificultades para formular hipótesis, registrar resultados y justificar los métodos de separación. El rediseño incorporó orientaciones, una estructura de informe y una actividad integradora sobre filtros. En el segundo ciclo se observaron registros más ordenados, pero permaneció la asociación entre claridad y potabilidad del agua.

Conclusiones: Se identificaron tres principios de diseño: integrar prácticas científicas con indagación guiada, ajustar los andamiajes al alumnado y trabajar con un problema integrador. La comparación cualitativa aporta orientaciones didácticas, aunque no permite medir el progreso individual ni atribuir efectos causales a la intervención.

Palabras clave: Secuencias de enseñanza y aprendizaje, Enseñanza de la química, Modelo 5E, Investigación basada en diseño.

ABSTRACT

Introduction: The theory-informed design of teaching-learning sequences connects scientific content, learning difficulties, and teachers' decisions. This study identified design principles from the revision of a 5E-based sequence on mixtures and separation methods.

Methodology: Design-based research was conducted with all 15 students in a ninth-grade class at a public school in Xalapa, Veracruz, during the first half of 2026. Two prototypes comprised six and four 40-minute lessons, respectively. The teacher examined field notes, observations, experimental reports, and students' written work.

Results: The first cycle revealed difficulties in forming hypotheses, recording findings, and justifying separation methods. The redesign added guidance, a structured report, and an integrative filtration activity. Second-cycle records were better organized, but the association between water clarity and potability remained.

Conclusions: Three design principles were identified: integrate scientific practices with guided inquiry, adapt scaffolding to students' needs, and use an integrative problem. The qualitative comparison provides instructional insights but does not measure individual progress or establish causal effects.

Keywords: Teaching and learning sequences, Teaching chemistry, 5E model, Design-based research.

Doi: https://doi.org/10.63688/qvy0ww53

1. INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica (AC) resulta importante debido a que es necesaria para participar en sociedades en las que ciencia y tecnología atraviesan transversalmente decisiones cotidianas, económicas, ambientales, sanitarias o políticas. En lo individual, importa porque nos ayuda a comprender fenómenos naturales, ofrecer explicaciones y valorar evidencias para tomar decisiones. En lo colectivo, facilita la participación informada en asuntos de interés público y permite construir respuestas socialmente responsables ante problemas complejos. La atención que se ha puesto en este tema durante las últimas décadas no es únicamente por un interés en aprendizajes escolares, sino como un bien social que amplía las posibilidades para interpretar y transformar la realidad (Alegre Jara et al., 2025; Blanco-López et al., 2015; Garmendia and Guisasola, 2015; López Cerezo, 2005)

Cuando la AC es deficiente, las consecuencias trascienden el dominio de conceptos científicos. Las personas pueden enfrentar dificultades para distinguir entre afirmaciones sustentadas y opiniones sin respaldo, interpretar información basada en datos, evaluar riesgos o participar democráticamente en debates relacionados con salud, medio ambiente y tecnología. Colectivamente, estas limitaciones favorecen la circulación de desinformación, se reduce la capacidad de deliberación pública y obstaculiza la adopción de soluciones fundamentadas de política pública. Fortalecer la AC supone promover formas de razonamiento que articulen evidencia, contexto y toma de decisiones.

El sistema educativo tiene una posición central en este propósito. Sin embargo, aún existen aulas en donde predominan estrategias de enseñanza memorística, en las que alumnos participan de manera pasiva y repetitiva frente al conocimiento (Galván-Cardoso and Siado-Ramos, 2021). Este modelo transmisivo privilegia la comunicación unidireccional y las actividades expositivas, la memorización de datos, la aplicación rutinaria de fórmulas y la resolución de ejercicios descontextualizados (Chonillo-Sislema et al., 2024). Además, estas prácticas se fundamentan en el uso recurrente de notas, textos, láminas y pizarrón como medio de aprendizaje lo que impide procesos más ricos y esenciales como la formulación de preguntas, la indagación, la observación, la argumentación y la experimentación, lo que dificulta que el alumnado relacione conceptos científicos con fenómenos naturales.

Doi: https://doi.org/10.63688/qvy0ww53

Los resultados de PISA 2025, publicados por la OCDE en 2026, permiten dimensionar el desafío de la enseñanza científica. En México, los estudiantes de 15 años obtuvieron una media de 414 puntos en ciencias frente a 482 del promedio de la OCDE; en matemáticas alcanzaron 388 puntos frente a 463 del promedio de la OCDE (OCDE, 2026). Estos resultados describen desempeños de una población evaluada y no permiten atribuir por sí solos las diferencias a determinadas prácticas docentes. Su interpretación exige considerar las condiciones curriculares, sociales e institucionales de la educación.

Si bien PISA realiza mediciones sobre el desempeño estudiantil, los resultados deben explicarse de manera sistémica, no como algo individual. Es decir, en el proceso de aprendizaje de un estudiante intervienen currículo, formación docente, política educativa, acompañamiento docente, prácticas de enseñanza, material didáctico, infraestructura y organización escolar, contexto. Esto trasciende al individuo y termina ofreciendo pistas sobre la capacidad del sistema educativo para generar aprendizajes científicos.

En México, se lanzó una nueva política educativa a través del plan de estudios 2022 (SEP, 2025) con la intención de mejorar el sistema y por ende los aprendizajes científicos. La propuesta organiza los aprendizajes en cuatro campos formativos: Lenguajes; Saberes y pensamiento científico; Ética, naturaleza y sociedades; y De lo humano y lo comunitario. En el campo Saberes y pensamiento científico se articulan matemáticas, biología, física y química desde una perspectiva interdisciplinaria y comunitaria, con la intención de superar la fragmentación disciplinar y vincular los contenidos con problemas relevantes para la vida cotidiana.

Esta pretensión de integración curricular con la vida cotidiana puede favorecer la comprensión de fenómenos, mientras existe un diálogo entre saberes científicos, técnicos y comunitarios que acerque el conocimiento escolar al contexto de los estudiantes (Alvarado Monroy et al., 2024; Santos Andrade et al., 2025). Sin embargo, existen cuestionamientos importantes como errores en los libros de texto y falta de capacitación docente que permita llevar a buen puerto la propuesta curricular (Guel Rodríguez, 2025). Otro cuestionamiento se relaciona con la autonomía docente en el discurso que no va acompañada de apoyo y supervisión que desarrolle las capacidades necesarias que permitan a los docentes comprender el modelo, priorizar los contenidos y elaborar secuencias de enseñanza y

aprendizaje (SEA) ajustadas a los contextos educativos (Mera-Ángeles, 2023; Santos Andrade et al., 2025).

Con base en lo anterior, este trabajo busca indagar sobre ¿Qué principios de diseño para una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre mezclas y métodos de separación, basada en el modelo 5E, emergen del análisis de las decisiones de diseño adoptadas a lo largo de ciclos sucesivos de implementación y evaluación en un aula de educación secundaria? Para lograr lo anterior se plantea el análisis, diseño y evaluación de una SEA para la enseñanza de la química en educación secundaria.

Secuencias de enseñanza y aprendizaje

Las orientaciones del programa de ciencias (SEP, 2024) proporcionan objetivos o propósitos de aprendizaje y contenidos y su relación con otras asignaturas. A partir de estos referentes, los docentes diseñan una propuesta que integra contenidos nacionales y locales tomando en cuenta las características de los estudiantes y la comunidad a la que pertenecen. Es así como desde el diseño de la SEA se construye el puente entre orientaciones curriculares y actividades desarrolladas en el aula. Es decir, el currículo establece un horizonte que el docente moldea en una intervención coherente que articula el conocimiento científico, los conocimientos previos del alumnado y el contexto.

Las SEA constituyen intervenciones curriculares que organizan contenidos, actividades y material didáctico con el propósito de favorecer el aprendizaje de contenidos científicos específicos mediante un conjunto articulado de sesiones. Su relevancia para la investigación en educación científica reside en que son dispositivos didácticos que organizan el trabajo en el aula y, al mismo tiempo, intervenciones investigativas mediante las cuales se formulan y contrastan hipótesis didácticas acerca de la enseñanza y el aprendizaje (Guisasola et al., 2017; Méheut and Psillos, 2004).

El diseño de una SEA requiere hacer explícita la relación entre referentes teóricos, resultados de investigación educativa y decisiones adoptadas por el docente. Esto permite argumentar con bases sólidas la selección y organización de actividades, interpretación de resultados implementación y proponer mejoras. En otras palabras, la fundamentación debe mostrar cómo las concepciones sobre ciencia y aprendizaje se traducen en objetivos, estrategias, actividades y procedimientos de evaluación (Tiberghien et al., 2009; Zuza et al., 2020).

Una SEA cuenta con dos componentes principales. El primero se relaciona con el análisis epistemológico del contenido. Es aquí donde se elige el modelo científico a utilizar con la intención de reconstruir el contenido con propósitos educativos, los fenómenos que se podrán explicar y las evidencias que lo sustentan. Esta estructura conceptual proporciona un referente para definir objetivos de aprendizaje y actividades en las que los contenidos adquieran sentido (Guisasola et al., 2017; Tiberghien et al., 2009). El segundo componente se relaciona con los conocimientos específicos y las dificultades de aprendizaje. La distancia entre conocimientos previos, concepciones alternativas y el modelo científico seleccionado son la base sobre la cual se seleccionan preguntas, situaciones problemáticas, andamiajes y experimentos (Guisasola et al., 2017; Leach and Scott, 2002). Así, la relación entre estos dos componentes busca evitar la presentación descontextualizada de contenidos y actividades carentes de sentido pedagógico (Silva and Wartha, 2018).

Mezclas y métodos de separación

El estudio de las mezclas proporciona una base para comprender cómo se organizan y describen los sistemas materiales, así como los procedimientos mediante los cuales pueden separarse sus componentes (Popović, 2024). Una mezcla es un material de composición variable formado por dos o más sustancias y puede presentarse en estado sólido, líquido o gaseoso. A diferencia de una sustancia pura, que posee una composición definida y propiedades características, en una mezcla los componentes conservan su identidad química y pueden separarse mediante procedimientos físicos (Brown et al., 2004).

La distinción entre sustancia y mezcla se relaciona con los niveles macroscópico y submicroscópico. En el nivel macroscópico se consideran propiedades observables y medibles, como aspecto, densidad, solubilidad y comportamiento durante el calentamiento (Brown et al., 2004). En el nivel submicroscópico, una sustancia se representa mediante un solo tipo de entidad química, mientras que una mezcla contiene más de un tipo de entidad distribuido en el sistema (Sanger, 2000; Stains and Talanquer, 2007). La relación entre ambos niveles permite comprender que la uniformidad visual no demuestra pureza, pues un material puede presentar una apariencia uniforme y estar constituido por varias sustancias (Sanger, 2000).

Una mezcla está formada por: componentes, que son las sustancias individuales (elementos o compuestos) que conforman la mezcla. Fase, cada una de las porciones

Doi: https://doi.org/10.63688/qvy0ww53

homogéneas, físicamente diferenciadas y separadas por límites definidos dentro de un sistema. Soluto, es el componente que se encuentra disuelto, habitualmente en menor proporción. Y disolvente, que es el medio continuo en el que se disuelve el soluto, generalmente el componente presente en mayor cantidad.

La clasificación de las mezclas, homogéneas o heterogéneas, se relaciona con la uniformidad estructural y visual. En una mezcla homogénea los componentes forman una fase y la composición es uniforme (aire o sal disuelta en agua). En una mezcla heterogénea existen dos o más fases con composición y propiedades diferenciables (arena, rocas o madera). Un caso especial de mezclas homogéneas son las disoluciones. Aquí uno o más solutos se encuentran distribuidos en un disolvente. La formación de una disolución produce una fase homogénea y no implica la conversión en una sustancia nueva. Las entidades iniciales quedan distribuidas en el sistema y pueden recuperarse si se selecciona un procedimiento compatible con sus propiedades (Brown et al., 2004).

Para separar los componentes de una mezcla pueden emplearse métodos como filtración, destilación, decantación o imantación. Estos procedimientos aprovechan diferencias en las propiedades físicas de los componentes (tamaño de partícula, volatilidad, densidad, solubilidad o comportamiento magnético) sin modificar su identidad química (Brown et al., 2004). Es decir, seleccionar un método de separación debe responder a tres preguntas ¿qué componentes y fases integran el sistema?, ¿qué propiedad física permite diferenciarlos? y ¿qué componente se desea recuperar y con qué grado de separación? Las respuestas a estas preguntas plantean la relación entre composición, propiedades, procedimientos y aplicaciones (Witteck et al., 2007) y permite justificar por qué una técnica resulta adecuada para una mezcla y no para otra en lugar de concebirlos como recetas.

Entre los métodos de separación de mezclas más usuales encontramos tamizado, decantación, filtración, destilación e imantación. El tamizado permite separar sólidos aprovechando una diferencia en el tamaño de sus partículas. La decantación aprovecha la diferencia de densidad formando fases entre los componentes. La filtración permite separar mezclas heterogéneas formadas por un sólido insoluble y un líquido generando como residuo el sólido y como filtrado el líquido. La destilación ayuda a separar mezclas homogéneas aprovechando las diferencias en los puntos de ebullición y la volatilidad de sus componentes. Por último, la

separación magnética requiere que al menos uno de los componentes responda de manera diferenciada a un campo magnético.

Dificultades de aprendizaje

Las mezclas y sus métodos de separación forman parte de la vida cotidiana. El uso de materiales conocidos y de representaciones vinculadas con la experiencia diaria son pertinentes como punto de partida, pero insuficientes para explicar la composición de los materiales y los procesos mediante los cuales pueden separarse sus componentes. La investigación educativa muestra que algunas ideas previas o alternativas persisten aun después de recibir cursos sobre conceptos y procedimientos relacionados con mezclas y sus métodos de separación (Gazzinelli et al., 2008; Onwu and Randall, 2006; Popović, 2024; Slapničar et al., 2018).

Una de las principales dificultades consiste en distinguir entre una sustancia pura y una mezcla. En esta distinción suelen intervenir la apariencia uniforme del material, su origen natural o artificial, su grado de procesamiento y hasta el significado cotidiano de la palabra puro. Por ejemplo, algunos materiales de origen natural se identifican como sustancias puras, mientras que ciertos metales procesados se consideran mezclas (Cañada Cañada et al., 2017). O bien, mezclas homogéneas se clasifican como sustancias puras porque sus componentes no se distinguen a la vista (Sanger, 2000). Estas dificultades no desaparecen automáticamente con una explicación. También se manifiestan cuando se trasladan criterios macroscópicos al nivel submicroscópico, atribuyen propiedades observables a las partículas o construyen representaciones incompatibles con la composición del material (Adadan et al., 2009; Onwu and Randall, 2006; Sanger, 2000; Slapničar et al., 2018).

Otro ejemplo son las disoluciones. Cuando un soluto se incorpora a un disolvente y se pierde a la vista, da la impresión de que desaparece, se funde o se transforma en otra sustancia (Çalýk et al., 2005). Esto dificulta reconocer que la disolución continúa formada por más de un componente y que las partículas del soluto permanecen distribuidas en el disolvente (Devetak et al., 2009). Aunque el soluto ya no sea visible, conserva su identidad química y puede recuperarse mediante procedimientos físicos adecuados.

Sobre la selección de métodos de separación, los estudiantes pueden reconocer el nombre de una técnica sin poder explicar qué propiedades de los componentes hacen posible la separación. Esta situación favorece que los procedimientos se apliquen como

recetas, lo que dificulta generalizarlo en otras situaciones. La dificultad aumenta cuando la mezcla contiene más de dos componentes y es necesario integrar varios métodos de separación en un orden determinado (Witteck et al., 2007). Por ello, resulta conveniente plantear problemas experimentales abiertos en los que los estudiantes analicen la mezcla, seleccionen métodos que consideran adecuados y expliquen las razones de sus decisiones.

Un ejemplo de esto ocurre cuando confundir mezcla y disolución, así como las nociones cotidianas de pureza y limpieza, se trasladan al agua y a la valoración de potabilidad. Gazzinelli et al. (2008) encontraron que algunos escolares utilizaban la apariencia del agua para interpretar el riesgo sanitario y asociaban el agua visiblemente sucia con una mayor posibilidad de infección, aunque el agua clara también puede constituir una vía de transmisión.

Modelo 5E

El modelo instruccional 5E, fue concebido con la intención de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias a través de proponer una estructura organizada en fases. Con base en las propuestas de Atkin y Karplus (exploración, introducción conceptual y aplicación) el modelo 5E extendió la estructura a cinco fases (Enganchar, Explorar, Explicar, Elaborar y Evaluar) e incorporó el concepto de equilibrio cognitivo a través de la recuperación de conocimientos previos y la valoración del aprendizaje (Bybee, 2015; Bybee et al., 2006).

El modelo parte de la base constructivista que entiende el aprendizaje como un proceso recursivo de equilibrio y desequilibrio cognitivo que permite organizar y reorganizar progresivamente las ideas a través de la experiencia, el intercambio y la reflexión. Esto inicia retando los conocimientos previos a través de la exploración e incorporación de nuevas ideas, conceptos y experiencias con el fin de construir nuevas y mejores explicaciones científicas aplicando lo aprendido (Bybee et al., 2006; Polanin et al., 2024).

El modelo 5E tiene cinco fases donde una fase prepara las condiciones para la siguiente. Esta estrecha relación busca asegurar coherencia y consistencia conceptual entre actividades propuestas y las ideas que se pretenden construir. La primera fase, Enganchar, es el espacio dedicado a recuperar conocimientos previos que puedan explicar un fenómeno o problema con el que se enfrenta al estudiante. Una pregunta, una situación problemática, una observación o una demostración que genere interés. Lo importante es generar un

momento de enseñanza (Bybee, 2015). Es decir, ese momento en donde los estudiantes están habidos de más información que sirva para explicar ese fenómeno al que se están enfrentando.

La fase Explorar, facilita la interacción con el fenómeno o problema. El docente guía a los estudiantes a manipular materiales, variar condiciones, formular preguntas y experimentar con el objetivo de elaborar explicaciones provisionales sobre lo que está sucediendo frente a ellos (Bybee, 2015; Polanin et al., 2024). Con esto, los alumnos están listos para Explicar (siguiente fase). Esta explicación se sirve armonizar las interpretaciones previas con conceptos y modelos científicos formales introducidos por el docente (Bybee, 2015).

Una vez que se ha logrado explicar el fenómeno, sus características y conceptos, la fase Elaborar (Bybee, 2015) sirve para poner a prueba los nuevos conocimientos en situaciones relacionadas con el fenómeno inicial. Modificar contexto, condiciones del problema o proponer una situación nueva permite poner a prueba las explicaciones y conclusiones de las primeras fases. Es importante decir que la fase elaborar trasciende la repetición de procedimientos, su finalidad consiste en extender la comprensión y aplicación de los conocimientos en nuevos desafíos.

La última fase está relacionada con Evaluar. En el sentido formativo de la evaluación, esta fase permite reconocer y reflexionar sobre cómo cambiaron las explicaciones iniciales y así valorar el progreso respecto de los objetivos establecidos. Si bien existe una fase de evaluación, el progreso de aprendizaje se valora analizando las actividades y reflexiones durante todo el ciclo. Ideas iniciales en el enganche, decisiones adoptadas durante la exploración, explicaciones con lenguaje científico y la aplicación en nuevas situaciones proveen información adicional sobre el proceso de aprendizaje (Bybee et al., 2006).

Fundamentación teórica de la SEA

El diseño de la SEA concreta análisis y decisiones tomadas con la intención de proponer una hipótesis didáctica acerca de cómo favorecer el aprendizaje de los estudiantes sobre las mezclas y sus métodos de separación. Su fundamentación establece la relación entre propósitos de aprendizaje, conceptos y contenidos y dificultades de aprendizaje del alumnado, así como su articulación con actividades y evidencias previstas para valorar el aprendizaje alcanzado (Guisasola et al., 2017; Méheut and Psillos, 2004; Tiberghien et al., 2009).

Para este trabajo, la SEA recupera el programa de estudios vigente en México. Lo correspondiente al campo formativo Saberes y pensamiento científico y la clasificación de mezclas y métodos de separación de mezclas y su uso cotidiano (SEP, 2025). La intención es que los estudiantes avancen desde la clasificación de mezclas por su apariencia hacia explicaciones basadas en su composición y organización en fases. Distinguir sustancias y mezclas, reconocer componentes y fases, relacionar niveles macroscópico y submicroscópico, comprender que un componente puede permanecer en una mezcla, aunque no sea visible y seleccionar métodos de separación a partir de las propiedades de las sustancias y del resultado que se espera obtener. Estas relaciones permiten definir los objetivos de aprendizaje y anticipar las ideas previas que deberán atenderse durante la intervención (Devetak et al., 2009; Popović, 2024; Sanger, 2000; SEP, 2025; Slapničar et al., 2018; Stains and Talanquer, 2007; Witteck et al., 2007). La Tabla 1 muestra las bases teóricas consideradas para el diseño de la SEA y su relación decisiones adoptadas.

Tabla 1.

Bases teóricas que sustentan el diseño de la SEA

Contenido	Ideas alternativas	Actividades
Composición de las mezclas y su clasificación.	Considerar un material de apariencia uniforme es una sustancia pura. O que, si sus componentes no se distinguen a la vista, no constituye una mezcla. También relacionar natural con puro y procesado con mezclas	Observación de materiales cotidianos; preparar mezclas con agua, azúcar, sal, aceite y colorante; registro de apariencia, textura y uniformidad; elaborar cuadro comparativo. Fases 5E: Enganchar y Explorar. Evidencia prevista: cuadro comparativo y clasificación justificada de los materiales.
Componentes de mezclas y disoluciones: soluto, disolvente y fases.	Suponer que el soluto desaparece, se funde o se transforma en otra sustancia cuando deja de observarse. Confundir la uniformidad de una disolución con la presencia de una sola sustancia.	Disolución de sal en agua; comparación entre agua con azúcar y con arena; elaboración de dibujos sobre distribución de componentes; preparación de disoluciones con distintas cantidades de azúcar; comparación de características observables y análisis de etiquetas de bebidas y productos de limpieza. Fases 5E: Explorar y Explicar. Evidencia prevista: dibujos y explicaciones que reconozcan la

		permanencia del soluto en la disolución.
Recuperar componentes de una mezcla mediante métodos de separación	Interpretar que una sustancia deja de existir cuando ya no se observa. Aplicar métodos de separación como recetas, sin tomar en cuenta la propiedad física que hace posible la separación.	Evaporación al sol de una disolución de agua y sal; representación gráfica del proceso; preguntas sobre la permanencia y recuperación del soluto; elaboración de reporte experimental. Fases 5E: Explorar, Explicar y Evaluar. Evidencia prevista: reporte que relacione la recuperación del soluto con la propiedad aprovechada por el método.
Filtración de mezclas.	Suponer que la filtración elimina todos los componentes indeseables y equiparar agua clara con agua potable. Utilizar la apariencia del agua para valorar su seguridad.	Filtración de agua con tierra y hojas mediante papel filtro; construcción de un filtro con algodón, carbón, arena y grava; registro y exposición de resultados; discusión de preguntas: ¿el agua obtenida es potable?, ¿por qué no debemos beberla? ¿qué procesos adicionales serían necesarios antes de considerarla segura para beber? Fases 5E: Elaborar y Evaluar. Evidencia prevista: registro comparativo del agua antes y después del filtrado y explicación de los alcances y límites del filtro.
Separación de mezclas mediante imantación y decantación.	Seleccionar método por semejanza con un ejemplo conocido sin explicar qué propiedad de los componentes hace posible la separación. La dificultad aumenta cuando es necesario combinar varios procedimientos en un orden determinado.	Separación de limadura de hierro y arena mediante un imán; explicación y representación del proceso. Decantación de agua y aceite; contraste con mezclas de agua y vinagre, agua y arena, agua y azúcar; elaboración de dibujos y comparación de resultados. Fases 5E: Explorar y Elaborar. Evidencia prevista: justificación de los métodos elegidos según las propiedades de los componentes y el resultado esperado.

Nota. Elaboración propia.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación utilizó la metodología de investigación basada en diseño (IBD) para diseñar, implementar, evaluar y mejorar una SEA sobre mezclas y métodos de separación de mezclas, estructurada bajo el modelo 5E y aplicada en educación secundaria. Se

sistematiza el conocimiento generado durante este proceso a través de definir principios de diseño.

Investigación Basada en Diseño

La Investigación Basada en Diseño (IBD) se adopta como metodología de investigación con el propósito de indagar problemas educativos contextualizados mediante ciclos de análisis, diseño, implementación, evaluación y rediseño de una SEA en condiciones reales. Este enfoque relaciona la construcción de conocimiento didáctico con el desarrollo de intervenciones docentes por lo que permite estudiar conjuntamente la teoría, el diseño elaborado y los procesos de enseñanza y aprendizaje que ocurren durante su implementación (Baumgartner et al., 2003; De Benito and Salinas, 2016; Guisasola et al., 2021).

Este proceso permite comprender cómo y en qué condiciones funciona la SEA, qué dificultades aparecen durante su implementación y qué modificaciones favorecen el aprendizaje de los estudiantes. El análisis de las decisiones y los resultados de cada ciclo permite formular, probar y refinar principios de diseño que sintetizan el conocimiento didáctico generado. Estos principios no son resultado de un proceso lineal, sino orientaciones fundamentadas cuya pertinencia depende de las condiciones en que se desarrolla la intervención (Guisasola et al., 2021; Hanghøj et al., 2022).

Este trabajo realizó dos ciclos. El primero comienza con el análisis del currículo oficial, la definición conceptual y sugerencias didácticas desde la investigación educativa. Con base en el análisis se diseña el prototipo 1, se implementa y se evalúa. Las evidencias obtenidas permitieron reconocer logros, dificultades y problemas relacionados con las actividades y su organización, materiales utilizados y el tiempo disponible en clase. Estos resultados se incorporan como insumos en la segunda fase de análisis para orientar el diseño del prototipo 2. Después de su implementación y evaluación, se realizó un análisis comparativo de ambos ciclos para formular principios de diseño.

Participantes

La intervención se desarrolló durante el primer semestre de 2026 en una escuela secundaria pública de Xalapa, Veracruz, México. Participaron los 15 estudiantes que integraban un grupo de tercer grado, con edades de 14 a 16 años y asistencia regular al curso de Química. Los mismos estudiantes participaron en ambos prototipos. Las clases tuvieron una duración

de 40 minutos: se desarrollaron seis sesiones en el primer ciclo y cuatro en el segundo. Se trabajaron contenidos sobre mezclas y métodos de separación.

La institución educativa autorizó el desarrollo de la investigación y el uso académico de las evidencias producidas. La participación contó con los consentimientos y autorizaciones correspondientes, incluidos los relativos a la utilización de los trabajos estudiantiles y de las fotografías que los documentan. Para su presentación en el artículo se preservó la identificación personal de los menores de edad.

Fuentes de información

La observación de las sesiones constituyó la técnica principal para documentar la implementación. A través del diario de campo del docente se recuperó información relacionada con el desarrollo de actividades, integración de las fases del modelo 5E, intervención de los estudiantes, dificultades observadas y adecuaciones realizadas durante las clases. También se registró la comprensión de las instrucciones por parte de los estudiantes, disponibilidad de materiales, organización del trabajo en equipo y organización del tiempo.

La segunda fuente de información fueron las evidencias de aprendizaje de los estudiantes. Respuestas escritas, registros de observación, explicaciones, hipótesis, informes de experimentación y dispositivos construidos en clase. Estas evidencias permitieron analizar la manera en que los estudiantes se relacionaron con el concepto de mezclas, propiedades de los componentes y selección de métodos de separación.

Los documentos de planeación de ambos prototipos constituyeron una tercera fuente para reconstruir las decisiones de diseño. El docente examinó los informes de experimentación y las observaciones del diario de campo y contrastó lo documentado en el primer y segundo ciclo. La lectura comparativa atendió a las dificultades de formular hipótesis, registrar procedimientos y resultados, explicar las propiedades de los componentes y justificar la elección de métodos de separación. Esta revisión descriptiva permitió vincular las modificaciones de la secuencia con las evidencias observadas, sin aplicar una prueba estandarizada ni establecer mediciones individuales de progreso.

Diseño, implementación y evaluación

El prototipo 1 se implementó durante seis clases de 40 minutos. El docente consignó observaciones de las actividades y recopiló producciones e informes

experimentales del alumnado. Al terminar el ciclo, revisó esas evidencias y sus notas para reconocer dificultades de comprensión de las tareas, organización del registro, tiempo y disponibilidad de materiales. El rediseño conservó el trabajo experimental e incorporó apoyos para formular hipótesis, organizar informes y reservar momentos de discusión y registro.

El prototipo 2 se implementó con el mismo grupo durante cuatro clases de 40 minutos. Se mantuvieron como fuentes el diario de campo docente y las producciones de clase. La comparación entre ciclos se realizó mediante la revisión de los informes y las observaciones registradas, atendiendo a los cambios en la organización de respuestas y procedimientos. Se analizó de manera particular la actividad de diseño y construcción de filtros y las explicaciones sobre los alcances de la filtración. A partir de esta revisión se formularon principios de diseño contextualizados, sin inferir cambios individuales medidos mediante un instrumento común.

3. RESULTADOS

Prototipo 1

En las primeras clases, relacionadas con las fases enganchar y experimentar, los estudiantes se mostraron algo incómodos al tratar de proponer explicaciones e hipótesis a partir de sus conocimientos previos. En reiteradas ocasiones solicitaban conocer lo que vamos a ver esta clase, refiriéndose al tema, contenidos y conceptos principales en clara relación con propuestas de enseñanza expositivas. Esta necesidad disminuyó conforme avanzó la implementación y con la guía docente haciendo énfasis en que lo más importante era la observación y manipulación de materiales para intentar formular explicaciones sobre el fenómeno observado.

Cuando los estudiantes comenzaron a centrar su atención en la manipulación y observación de mezclas y los métodos de separación, el docente detectó que estaban tan interesados participando en las actividades que fallaban en registrar los resultados y por ende en reconocer las propiedades de los componentes que permitían la separación. Para disminuir esto, el docente acompañó las actividades con preguntas y momentos específicos donde pedía registrar y, en equipo o plenaria, discutir los registros y resultados.

Después de discutir las observaciones, el docente solicitó formular hipótesis para las experiencias posteriores. La revisión de los trabajos mostró confusiones entre anticipar un resultado y describir el procedimiento. Asimismo, varios informes omitían pasos, observaciones o explicaciones. Para abordar estas dificultades se ofrecieron preguntas orientadoras y una estructura de informe con apartados diferenciados.

También se atendieron dificultades relativas a la organización del aula, la distribución de los materiales y la duración de las tareas. En varias sesiones, el tiempo disponible resultó insuficiente para preparar, experimentar, limpiar, registrar y discutir. La tabla 2 relaciona las dificultades identificadas en el primer ciclo con las modificaciones incorporadas al siguiente prototipo.

Tabla 2.

Análisis del prototipo 1 y modificaciones propuestas

Decisión de diseño	Evidencias e interpretación	Modificación para el prototipo 2
Formulación de hipótesis antes de experimentos.	Los estudiantes desconocían su función o confundían la hipótesis con el procedimiento y el resultado. La solicitud requería apoyos previos.	Incorporar explicaciones breves, ejemplos y preguntas orientadoras antes de solicitar las hipótesis.
Uso recurrente del informe experimental como evidencia de aprendizaje.	Las primeras producciones mostraron dificultades para organizar hipótesis, observaciones y explicaciones; no siempre era claro qué debía registrarse.	Reestructurar el informe y diferenciar hipótesis, procedimiento, observaciones, representación gráfica y reflexión final.
Actividades experimentales realizadas en equipos.	El alumnado participó con interés, pero tendía a concentrarse en manipular materiales y omitía registrar o analizar parte de lo observado.	Incluir momentos explícitos de observación, registro, intercambio de resultados y explicación colectiva.
Empleo de materiales cotidianos y de bajo costo.	Los materiales facilitaron la participación y la relación con situaciones cercanas, aunque su disponibilidad y las variaciones en las cantidades afectaron algunas experiencias.	Conservar materiales familiares, prever insumos adicionales y precisar cantidades e indicaciones de uso.
Organización de experimentos dentro del aula.	La visibilidad de los fenómenos y el seguimiento de las instrucciones variaron con la disposición del mobiliario y la organización de los equipos.	Organizar previamente los equipos y disponer el espacio para que todos puedan observar y participar.

Distribución de actividades en seis clases.	La experimentación, la discusión y la elaboración de informes requirieron tiempos distintos de los previstos.	Simplificar o reorganizar actividades y reservar tiempo para el registro y la discusión de las evidencias.
Estudio de varios métodos de separación mediante actividades sucesivas.	Las experiencias permitieron reconocer procedimientos individuales, pero resultaba necesario relacionarlos en una situación que demandara seleccionar, combinar y justificar decisiones.	Articular el prototipo 2 mediante un problema sobre tratamiento de agua y la construcción de un filtro.

Nota. Elaboración propia.

Prototipo 2

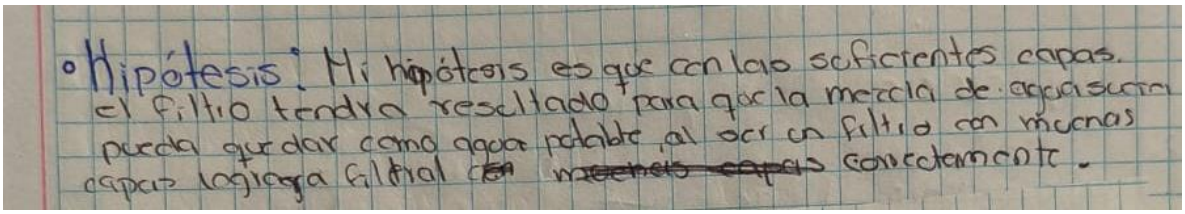
El prototipo 2 se diseñó a partir de las dificultades documentadas en el primer ciclo y se implementó durante cuatro sesiones de 40 minutos. Aunque la filtración ya figuraba entre las experiencias del prototipo anterior, en esta fase se articuló el trabajo mediante una situación-problema de tratamiento del agua: los equipos debían decidir qué materiales utilizar, cómo disponerlos y cómo explicar el funcionamiento de sus filtros. También se incorporaron orientaciones más explícitas para anticipar resultados, registrar observaciones y redactar informes.

En la revisión de las producciones del segundo ciclo, el docente observó informes mejor organizados, con apartados más diferenciados para hipótesis, procedimientos y observaciones. Estas evidencias fueron interpretadas como una mejora de la legibilidad de los registros, no como una medición del progreso individual. Aun así, se requirió acompañamiento docente para vincular los resultados con las propiedades físicas de los componentes y con los límites de los métodos de separación.

Persistieron algunas dificultades conceptuales. En al menos uno de los informes del segundo prototipo, una hipótesis vinculó un mayor número de etapas de filtrado con la posibilidad de obtener agua potable. Este registro muestra que la claridad visible del agua seguía utilizándose, en ese caso, como indicio de seguridad, aunque la filtración realizada no permitía verificar la ausencia de sustancias disueltas o microorganismos (véase la figura 1).

Figura 1.

Hipótesis que utilizan una concepción alternativa



Nota. Fotografías del archivo de la investigación.

Como actividad final se compararon los diseños de filtros construidos por los equipos (véase la figura 2). La discusión permitió examinar los materiales elegidos, su disposición y las diferencias observadas en el agua filtrada. La tabla 3 sintetiza las observaciones y valoraciones del segundo prototipo.

Figura 2.

Filtros construidos como producto final del prototipo



Nota. Fotografías del archivo de la investigación.

Tabla 3.

Evaluación de las modificaciones incorporadas en el prototipo 2

Doi: https://doi.org/10.63688/qvy0ww53

Decisión de diseño	Evidencias e interpretación	Valoración
Apoyos previos para formular hipótesis.	Las producciones presentaron una organización más clara de las anticipaciones y comenzaron a relacionarlas con los resultados esperados.	El apoyo fue pertinente, aunque algunos estudiantes continuaron necesitando preguntas de mediación.
Reorganización del informe experimental.	Los registros diferenciaron mejor hipótesis, procedimiento, observaciones, representaciones y reflexión final.	El instrumento produjo evidencias más interpretables, pero las explicaciones todavía debían fortalecerse.
Proyecto articulador sobre tratamiento del agua.	Los equipos seleccionaron materiales, propusieron un orden, construyeron el filtro y revisaron sus decisiones a partir de los resultados.	La actividad permitió integrar conocimientos y trasladó parte de las decisiones al alumnado.
Mayor apertura en los procedimientos experimentales.	Los resultados diferentes generaron preguntas, comparaciones y propuestas de ajuste; también se observó la tendencia a replicar soluciones de otros equipos.	La autonomía resultó productiva cuando estuvo acompañada por preguntas que exigían justificar las decisiones.
Previsión de equipos, materiales, instrucciones y espacio.	La implementación tuvo mayor continuidad, aunque las diferencias en cantidades y disposición de los materiales influyeron en los filtros.	Las condiciones materiales debían planearse sin eliminar la posibilidad de comparar diseños y analizar resultados distintos.
Momentos explícitos para registrar y explicar.	El alumnado documentó mejor el proceso, pero requirió apoyo para relacionar sus observaciones con la función de los materiales y el método aplicado.	La observación debía complementarse con preguntas sobre las propiedades consideradas, los cambios observados y los límites del procedimiento.

Nota. Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

Las observaciones de ambos prototipos sugieren que el trabajo experimental favoreció la participación y brindó oportunidades para hacer explícitas las ideas del alumnado, en consonancia con el modelo 5E (Bybee et al., 2006; Polanin et al., 2024). La comparación de informes y notas docentes mostró que los apoyos para formular hipótesis y estructurar registros facilitaron la documentación de las actividades. Sin embargo, la investigación no

incluyó mediciones individuales equivalentes antes y después de la intervención; por ello, sus resultados se interpretan como evidencias cualitativas del funcionamiento de la secuencia y no como una estimación de eficacia.

En las explicaciones y discusiones de clase aparecieron referencias a las diferencias entre mezclas homogéneas y heterogéneas y a la separación física de componentes. La construcción de filtros permitió discutir qué materiales intervenían en cada etapa. No obstante, un reporte del segundo ciclo seguía asociando agua visualmente clara con agua potable, dificultad descrita también en trabajos sobre las creencias relacionadas con la seguridad del agua (Gazzinelli et al., 2008). Esta observación justifica reforzar el tratamiento explícito de los límites de la filtración y la distinción entre transparencia y potabilidad.

Del contraste entre las decisiones adoptadas y las evidencias revisadas se desprenden tres principios de diseño situados:

- **Prácticas científicas integradas e indagación guiada.** Es importante que se incluyan actividades con preguntas guía y actividades de aprendizaje que relacionen el fenómeno observado con los conceptos que permiten explicarlo. La observación, el registro y la discusión requieren momentos explícitos y preguntas del docente para que los estudiantes interpreten datos, justifiquen y argumenten decisiones y explicaciones.
- **Andamiaje de la indagación científica**. La formulación de hipótesis, plantear modificaciones a procesos y recolectar y registrar datos no surgen espontáneamente. Para favorecer estas habilidades es necesario utilizar andamios como guías, representaciones gráficas o preguntas detonadoras. Además, estos apoyos es necesario ajustarlos según las respuestas y necesidades del grupo.
- **Situación-problema integrador**. Enfrentar a los estudiantes con situaciones-problema relativamente complejos les demanda movilizar y combinar diversos recursos cognitivos lo que favorece aplicar y reorganizar sus conocimientos.

5. CONCLUSIONES

El estudio permitió identificar tres principios de diseño para una secuencia sobre mezclas y métodos de separación: integrar la indagación guiada con prácticas de registro y argumentación; ajustar los andamiajes a las dificultades efectivamente observadas; y organizar una situación-problema que exija relacionar materiales, propiedades físicas y

decisiones experimentales. La revisión del segundo prototipo mostró registros más organizados, pero no resolvió todas las ideas alternativas relacionadas con la potabilidad del agua. Al tratarse de un solo grupo de 15 estudiantes y de un análisis cualitativo de los informes y observaciones docentes, estos hallazgos no permiten medir el avance individual ni generalizar efectos. Los principios constituyen orientaciones susceptibles de contrastarse y revisarse en nuevas implementaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adadan, E., Irving, K. E., & Trundle, K. C. (2009). Impacts of multi-representational instruction on high school students' conceptual understandings of the particulate nature of matter. *International Journal of Science Education, 31*(13), 1743–1775. https://doi.org/10.1080/09500690802178628

Alegre Jara, M. E., Hernández Falla, J. V., Marcelo Gómez, G. F., Calderon Reyes, E., Rojas Cordero, E. M., & Julca Castillo, B. L. (2025). Scientific literacy in university students. *European Public and Social Innovation Review, 10*. https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1561

Alvarado Monroy, A., Rodríguez Vásquez, F. M., Ríos Laguna, M. G., Mares Orozco, C. D., & Pichardo Avila, F. L. (2024). Los animales de nuestra región: Secuencia interdisciplinaria con docentes de preescolar en el marco de la Nueva Escuela Mexicana. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 14*(28). https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.2002

Baumgartner, E., Bell, P., Brophy, S., Hoadley, C., Hsi, S., Joseph, D., Orrill, C., Puntambekar, S., Sandoval, W., & Tabak, I. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher, 32*(1), 5–8. https://doi.org/10.3102/0013189X032001005

Blanco-López, Á., España-Ramos, E., González-García, F. J., & Franco-Mariscal, A. J. (2015). Key aspects of scientific competence for citizenship: A Delphi study of the expert community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching, 52*(2), 164–198. https://doi.org/10.1002/tea.21188

Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., & Burdge, J. R. (2004). *Química: La ciencia central* (G. Trujano Mendoza, Ed.; 9.ª ed.). Pearson Educación de México.

Bybee, R. (2015). *El modelo de enseñanza 5E del BSCS: Creando momentos de enseñanza*. National Science Teachers Association.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. BSCS. https://www.researchgate.net/publication/242363914

Çalýk, M., Ayas, A., & Ebenezer, J. V. (2005). A review of solution chemistry studies: Insights into students' conceptions. *Journal of Science Education and Technology, 14*(1), 29–50. https://doi.org/10.1007/s10956-005-2732-3

Cañada Cañada, F., González-Gómez, D., Airado-Rodríguez, D., Viviana, L., Niño, M., Antonia, M., & Acedo, D. (2017). Change in elementary school students' misconceptions on material systems after a theoretical-practical instruction. *International Electronic Journal of Elementary Education, 9*(3). https://www.iejee.com

Chonillo-Sislema, L., Heredia-Gavin, D., Chayña-Apaza, J., Ramos-Pineda, Z., & Sánchez-Solórzano, J. (2024). Dificultades en el aprendizaje de química en el bachillerato, desde la opinión del alumnado y algunas alternativas para superarlas. *Revista Innova Educación, 6*(1), 71–88. https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.01.005

De Benito, B., & Salinas, J. M. (2016). La investigación basada en diseño en tecnología educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa, 0*, 44–59. https://doi.org/10.6018/riite2016/260631

Devetak, I., Vogrinc, J., & Glažar, S. A. (2009). Assessing 16-year-old students' understanding of aqueous solution at submicroscopic level. *Research in Science Education, 39*(2), 157–179. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9077-2

Díaz, J. A., & Díaz, R. (2018). Los métodos de resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento matemático. *Bolema: Boletim de Educação Matemática, 32*(60), 57–74. https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n60a03

Galván-Cardoso, A. P., & Siado-Ramos, E. (2021). Educación tradicional: Un modelo de enseñanza centrado en el estudiante. *CIENCIAMATRIA, 7*(12), 962–975. https://doi.org/10.35381/cm.v7i12.457

Garmendia, M., & Guisasola, J. (2015). Alfabetización científica en contextos escolares: El proyecto Zientzia Live! *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de*

las Ciencias, 12(2), 294–310. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i2.05

Gazzinelli, M. F. C., Kloos, H., de Cássia Marques, R., dos Reis, D. C., & Gazzinelli, A. (2008). Popular beliefs about the infectivity of water among school children in two hyperendemic schistosomiasis areas of Brazil. *Acta Tropica, 108*(2–3), 202–208. https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2008.05.009

Guel Rodríguez, J. M. (2025). Percepciones docentes sobre la Nueva Escuela Mexicana: Una mirada a la implementación del eje articulador de la igualdad de género en el aula de educación primaria. *Revista Educación*. https://doi.org/10.15517/revedu.v49i2.646

Guisasola, J., Ametller, J., & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje: Una línea de investigación emergente en enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18*(1), 1–18. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., & Gutierrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research, 13*(2). https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139

Hanghøj, T., Händel, V. D., Duedahl, T. V., & Gundersen, P. B. (2022). Exploring the messiness of design principles in design-based research. *Nordic Journal of Digital Literacy, 17*(4), 222–233. https://doi.org/10.18261/njdl.17.4.3

Leach, J., & Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education, 38*(1), 115–142. https://doi.org/10.1080/03057260208560189

López Cerezo, J. A. (2005). Participación ciudadana y cultura científica. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*. http://arbor.revistas.csic.es

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education, 26*(5), 515–535. https://doi.org/10.1080/09500690310001614762

Mera-Ángeles, A. L. (2023). Importancia de la profesionalización docente en la educación básica en México. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 6*(Suplemento 1), 177–186. https://doi.org/10.62452/b58svq03

OCDE. (2026). *PISA 2025 results (Volume I): Future-ready students*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/73451bc5-en

Onwu, G. O. M., & Randall, E. (2006). Some aspects of students' understanding of a representational model of the particulate nature of matter in chemistry in three different countries. *Chemistry Education Research and Practice, 7*(4).

Polanin, J. R., Austin, M., Taylor, J. A., Steingut, R. R., Rodgers, M. A., & Williams, R. (2024). Effects of the 5E instructional model: A systematic review and meta-analysis. *AERA Open, 10*. https://doi.org/10.1177/23328584241269866

Popović, E. (2024). An overview of previous research on learning and teaching about mixtures and solutions. *Norma, 29*(2), 184–194. https://doi.org/10.5937/norma29-55278

Sanger, M. J. (2000). Using particulate drawings to determine and improve students' conceptions of pure substances and mixtures. *Journal of Chemical Education, 77*(6).

Santos Andrade, O. S., Cortés Palma, E., López Yañez, X. O., & Lazcano Cortés, G. (2025). Desafíos y oportunidades en la implementación de la Nueva Escuela Mexicana y la educación comunitaria en contextos rurales. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 6*(2). https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3808

SEP. (2024). *Programa de estudio para la educación secundaria: Programa sintético de la fase 6*.

SEP. (2025). *Plan de estudio para la educación preescolar, primaria y secundaria 2022* (2.ª ed.).

Silva, E. L., & Wartha, E. J. (2018). Estabelecendo relações entre as dimensões pedagógica e epistemológica no ensino de ciências. *Ciência & Educação (Bauru), 24*(2), 337–354. https://doi.org/10.1590/1516-731320180020006

Slapničar, M., Tompa, V., Glažar, S. A., & Devetak, I. (2018). Fourteen-year-old students' misconceptions regarding the sub-micro and symbolic levels of specific chemical

concepts. *Journal of Baltic Science Education, 17*(4), 620–632. https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.620

Stains, M., & Talanquer, V. (2007). Classification of chemical substances using particulate representations of matter: An analysis of student thinking. *International Journal of Science Education, 29*(5), 643–661. https://doi.org/10.1080/09500690600931129

Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education, 31*(17), 2275–2314. https://doi.org/10.1080/09500690902874894

Witteck, T., Most, B., Kienast, S., & Eilks, I. (2007). A lesson plan on "methods of separating matter" based on the learning company approach: A motivating frame for self-regulated and open lab-work in introductory secondary chemistry lessons. *Chemistry Education Research and Practice, 8*(2), 108–119.

Zuza, K., De Cock, M., Van Kampen, P., Kelly, T., & Guisasola, J. (2020). Guiding students towards an understanding of the electromotive force concept in electromagnetic phenomena through a teaching-learning sequence. *Physical Review Physics Education Research, 16*(2). https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020110

CONFLICTO DE INTERESES

No existe.

FINANCIAMIENTO

No aplica.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Ramón Zárate-Moedano, Ulises García-Aguilar y Cutberto José Moreno-Uscanga.

Metodología: Ramón Zárate-Moedano, Ulises García-Aguilar y Cutberto José Moreno-Uscanga.

Investigación: Ramón Zárate-Moedano, Ulises García-Aguilar y Cutberto José Moreno-Uscanga.

Redacción – borrador original: Ramón Zárate-Moedano, Ulises García-Aguilar y Cutberto José Moreno-Uscanga.

Redacción – revisión y edición: Ramón Zárate-Moedano, Ulises García-Aguilar y Cutberto José Moreno-Uscanga.