

<https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1156>

Artículos científicos

Enseñanza de la ciencia: sesiones prácticas bajo el enfoque de investigación dirigida para el fortalecimiento de competencias científicas

Science teaching, practical sessions under the directed research approach for the strengthening of scientific competences

Ensino de ciências: sessões práticas sob a abordagem de pesquisa dirigida para fortalecer habilidades científicas

Antonio de Jesús Estrada Maldonado

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México

ajestrada@uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4951-5905>

Evelia Reséndiz Balderas

Universidad Autónoma de Tamaulipas México

erbalderas@docentes.uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6250-8534>

Rosa Delia Cervantes Castro

Universidad Autónoma de Tamaulipas, México

rdcervantes@docentes.uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5214-9366>

Resumen

En un entorno de bajos resultados académicos y carencia de habilidades científicas elementales para la resolución de problemas y la toma de decisiones basadas en hechos, el presente trabajo tuvo por objetivo el desarrollo e implementación de una propuesta de enseñanza de la química a través del trabajo práctico bajo la perspectiva teórica de la investigación dirigida que coadyuvara al desarrollo de competencias científicas. De este modo, con un enfoque sustentado en la investigación-acción, el trabajo se dividió en dos momentos: el primero recuperó aspectos de la problemática actual en enseñanza de las ciencias relacionada con la falta de competencias científicas en la educación obligatoria, y los fundamentos teóricos que sustentan la propuesta de intervención del segundo momento, siendo este el proceso de diseño, implementación y evaluación de una serie de secuencias didácticas para el trabajo práctico en la química bajo la perspectiva de la investigación dirigida. La implementación de las secuencias se realizó con un grupo de 45 alumnos en un plantel del Colegio de Bachilleres del Estado de Tamaulipas, México, uno de los múltiples subsistemas de educación media superior en el país. Al contar con varias etapas, el trabajo presentó una metodología mixta que va desde la cuantificación de indicadores para evaluar la competencia científica (comunicación de hallazgos) hasta la descripción cualitativa a manera de estudio de caso de los productos entregados por los estudiantes. Los resultados obtenidos sugieren que es posible implementar sesiones prácticas bajo un enfoque de investigación que acerque a los alumnos al trabajo de los científicos, y que esto no se limita a un entorno específico, sino que puede ser llevado a cabo en cualquier espacio donde se haga ciencia e inclusive en modalidad de educación a distancia. Asimismo, las secuencias didácticas implementadas fortalecieron diferentes competencias; sin embargo, la evaluación se centró en la capacidad para comunicar hallazgos de manera oral y escrita, donde los cuatro estudiantes valorados mostraron un leve progreso entre la primera y la última sesión (considerando que fueron dos secuencias) sobre todo en aspectos como la apropiación del lenguaje científico y la relación de sus hallazgos, hipótesis previas y preguntas de investigación.

Palabras clave: competencias científicas, enseñanza de las ciencias, investigación dirigida, sesiones prácticas, trabajo práctico.

Abstract

In a context of low academic results and lack of basic scientific skills for the solving problem and based on facts decisionmaking, the present research aimed at the development and implementation of a chemistry teaching approach through practical work based on the directed research perspective, which will help the scientific competences development. In this way, with an investigation-action approach, which divides the work in two moments: the first one recovers those aspects of the current science teaching problem related to the lack of science competences in obligatory education, and the teorical fundament that supports the intervention proposal of the second moment, being this one the disign, implementation and evaluation process of a serie of didactic secuences for the chemistry practice work under the directed research´s perspective. The implementation of the didactic secuences was performed with a 45 students group belonging to the Colegio de Bachilleres del Estado de Tamaulipas´ school in Mexico, being this one of the multiple Middle Education subsystems of this country. By having different phases, the research has a mixed methodology that goes from indicators quantification for the science competence evaluation (comunication of findings) until the qualitative description by way of case study of the accademic products delivered by the students. The obtained results suggest that it is possible to implement practical sesions under a research approach that get students closer to the scientists work, and this is not limited to an specific space (like a laboratory), but it is able to make it happen in any enviornment where science can be done and also in distance education modality. In addition to, the didactic secuences that were implemented strengthened different abilities, however, the evaluation was focused in the capability of students to comunicate their findings orally and in academic writing, where four students who were assessed showed a small progress between the first and the last sesion (considering they were two secuences) specially in aspects such as scientific language appropriation and the ability to link their findings with previous hypothesis and research questions.

Keywords: Scientific competences, science education, directed research, practical sesions, practical work.

Resumo

Em um ambiente de baixos resultados acadêmicos e falta de habilidades científicas elementares para resolução de problemas e tomada de decisão baseada em fatos, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver e implementar uma proposta de ensino de química por meio do trabalho prático, sob a perspectiva teórica da pesquisa dirigida que contribuiria para o desenvolvimento de habilidades científicas. Dessa forma, com uma abordagem baseada na pesquisa-ação, o trabalho foi dividido em dois momentos: o primeiro recuperou aspectos do problema atual do ensino de ciências relacionado à falta de competências científicas na escolaridade obrigatória, e os fundamentos teóricos que sustentam a proposta de intervenção do segundo momento, sendo este o processo de concepção, implementação e avaliação de uma série de sequências didáticas para trabalho prático em química sob a perspectiva da pesquisa dirigida. A implementação das sequências foi realizada com um grupo de 45 alunos em um campus do Colegio de Bachilleres del Estado de Tamaulipas, México, um dos múltiplos subsistemas de ensino médio do país. Com várias etapas, o trabalho apresentou uma metodologia mista que vai desde a quantificação de indicadores para avaliação da competência científica (comunicação de resultados) até a descrição qualitativa como estudo de caso dos produtos entregues pelos alunos. Os resultados obtidos sugerem que é possível implementar sessões práticas sob uma abordagem de investigação que aproxime os alunos do trabalho dos cientistas, e que esta não se limita a um ambiente específico, mas pode ser realizada em qualquer espaço onde seja feita. ciência e até mesmo na modalidade de educação a distância. Da mesma forma, as sequências didáticas implementadas fortaleceram diferentes competências; no entanto, a avaliação incidiu sobre a capacidade de comunicar os resultados oralmente e por escrito, onde os quatro alunos avaliados apresentaram um ligeiro progresso entre a primeira e a última sessão (considerando que foram duas sequências), sobretudo em aspectos como a apropriação do linguagem científica e a relação de seus achados, hipóteses prévias e questões de pesquisa.

Palavras-chave: competências científicas, ensino das ciências, investigação dirigida, sessões práticas, trabalho prático.

Fecha Recepción: Agosto 2021

Fecha Aceptación: Febrero 2022

Objetivo

Diseñar e implementar estrategias de enseñanza alternativas en el trabajo práctico de la química, que deriven en mejores resultados de aprendizaje y coadyuven al desarrollo y fortalecimiento de la competencia científica: comunicación de hallazgos.

Introducción

En un mundo de cambios constantes, donde los avances científicos y tecnológicos ascienden a pasos agigantados y diariamente se toman decisiones que, de manera inconsciente, ponen en juego la situación de las generaciones presentes y futuras, es pertinente reflexionar sobre el quehacer de la educación en torno a ese estado de actuar instintivo y poco racional, donde el ideal de alfabetización científica se encuentra aún muy alejado del resultado esperado.

Es en este contexto de analfabetismo científico donde el nulo discernimiento del lenguaje de la ciencia conlleva a la toma de decisiones a ciegas, en que los sistemas educativos se esfuerzan por cambiar el enfoque actual de la enseñanza, en específico de aquellos campos formativos que, por su naturaleza didáctica, tienen la capacidad de transformar la vida de los individuos, otorgándoles la capacidad de ver consecuencias, donde otros verían únicamente un paso más en la rutina diaria.

Disciplinas como la química y la biología otorgan al sujeto herramientas que no serían posibles de aprender si estas fueran excluidas de los currículos académicos; sin embargo, aun cuando estas asignaturas pertenecen al tronco común de casi todos los países, la situación muestra que gran parte de la población carece de dichas habilidades. Basta con ver los resultados de la Encuesta Nacional sobre la Precepción Pública de la Ciencia y la Tecnología realizada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi, 2017), donde, a grandes rasgos, el resultado preliminar deja en evidencia el poco interés, conocimiento y habilidades en torno a la ciencia y la tecnología. Vale la pena realizar una introspección desde autoridades educativas hasta maestros de ciencias en todos los niveles y cuestionarse cuál es el fin de la enseñanza de las ciencias y si el enfoque actual es el correcto para lograrlo.

En ese sentido, el presente trabajo se desarrolla bajo la premisa de que el enseñar ciencia tiene como misión el desarrollo de competencias científicas, que doten al individuo de capacidades que abran su panorama en torno a dos posibilidades: el trabajar para producir, aplicar y difundir el conocimiento (trabajo de los científicos) o, en su defecto, contar con las

bases para la toma individual y conjunta de decisiones fundamentadas en hechos independientemente de la labor que realice en la sociedad. Para lograr dicha misión, es necesario cambiar el enfoque centrado en el aprendizaje de conceptos aislados y rutinas algorítmicas que persiste en muchas escuelas, cuyo resultado ocasiona en primera instancia un total desinterés por parte del estudiante hacia la ciencia, lo que deriva en una falta de conocimientos, habilidades y actitudes al finalizar su formación obligatoria.

De este modo, el siguiente estudio parte del panorama actual de la enseñanza de las ciencias, que nos proporciona evidencias de la existencia de un problema relacionado con la formación ciudadana, para posteriormente indagar sobre aquellos enfoques de enseñanza en ciencia que se han desarrollado a lo largo de la historia, recuperando lo más relevante de cada uno de ellos con vistas al desarrollo de competencias científicas para llegar, finalmente, a una propuesta de intervención educativa fundamentada en el enfoque por investigación dirigida y aplicada a través de lo que es conocido como trabajo en laboratorio.

Perspectivas o enfoques en enseñanza de las ciencias

Resulta sencillo creer que la didáctica de las ciencias surge como resultado de una especialización de la didáctica general, sin embargo, diversos análisis sugieren que esta no guarda una relación de estricta dependencia con disciplinas como la pedagogía, la psicología o las mismas ciencias naturales, sino que se apoya de ellas, pero surge en la historia como una disciplina independiente a raíz de las reformas curriculares anglosajonas y las innovaciones metodológicas latinas (Adúriz, 2000).

En ese sentido, es importante analizar la didáctica de las ciencias como un campo de estudio consolidado e independiente, ya que muchas de las perspectivas teóricas que abordan los procesos de enseñanza-aprendizaje en dicha área surgieron a la par del desarrollo de los diversos marcos conceptuales y descubrimientos científicos, y se buscó la manera de trasladar esos métodos de generación de conocimiento al contexto escolar. Dentro de dichos enfoques teóricos existen cuatro principales: el aprendizaje por descubrimiento, cambio conceptual, investigación dirigida (ID) y el enfoque ciencia, tecnología y sociedad. En este trabajo se hablará del enfoque por ID, para lo cual se resaltarán sus características generales, así como sus ventajas y desventajas para contemplar manera un antecedente teórico que fundamente el diseño de la propuesta para sesiones prácticas por ID.

Investigación dirigida

Una finalidad de la enseñanza de la ciencia es transformar las preconcepciones cotidianas del estudiante en conceptos más acercados a la realidad científica, así como mostrar y tratar de imitar el camino que recorrieron los científicos para llegar a una determinada conclusión. Con base en este ideal, han surgido diferentes tendencias como alternativa a la enseñanza tradicional, la cual no estaba dando los frutos esperados. Una de esas tendencias emergentes es la investigación dirigida, cuyo fundamento se centra en la construcción activa del conocimiento y el aprender a aprender (Moya, Chaves y Castillo, 2003). Esta busca integrar los componentes esenciales de la ciencia: los conceptos, la resolución de problemas y el trabajo práctico, que durante muchos años han sido abordados de manera aislada.

Al igual que el cambio conceptual, otro ideal de la enseñanza de las ciencias, y que pretende lograrse mediante la investigación dirigida, es el desarrollo de la competencia científica, que —de acuerdo con la prueba PISA— es caracterizada por la capacidad de identificar y explicar fenómenos científicos, así como el utilizar pruebas de carácter científico (Franco, 2015).

En ese sentido, dicha competencia se logrará acercando a los estudiantes al contexto en donde trabajan los científicos, cualidad que resulta inherente a la enseñanza por investigación, que adopta como referente las distintas fases del trabajo científico: necesidad de un problema, existencia de un conocimiento teórico previo, desarrollo de hipótesis, diseño de investigaciones, etc. (Jiménez y Oliva, 2016).

Entrando en detalle, así como el origen de las teorías, las leyes y los principios son los problemas, el motor del aprendizaje hacia un nuevo concepto son las situaciones del entorno. De esta forma, el proceso de mediación hacia el nuevo conocimiento es traducido a una secuencia lógica, constituida por los siguientes pasos: planteamiento del problema, expresión de ideas en torno a él, planteamiento de hipótesis, diseño de estrategias (experimento), análisis de resultados, comunicación de hallazgos, contextualización de los conceptos en el entorno, aplicación de los conceptos aprendidos y planteamiento de nuevos problemas (Moya *et al.*, 2003).

En resumen, podemos hallar diferentes fines para la investigación dirigida; uno ya mencionado sería lograr el cambio conceptual, pero al ver la naturaleza de su aplicación podemos añadir otro más, el cual se apega más al desarrollo de una competencia científica,

que será logrado al acercar al estudiante al contexto de la investigación en ciencias, aplicando con sus respectivas diferencias el método científico para la resolución de problemas en el entorno escolar. Esta perspectiva es el eje teórico que guía el diseño de las sesiones prácticas para el desarrollo de competencias científicas.

Sesiones prácticas bajo el enfoque de investigación dirigida

López y Tamayo (2012) —en un estudio realizado en la Universidad de Caldas, Colombia— afirman que el panorama actual de las prácticas de laboratorio presenta una metodología en la cual el estudiante sigue una simple serie de instrucciones tipo receta. En esta aprende solo cuestiones algorítmicas para arrojar posteriormente una conclusión de los hechos, dejando de lado el metaanálisis de su trabajo, aunado a una mayor preocupación por el aprendizaje de conceptos que por conocimientos procedimentales y actitudinales.

Siguiendo la misma línea, Hodson (1994, citado por Flores, Caballero y Moreira, 2009) señala que en la enseñanza de la ciencia se deben tomar en cuenta tres aspectos fundamentales: el aprender ciencia (conocimientos teóricos), el aprender la naturaleza de la ciencia (metodologías y relación con la sociedad), y el aprender a hacer ciencia (práctica integradora para la resolución de problemas), aunque cabe acotar que estas particularidades por sí solas son insuficientes.

Hodson, al igual que López y Tamayo (2012), concuerdan en que para alcanzar estos objetivos se debe dejar de lado la metodología tipo receta, que solo permite aprender una serie de cuestiones algorítmicas y ciertas destrezas, para buscar un enfoque práctico que permita al estudiante plantear preguntas investigables, formular hipótesis, diseñar experimentos, contrastar resultados y comunicar sus hallazgos, con lo cual puede vivir un proceso real de investigación científica.

Por lo tanto, en las últimas décadas se han desarrollado un número considerable de investigaciones que procuran la manera de cambiar el enfoque de enseñanza en ciencias con el objetivo de desarrollar paulatinamente habilidades de carácter científico. Este movimiento inicia con el rediseño curricular estadounidense y europeo del siglo pasado y llega a Latinoamérica en los primeros años del presente siglo (primero a Colombia, Brasil y Argentina, y en los últimos años a México). Por ejemplo, trabajos como el de Hernández y Salamanca (2018) guardan similitud con la presente propuesta, ya que tenía por objetivo evaluar la mejora de ciertas competencias científicas a través de la implementación de la

investigación dirigida en el área de la química, la cual mejora en cierto grado el nivel de logro en las habilidades científicas.

Con base en lo anterior, y debido al creciente interés de estudios basados en el diseño, implementación y evaluación de secuencias de enseñanza/aprendizaje con carácter intervencionista (Ametller, Guisasola y Zuza, 2020), el presente trabajo propone un rediseño de los trabajos prácticos que integren al proceso de experimentación dentro de un protocolo de investigación que considere otros aspectos del proceso de generación de conocimiento. Todos los elementos relacionados al diseño de estas secuencias se mencionan en el apartado metodológico.

Competencia científica

Las competencias pueden ser explicadas desde diferentes perspectivas teóricas, lo cual ha generado múltiples clasificaciones que permiten entender, entre muchos aspectos, su propósito en la formación del ciudadano ideal, aquel que tiene las habilidades necesarias para desempeñarse en la vida académica, laboral y personal, o que, en otras palabras, es competente y miembro activo y funcional de la sociedad.

Una clasificación más, que se desarrolló para efectos del presente estudio, contempla aquellas competencias que desde el punto de vista curricular son adquiridas, fortalecidas y consolidadas mediante la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Se tiene, por tanto, la intención de encontrar una definición adecuada de dicho concepto, ejemplificar algunas de las competencias que los estudiantes desarrollan en ciencias y desarrollar situaciones didácticas puntuales para el desarrollo de estas habilidades.

Primero que nada, más que una definición única e inmutable, se pretende llegar a una concepción de competencias científicas que permita fundamentar los objetivos y metas de las secuencias didácticas bajo este enfoque, el cual se resume en acompañar a los estudiantes en el desarrollo de dichas habilidades propias de las disciplinas científicas.

Un primer acercamiento lo ofrece Hernández (2005), quien en base a su análisis realiza una división entre las competencias que permiten hacer ciencia y aquellas que deberían poseer todos los ciudadanos independientemente del rol que cumplan en la sociedad. Es importante recuperar esta separación, ya que —como se ha mencionado— las habilidades que interesan para efectos del presente trabajo son aquellas que todos deberíamos poseer en vistas a la toma de decisiones como población y a la capacidad para resolver problemas.

Asimismo, son estas competencias las que interesan al sistema educativo, el cual ha realizado esfuerzos a lo largo de la historia para trasladar el trabajo de los científicos al aula.

En resumen, Hernández señala que pueden considerarse competencias científicas todas aquellas habilidades fundamentales para producir, generar y aplicar de manera comprensiva los conocimientos científicos, y son transversales porque resultan aplicables a cualquier campo disciplinar, ya sea de ciencias naturales o sociales.

Por su parte, Sánchez y Gómez (2013) resaltan la importancia de la formación científica desde niveles básicos, donde se fomenten los procesos investigativos que permitan al estudiante el desarrollo de habilidades como la curiosidad, formulación de preguntas y solucionar problemas, lo cual abre el abanico de atributos que permiten describir en detalle los aspectos propios de las competencias que se fortalecen en ciencias.

Las contribuciones recuperadas al momento permiten visualizar la connotación que ha adoptado el término *competencias científicas*, el cual es empleado por muchos autores de manera singular, ya que lo colocan en la parte alta de una jerarquización de conceptos derivados de este. En otras palabras, desde el punto de vista académico, la competencia científica podría entenderse como una serie de habilidades que conforman un perfil de egreso, situación que ocurre con el currículo de la educación media, donde son un cierto número de competencias las que conforman aquellos rasgos que todo estudiante debe poseer al finalizar su formación en el nivel medio.

En ese sentido, existen multitud de trabajos que ven a la competencia científica como un conjunto de habilidades. Por ejemplo, Chona *et al.* (2006) señala que la competencia científica es la capacidad del sujeto para emplear correctamente el lenguaje científico, desarrollar habilidades experimentales, organizar información y trabajar en equipo. Por su parte, Adams, Turner, McCrae y Mendelovits (2006) añaden otra serie de atributos como la capacidad para identificar problemas, explicar fenómenos, extraer conclusiones fundadas en hechos y así adquirir conocimientos nuevos. Finalmente, Furman y Podestá (2009) explican que los currículos actuales deberían orientar sus acciones hacia el desarrollo de ciertas competencias científicas, como la observación y descripción, formulación de preguntas investigables, formulación de hipótesis y descripciones, diseño y realización de experimentos, generación de explicaciones teóricas, comprensión de textos científicos y la argumentación.

En conclusión, la competencia científica puede considerarse, igual que otras, una habilidad que posee un individuo, lo que le confiere un estado de curiosidad mayor en torno a los fenómenos y hechos naturales con el fin de tener una gran capacidad de observación para la detección de problemas, situándolo en el inicio de una secuencia de investigación lógica en la cual habrá que poner en práctica otras habilidades como las mencionadas en camino hacia la construcción de nuevos saberes o la solución de un problema.

Esto permite contemplar que, en una clase de ciencias, se deben generar estrategias que asemejen al proceso de investigación científica, dando no solo énfasis en el resultado, sino en el proceso, ya que es este momento didáctico donde el alumno habrá de despertar y ejercitar de manera contigua todas estas capacidades que le serán de utilidad no solo para efectos propios de las asignaturas científicas, sino también en otras completamente diferentes y en general para la vida.

Método

Al ser este un proyecto de intervención educativa, la metodología utilizada estará fundamentada en la didáctica de las ciencias, mientras que en la cuestión instrumental y técnica se tomarán como referencia los planes y programas de estudio de la SEP, y se adaptarán los formatos de planeaciones didácticas institucionales a las necesidades del trabajo. En este sentido, la Ley General de Educación (LGE) (2019) señala que los planes y programas de estudio aterrizarán de manera tangible en los estudiantes mediante la intervención directa de los docentes, quienes a través de un proceso —conocido como *secuencias didácticas*— buscarán gestionar la enseñanza-aprendizaje con el objetivo de desarrollar o fortalecer dichas habilidades hasta que alcancen los niveles de logro esperados. En el contexto particular del estado de Tamaulipas, las secuencias didácticas tienen tres componentes principales: situación didáctica, tareas para el aprendizaje y evaluación para el aprendizaje (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2017).

Situación didáctica: Se plantea al estudiante una situación problemática o desafiante y se establece el proceso para resolverla.

Tareas para el aprendizaje: Trabajos extra clase que fortalecerán las habilidades empleadas en la resolución del problema.

Evaluación para el aprendizaje: Buscará evaluar principalmente el proceso, y no solo el resultado, siguiendo los lineamientos de la LGE (2019), que señala en el artículo

21 que “la evaluación será integral, valorando los conocimientos, habilidades, destrezas, y contemplando los logros establecidos en los programas”.

Por otra parte, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) (2019), en un trabajo que describe la labor docente, señala que las secuencias didácticas se ejecutan en tres momentos: inicio, desarrollo y cierre.

Inicio: Se indaga en los saberes previos del estudiante a través de preguntas detonadoras, lluvias de ideas, representaciones o ejemplificaciones.

Desarrollo: Se dan las instrucciones, la forma de evaluación, la organización del grupo, y la evaluación es formativa.

Cierre: Se ofrece la síntesis del tema, solicitud de tareas extra clase, así como reflexiones y conclusiones, y la evaluación es sumativa a través de rúbricas, portafolio de evidencias, ensayos, reportes, etc.

Este modelo de secuencias didácticas es llevado a cabo por la mayoría de los profesores de EMS del país, y puede ser utilizado en contextos distintos, y no solamente al entorno físico tradicional de las aulas.

Por la naturaleza del proyecto, el método que se ha elegido para diseñar la intervención es el de *situaciones prácticas*, ya que —como menciona López, Serra y Vilà (2015)— las SPR son consideradas una herramienta metodológica que favorece el vínculo entre el conocimiento teórico y las experiencias prácticas.

Asimismo, para el control y comparación de resultados entre la primera y última secuencia, se utilizará el método cuasiexperimental, ya que es considerado una “intervención en la que se comprueba en qué medida un tratamiento logra sus objetivos, de acuerdo a las menciones de un conjunto preestablecido de indicadores” (White y Sabarwal, 2014, p. 1).

Propuesta de secuencias didácticas bajo el enfoque de investigación dirigida

Se ha hablado del modelo metodológico sobre el cual se fundamenta el formato de secuencias didácticas, el cual es aplicable a cualquier asignatura del nivel medio superior en México; sin embargo, también es pertinente describir aquellos aspectos que diferencian la propuesta actual de las sesiones prácticas convencionales.

Zárraga, Velázquez y Rodríguez (2004) mencionan que la idea de un laboratorio — es decir, un espacio en el cual el hombre pudiera llevar a cabo sus experimentos— surge a partir de su interés y curiosidad producido por la observación de múltiples fenómenos que apreciaba en su andar diario.

El mismo trabajo agrega que el laboratorio de química como tal surgió en la época medieval con los estudios alquimistas, donde el conocimiento producido era de carácter informal y basado en observaciones cualitativas. Fue hasta 1825 cuando Justus von Liebig estableció el primer laboratorio moderno para complementar las cátedras de química de la Universidad de Giessen, Alemania. En este se concretó una gran cantidad de descubrimientos y se aplicó el método científico en su máxima expresión. Es este modelo de laboratorio el que fue tomado por múltiples escuelas, y ha sido instalado de manera similar utilizando mesas de trabajo, agua, corriente eléctrica, vertederos, conductos de ventilación, etc.

Esta concepción de laboratorio experimental ha limitado la creatividad en torno al desarrollo de estrategias donde el alumno pueda llevar a cabo un proceso investigación escolar, y ha colocado de manera aislada las actividades para el desarrollo de competencias procedimentales, separándolas completamente de los saberes conceptuales y actitudinales, dividiendo a las clases de ciencias en dos: la clase teórica en el aula tradicional y la clase práctica en un laboratorio escolar.

A partir de las aportaciones de este trabajo, se pretende esclarecer el hecho de que un experimento es solamente parte de un proceso de investigación mayor, el cual ha sido diseñado con base en observaciones, preguntas e hipótesis previas. De este modo —siendo uno de los propósitos principales de la investigación dirigida el buscar desarrollo de una competencia científica que acerque al estudiante al contexto de la investigación en ciencias, aplicando con sus respectivas diferencias el método científico para la resolución de problemas en el entorno escolar— la siguiente propuesta busca que el estudiante llegue hacia el nuevo conocimiento mediante una secuencia lógica, constituida por los siguientes pasos: planteamiento del problema, expresión de ideas en torno a él, planteamiento de hipótesis, diseño de estrategias (experimento), análisis de resultados, comunicación de hallazgos, contextualización de los conceptos en el entorno, aplicación de los conceptos aprendidos y planteamiento de nuevos problemas (Moya *et al.*, 2003).

Finalmente, previo a la descripción de la propuesta, es necesario citar la clasificación del trabajo práctico de Schwab y Tamir (citados por Valverde, Jiménez y Viza, 2006), la cual señala que el nivel de abertura clasifica a los procesos cognitivos en niveles experimentales

que se desarrollan en un entrenamiento práctico que puede ir desde los niveles más bajos de prácticas tradicionales hasta los de prácticas de investigación. En ese sentido, Bloom (citado en el mismo trabajo) coloca seis categorías de manera jerárquica, según el esfuerzo que requieren.

Tabla 1. Niveles de abertura del trabajo práctico

Categoría del experimento	Niveles de abertura (P: planificado por el profesor. A: realizado por el estudiante)					
	Plantear problema	Formular hipótesis	Planificar el experimento	Realizar experimento	Apuntar datos/observaciones	Conclusiones
1	P	P	P	P	P	A
2	P	P	P	P	A	A
3	P	P	P	A	A	A
4	P	P	A	A	A	A
5	P	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	A	A

Nota: Se muestra el nivel de esfuerzo realizado por el estudiante según la categoría del experimento

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 1, la categoría del experimento seis es la de mayor apertura, ya que en ella el alumno desarrolla todos los pasos del proceso investigativo, mientras que la categoría 1 sería la de menor apertura, pues el alumno solo emite conclusiones de una secuencia previamente diseñada por el docente. En ese sentido, entre mayor sea la apertura mayor será el proceso cognitivo que el alumno desarrolle; sin embargo, es necesario considerar el nivel académico, los saberes y las habilidades previas del alumno antes de poner en marcha la secuencia lógica de investigación, ya que entre menores sean los referentes investigativos del estudiante mayor será el apoyo que requerirá por parte del docente en el acompañamiento de las actividades de la secuencia.

Considerando lo anterior, a continuación se presenta un diagrama que ejemplifica el diseño de secuencias por investigación dirigida, el cual se sitúa entre las categorías tres y cuatro, alternando las actividades de formulación de hipótesis y diseño de experimentos, las cuales son realizadas en conjunto con el estudiante considerando su contexto.

Figura 1. Diagrama sobre la propuesta de secuencias didácticas bajo el enfoque de investigación dirigida



Nota. La figura muestra el diagrama de flujo de las secuencias didácticas bajo el diseño de la SEP, que está fundamentada en la investigación dirigida para el trabajo práctico.

Fuente: Elaboración propia

Resultados

La intervención se llevó a cabo en el Colegio de Bachilleres del Estado de Tamaulipas (COBAT), en el plantel 02 ubicado en el municipio de Matamoros, Tamaulipas, con un grupo de 45 alumnos de primer semestre en la asignatura Química I, cuyo plan de estudios está disponible en la DGB y en el sitio web del COBAT.

De los 45 alumnos se seleccionaron cuatro para el análisis minucioso de sus productos, los cuales fueron evaluados con los instrumentos previamente diseñados junto con las secuencias didácticas.

Es importante señalar que todo el proceso fue realizado de manera virtual debido a la situación de confinamiento sanitario que se suscitó a raíz de los eventos ocasionados por la pandemia global ocurrida a inicios de 2020 y que continuó en 2021. Por tal motivo, fue necesario recurrir a plataformas digitales. La herramienta seleccionada fue la paquetería de Google, específicamente Classroom, Drive y Meet (la primera fue el aula virtual donde los alumnos entregaban los productos de cada sesión para ser revisados posteriormente). La segunda corresponde a una base de datos en la nube donde los trabajos se guardaban de manera automática, y tanto docentes como alumnos podían organizar y sistematizar la

información. Finalmente, la tercera correspondía a una herramienta para realizar videollamadas grupales fundamentales para las sesiones experimentales, que fueron en vivo.

A continuación, se presenta el análisis de los productos solicitados en cada secuencia didáctica, su respectiva descripción cualitativa y las observaciones realizadas en el diario de campo, recordando que cada secuencia siguió el formato y metodología de la SEP: inicio, desarrollo y cierre.

Secuencia didáctica 1: ¿Por qué diferentes sustancias no se mezclan?

Tipo de práctica: Nivel 1

Competencia de la DGB: CDBE5. Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.

Competencia científica: Comunicación de hallazgos.

Diario de campo

Para llevar una secuencia de las observaciones y la evaluación cualitativa de la estrategia y de los progresos de los estudiantes por secuencia y sesión, se utilizó el diario de campo como instrumento.

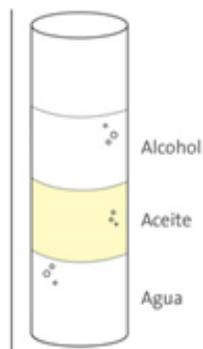
Inicio (1 h)

Se inició la primera sesión mediante la herramienta Google Meet y una presentación electrónica donde se repasaron algunos conceptos relacionados con la densidad, los cuales estarían asociados con el fenómeno por analizar y la pregunta de investigación. Es importante mencionar que dichos conceptos ya habían sido trabajados por el grupo atendido y el docente titular en sus sesiones regulares, por lo que solo se proporcionó una retroalimentación breve.

Posteriormente, y continuando con la sesión virtual y el uso de presentaciones electrónicas, se presentó al alumno el fenómeno por estudiar y se realizaron algunas preguntas para continuar con la activación de saberes previos que fueron respondidas de manera oral.

Figura 2. Diagrama del fenómeno estudiado en la secuencia 1

En un recipiente se observa la distribución de 3 sustancias diferentes; agua, aceite y alcohol.
El orden de distribución de abajo hacia arriba comienza con el agua, seguido del aceite y finalmente el alcohol.



Nota. Fenómeno de densidad estudiado.

Fuente: Productos personales del alumno

El fenómeno consistió en un recipiente que contenía tres sustancias (agua, aceite y alcohol) que, debido a sus diferentes densidades, no se mezclaban y se distribuían en el contenedor de acuerdo con dicha propiedad fisicoquímica. Las preguntas realizadas para la activación de saberes previos fueron estas: *¿por qué ocurre esto?* y *¿qué sustancia presenta una mayor densidad?* Estas ordenadas con el objetivo de predecir las posibles respuestas de los estudiantes e iniciar de este modo el proceso de investigación científica mediante la observación. En su mayoría respondieron según lo esperado, señalando que las sustancias no se mezclaban debido a su densidad y que era el agua la sustancia más densa de todas, seguida del aceite y el alcohol. Llamó la atención el hecho de que los estudiantes comenzaron a utilizar conceptos como *peso* y *volumen*, los cuales están directamente relacionados con la densidad de las sustancias. Es importante señalar que, aunque muchos estudiantes ya tienen la respuesta que explica el fenómeno, el objetivo de la secuencia no consistía en responder una práctica, sino en proporcionar herramientas para que el alumno comunicara de manera escrita sus hallazgos, lo cual sería trabajado de manera paulatina al continuar con la secuencia.

Teniendo en cuenta el grado de estudiante (primero de bachillerato) y el hecho de ser la primera sesión y los saberes previos, la complejidad de la sesión práctica fue de nivel uno. En este —de acuerdo con la clasificación de Herron (s. f., citado por López y Tamayo, 2012)— al alumno se le da la pregunta y el método para que halle la respuesta. En este sentido, se proporcionó la pregunta de investigación detonadora, con la excepción de que la

respuesta y el diseño experimental se realizaron de manera conjunta durante la sesión. Las preguntas por responder de manera metódica fueron estas: ¿qué pasaría si vierto miel en el recipiente? y ¿en qué sustancia (agua, aceite, alcohol o miel) quedarían distribuidos cada uno los siguientes objetos: una moneda, una tapa de plástico y un pedazo de zanahoria?

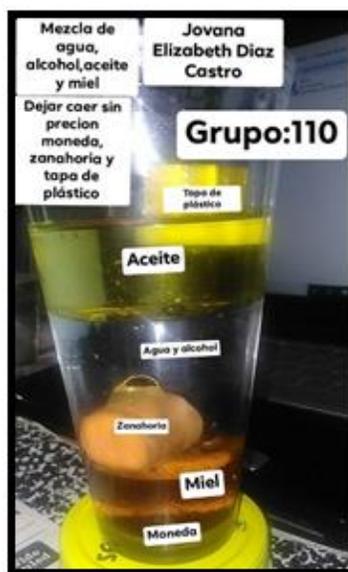
Para esta primera sesión, las posibles respuestas o hipótesis se realizaron de manera grupal considerando los aspectos mencionados, así como el diseño experimental, mediante la participación oral y guía del docente, tendiendo como reto que, en las próximas secuencias, fueran los estudiantes quienes registraran de manera individual sus hipótesis y diseñaran su experimento.

Así concluyó la primera sesión o inicio de la secuencia didáctica con un enfoque práctico, recordando que con base en el diseño experimental realizado los estudiantes prepararían un espacio en sus hogares para realizar el experimento durante la sesión contando de antemano con las sustancias y materiales requeridos.

Desarrollo (1 h)

Se llevó a cabo la siguiente sesión para continuar con la secuencia, la cual tenía por objetivo principal llevar a cabo el experimento diseñado en conjunto con los estudiantes y realizar las observaciones y registros correspondientes. Primeramente, se realizó una retroalimentación de las preguntas de investigación, las hipótesis planteadas y el diseño experimental, para lo cual se verificó que los estudiantes contaran con el espacio, las sustancias y materiales necesarios para la sesión, que en su totalidad podían ser encontrados en casa.

Posteriormente, se procedió con el experimento; el docente proporcionó las instrucciones paso a paso buscando que todos estuvieran en sintonía teniendo en cuenta la modalidad en línea y las dificultades que trae para una educación personalizada.

Figura 3. Experimento casero

Nota. Experimento casero realizado por un alumno del grupo atendido.

Fuente: *Productos personales del alumno*

Teniendo en cuenta lo anterior, los estudiantes realizaron paso a paso el experimento, y en cada uno de ellos el docente realizó preguntas relacionadas con las predicciones del estudiante: *¿qué sucede?*, *¿dónde se posicionó la miel?*, *¿cuál sustancia presenta mayor densidad?* Fueron algunas de las preguntas realizadas para que los estudiantes contestaran empleando los conceptos trabajados al momento. Sin embargo, existían situaciones donde, por ejemplo, el alcohol se posicionó en el mismo lugar que el aceite, o donde cierto objeto no se colocó en la sustancia donde debía estar, por lo que se dio la orden de realizar anotaciones al respecto.

Al finalizar el experimento se proporcionaron instrucciones sobre los instrumentos solicitados para la evaluación de la competencia, que consistirían en los registros de sus observaciones del experimento realizado y un cuestionario guía, los cuales serían de carácter formativo, es decir, una pauta para realizar el producto final que consistiría en una conclusión de sus hallazgos y la corroboración de las hipótesis con respecto al experimento. De estos productos, las observaciones y el cuestionario guía serían revisados de manera cualitativa, mientras que la conclusión se evaluaría de forma cuantitativa mediante las rúbricas previamente diseñadas. Dicho trabajo se realizaría en horario extra clase; posteriormente, se compartiría en la plataforma Google Classroom como tarea y finalmente sería evaluado y retroalimentado por el docente.

Cierre (1h)

Habiendo proporcionado a los estudiantes tres días posteriores al experimento para realizar los productos solicitados, así como un día extra para su evaluación y retroalimentación, se agendó una última sesión de cierre con el objetivo de ejemplificar mediante dos trabajos (uno con desempeño autónomo y otro con desempeño insuficiente) las áreas de oportunidad por trabajar para sesiones futuras. También se dio oportunidad a los alumnos de exponer sus conclusiones de manera verbal, guiando la sesión mediante preguntas clave. Para este punto, los alumnos autónomos ya dominaban a la perfección los conceptos relacionados al fenómeno, y estaban más familiarizados con la metodología de trabajo en ciencias, al punto en que relacionaban sus resultados con las hipótesis planteadas. Para comparar las diferencias entre un estudiante autónomo con los demás niveles de desempeño se analizarán a continuación los trabajos de dos estudiantes.

Resultados en la evaluación de la competencia: comunicación de hallazgos

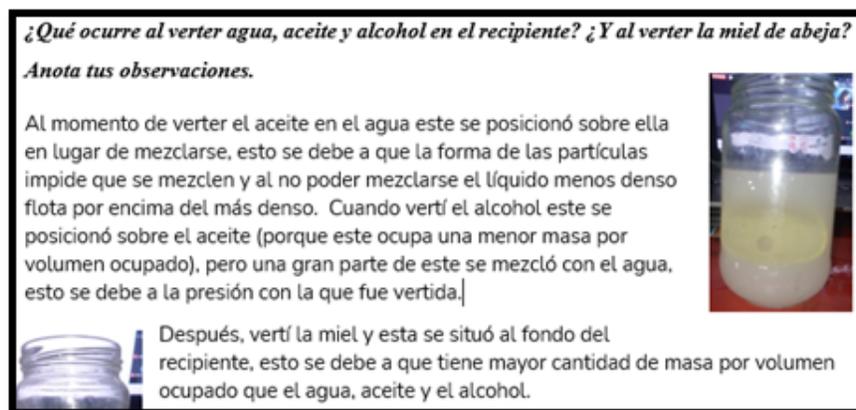
Alumno 1

Nivel de desempeño: 3.

Observaciones y cuestionario guía

En la primera etapa que tenía por objetivo responder a la pregunta *¿qué pasaría si vierto miel en el recipiente?*, mediante el experimento el alumno uno describe los sucesos ocurridos haciendo uso correcto de los conceptos de *densidad*, *volumen* y *masa*, añadiendo un intento por explicar el fenómeno a raíz del modelo de partículas con la frase *la forma de las partículas impide que se mezclen* (segundo y tercer renglón). Con esto se demostró el nivel de desempeño del estudiante, el cual, en el inicio de un curso básico, ya trata de comprender el mundo natural a partir del nivel simbólico de la química.

Figura 4. Observaciones del alumno 1



Nota. Fragmento del reporte escrito del alumno 1 (experimento y registros).

Fuente: *Productos personales del alumno*

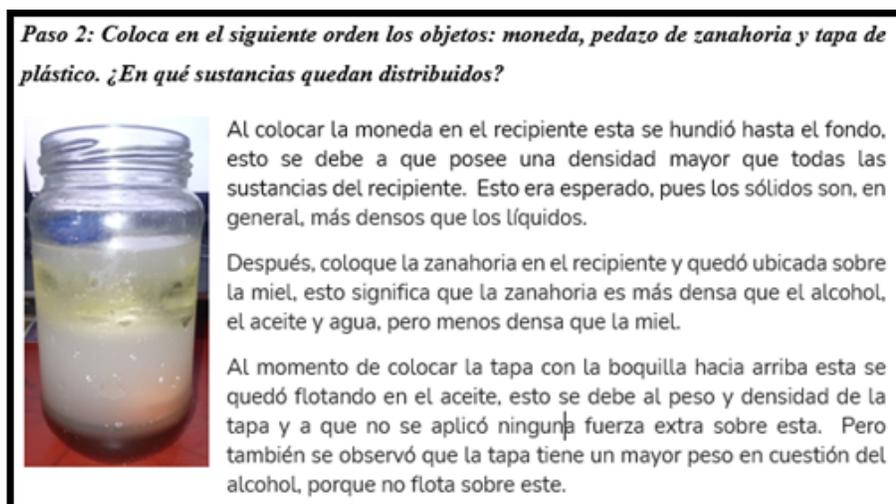
Es pertinente añadir que, como se indicó, el alumno fue capaz de percibir un hecho inesperado según sus saberes previos, es decir, se esperaba que el alcohol —al ser la sustancia de menor densidad— se situara encima del aceite; sin embargo, el alumno menciona en la penúltima y última línea lo siguiente: “Gran parte de este se mezcló con el agua, esto se debe a la presión con la que fue vertida”. Esto enseña no solo la capacidad para experimentar, sino también para llevar un control y justificar sucesos que no formaban parte de sus hipótesis. Así, en esta primera etapa del experimento quedó pendiente explicar la relación entre sus hipótesis y resultados.

Para la segunda etapa del experimento, se intentó responder a la siguiente pregunta: *¿en qué sustancia (agua, aceite, alcohol o miel) quedarían distribuidos cada uno los siguientes objetos: una moneda, una tapa de plástico y un pedazo de zanahoria?* para contrastar los resultados con las posibles respuestas planteadas. En este caso, el alumno de nivel autónomo muestra nuevamente el dominio conceptual del fenómeno, además de añadir explicaciones complementarias; por ejemplo, en el primer párrafo menciona que “*los sólidos son generalmente más densos que los líquidos*”, lo que demuestra su capacidad de esclarecer acontecimientos alternos a partir de diferentes niveles del lenguaje químico, haciendo uso de los modelos y leyes que conoce.

En el segundo y tercer párrafo el estudiante demuestra nuevamente su dominio de los conceptos asociados a los fenómenos que observa, y realiza comparaciones entre las densidades de las sustancias y materiales que va añadiendo. En adición a ello, manifiesta el control que posee sobre el experimento mismo, al señalar en el segundo y tercer renglón del

último párrafo que la tapa flota en el aceite, pero no en el alcohol debido a su densidad y a *que no se aplicó fuerza externa sobre esta*, dando a entender que el hecho de aplicar una fuerza mayor hubiera traído consigo resultados diferentes.

Figura 5. Observaciones del alumno 1



Nota. Fragmento del reporte escrito del alumno 1 (experimento y registros).

Fuente: Productos personales del alumno

Hasta este punto, el alumno demostraba un dominio sobresaliente sobre los conceptos, el control experimental y las explicaciones proporcionadas; sin embargo, aún no contrastaba sus hallazgos con las hipótesis previas, lo cual era necesario para poder demostrar un desempeño autónomo en la competencia científica evaluada. Por tal motivo, como parte de la estrategia se dio la instrucción de completar un cuestionario a modo de guía previo a la comunicación final de sus conclusiones.

El cuestionario de esta secuencia consistió en dos preguntas a manera de resumen y reflexión: en la primera pregunta el alumno corrobora su dominio en relación con los conceptos del fenómeno estudiado: densidad, volumen y masa para comprender que, aunque las sustancias posean el mismo volumen, su peso no es necesariamente el mismo. En el segundo cuestionamiento se pretendía poner de manifiesto el avance en el desarrollo del pensamiento formal del estudiante observando su capacidad de explicar fenómenos sin la necesidad de observarlos vivencialmente. En este sentido, el alumno responde la pregunta haciendo uso de sus saberes, señalando que al añadir sal al agua incrementaría su masa y volumen, aumentando así su densidad, añadiendo además que incrementaría también la cantidad de partículas presentes (oxígeno, hidrógeno, cloro y sodio), haciendo uso del nivel simbólico y conceptual de la química.

Figura 6. Cuestionario guía

1. ¿Qué sustancia tiene mayor cantidad de masa por volumen ocupado? ¿Por qué?

En base a las observaciones podemos notar que las sustancias están ordenadas de mayor a menor densidad: Primero está la miel, después el agua, luego el aceite y por último el alcohol. La miel es la sustancia con mayor densidad porque acumula más masa en un volumen determinado, mientras que el agua, el aceite y el alcohol acumulan menos masa, con respecto a la miel, en el mismo volumen.

2. ¿Si mezclo sal en el agua, esta se hará más o menos densa? ¿Por qué?

Más densa, al mezclar el agua con la sal aumenta la masa y el volumen y dado que $D=m/v$, por ende, también aumenta la densidad. Esto se debe a que cuando se vierte la sal en el agua y se mezcla, los compuestos se unen fuertemente aumentando la cantidad de masa por un volumen ocupado, porque ahora no solo tienes hidrógeno y oxígeno, ahora tienes más partículas: hidrógeno, oxígeno, sodio y cloro.

Nota. Fragmento del cuestionario guía respondido por el alumno 1.

Fuente: *Productos personales del alumno*

Comunicación final de hallazgos

La comunicación final de los hallazgos se realizó a manera de una conclusión escrita, la cual fue evaluada mediante una rúbrica; a continuación, se presentan los resultados del estudiante, así como la descripción de sus valores.

Figura 7. Comunicación final de hallazgos

Conclusiones

En base a las observaciones realizadas en el experimento, podemos notar que las sustancias quedaron ordenadas de mayor a menor densidad: Primero está la miel, después el agua, luego el aceite y por último el alcohol. Con esto podemos notar que la primera hipótesis, la cual decía que la miel quedaría ubicada entre el agua y el aceite, no se cumplió, porque la miel quedó situada al fondo del recipiente, debajo del agua. Esto se debe a que tiene una mayor cantidad de masa por volumen ocupado (densidad) que el aceite y el agua.

Como segunda hipótesis se decía que al La moneda y el pedazo de zanahoria se iría al fondo y la tapa de plástico flotaría en el alcohol. Esta no se cumplió completamente, ya que la zanahoria quedó situada sobre la miel, esto sucedió porque la zanahoria es más densa que el alcohol, aceite y agua, pero tiene una menor densidad que la miel. Por otro lado, cuando se colocó la tapa de plástico en el recipiente, quedó flotando sobre el aceite y no sobre el alcohol, como se especulaba, esto se debe al peso y densidad de la tapa. En cambio, la moneda si se fue al fondo, esto sucedió porque tiene una densidad mayor que todas las sustancias del recipiente y aleja a las partículas de las sustancias y se hace un espacio así mismo.

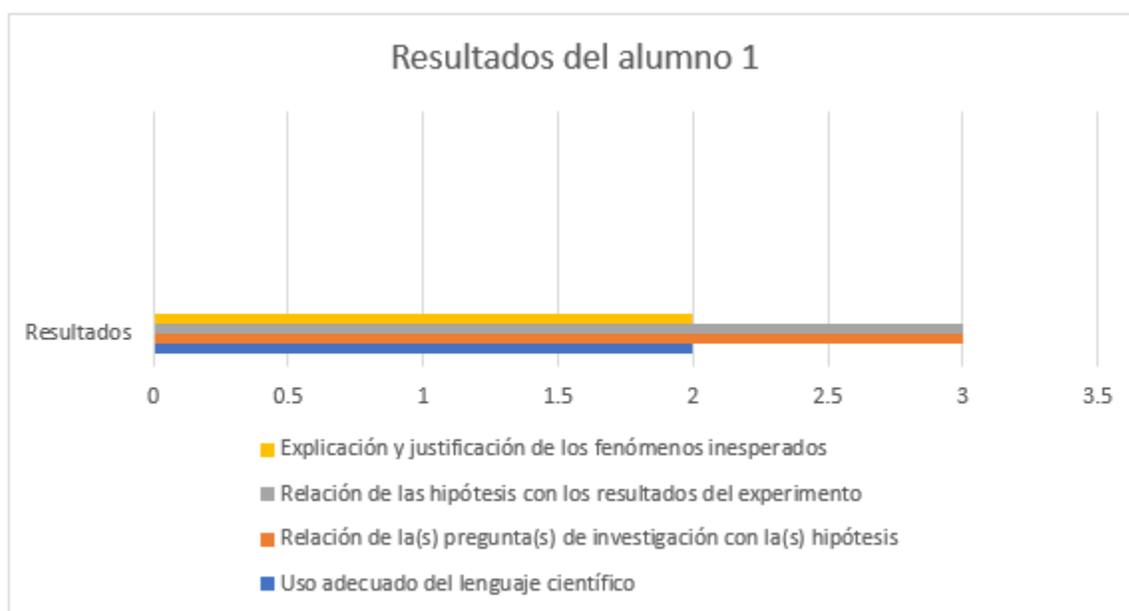
Como conclusión tenemos que un líquido menos denso flotará por encima de uno más denso, porque tiene una menor cantidad de masa por volumen ocupado.

Nota. Comunicación final de hallazgos (alumno 1).

Fuente: *Productos personales del alumno*

En la siguiente gráfica se pueden notar los resultados en cada uno de los indicadores diseñados en la rúbrica que pretende evaluar la competencia científica (comunicación de hallazgos). El alumno 1 obtuvo un desempeño de nivel cuatro en cada aspecto (el primero de ellos evaluaba el uso del lenguaje científico). Al observar su trabajo es posible apreciar cómo este utiliza correctamente conceptos relacionados con el fenómeno estudiado (densidad, masa y volumen). El siguiente indicador muestra la forma en que el estudiante relaciona todo el proceso como un solo trabajo, y no como elementos o tareas aisladas, ya que es capaz de mencionar la relación existente entre las preguntas de investigación planteadas y las hipótesis que surgieron a raíz de ellas. El tercer indicador es similar al anterior, ya que compara las dos hipótesis previas con los resultados obtenidos en el experimento, al mencionar que el primer supuesto que señalaba (que la miel se ubicaría entre el agua y el aceite) resultó erróneo, y que la segunda predicción cumplía con el hecho de que la moneda se fue al fondo, pero el pedazo de zanahoria flotó en la miel. Finalmente, un último indicador evaluó la capacidad del alumno para observar fenómenos que no ocurrieron de acuerdo con lo planeado, hecho que se cumple en la cuarta, quinta y sexta línea del segundo párrafo, donde el alumno señala que la tapa de plástico flotó en el aceite, y no en el alcohol, como se especulaba.

Figura 8. Resultados en la rúbrica



Nota. Resultados del alumno 1.

Fuente: Elaboración propia

Alumno 4

Nivel de desempeño: 2

Observaciones y cuestionario guía

El alumno cuatro obtuvo un desempeño similar al anterior, al menos desde el punto de vista cuantitativo; sin embargo, el hecho de que la comunicación de sus hallazgos tenga una ponderación similar no significa necesariamente que tengan las mismas áreas por mejorar. Esta cuestión se pretende analizar mediante la descripción cualitativa de sus productos.

En el caso de las observaciones del experimento, en el primer apartado — correspondiente a la primera prueba realizada para dar respuesta la pregunta de investigación *¿qué pasaría si vierto miel en el recipiente?*— el estudiante muestra un gran empeño por comunicar todos los hechos que le causaron curiosidad, cuidando a su vez no perder de vista el propósito principal: corroborar la hipótesis. Con la frase del cuarto, quinto y sexto renglón (*“después de verter el alcohol, noté algo raro, no sé si se deba al alcohol que yo usé, pero este no se separó del agua, este se mezcló con esta”*) demuestra que la secuencia, aunque está centrada en evaluar la capacidad de comunicar hallazgos, también desarrolla y fortalece en el estudiante otras competencias científicas. En este caso se da inicio a la capacidad de realizar patrones de observación (primer paso del método científico), lo cual es de utilidad tanto para el alumno como para el docente, ya que esa simple observación puede servir como punto de partida para futuras secuencias, en el entendido de que la posible respuesta sea que el alcohol sí es soluble en agua, pero por un error en la fuerza con que fue introducido: este atravesó la barrera del aceite y se descompuso en iones al entrar en contacto con el agua formando una solución de alcohol en agua. Esta respuesta —que el docente sabe— es el camino a seguir para generar con los estudiantes un proceso de investigación y de aprendizaje por descubrimiento.

Regresando al enfoque central de la secuencia, el alumno hace buen uso del concepto de *densidad* y añade el de *viscosidad*, que, aunque no es empleado del todo bien, demuestra ese esfuerzo por intentar compartir sus observaciones de manera escrita.

Figura 9. Observaciones del alumno 2

Paso 1: Vierte el agua, el aceite y el alcohol en el recipiente, posteriormente vierte la miel de abeja. Anota tus observaciones. Lo que se pudo observar, fue que al verter el aceite después del agua, se pudo observar que este no se logró mezclar con el agua, el aceite solo se fue hacia arriba y el agua quedó en la parte inferior del recipiente, después al verter el alcohol, noté algo raro, no sé si se debe al alcohol que yo use, pero este no se separó del agua, este se mezcló con esta, y el conjunto del agua y del alcohol se volvió muy opaco, y el alcohol al igual que el agua no se mezcló con el aceite, solo se mezclaron el agua y este. Y por último al verter la miel de maple lo que se pudo ver fue como esta iba lentamente cayendo hasta el fondo del recipiente, pues debido a que esta es más densa y viscosa que las demás sustancias, esta debo decir que no se mezcló con las demás sustancias, esta solo fue hacia el fondo y desplazó los demás líquidos hacia arriba.



Nota. Fragmento del reporte escrito del alumno 4 (experimento y registros).

Fuente: Productos personales del alumno

Para la siguiente etapa del experimento —que pretendía responder a la pregunta *¿en qué sustancia quedarían distribuidos los siguientes objetos: una moneda, una tapa de plástico y un pedazo de zanahoria—*, igual que el alumno anterior, describe la secuencia de los eventos, pero hasta este punto no señala la relación existente entre las preguntas de investigación y los resultados del experimento. Algo que llama la atención es que el estudiante en el renglón tres reconoce el fenómeno ocurrido en la etapa anterior, al señalar que existe una mezcla entre el alcohol y el agua, infiriendo que tiene una concepción de lo que es una mezcla y de la ley de conservación de la materia, al señalar que el alcohol no desapareció, sino que forma parte de una sustancia nueva.

Figura 10. Observaciones del alumno 2

Paso 2: Coloca en el siguiente orden los objetos: moneda, pedazo de zanahoria y tapa de plástico. ¿En qué sustancias quedan distribuidos?

El orden en que quedaron distribuidos los materiales fueron los siguientes: Primeramente coloqué la moneda, y esta quedó hasta el fondo del recipiente junto con la miel, Después se colocó el trozo de zanahoria y esta quedó en la mezcla de agua y alcohol , y totalmente al ras de la miel, este atravesó es aceite y quedó en la mezcla de agua y alcohol, flotando sobre la miel, Y por último se colocó la tapa de plástico, esta quedó flotando sobre el aceite y se podía ver como esta flotaba con la oportunidad de recogerla sin tener que sumergir la mano en las mezclas



Nota. Fragmento del reporte escrito del alumno 4 (experimento y registros)

Fuente: Productos personales del alumno

En el caso del cuestionario guía, con el objetivo de orientar al alumno hacia su comunicación final y para consolidar el empleo de los conceptos revisados, el estudiante emplea bien el concepto *densidad* y la relación que tiene con el peso y el volumen, añadiendo que el envase que contenía la miel (posiblemente vidrio) era más denso. En la segunda pregunta, explica correctamente que al añadir sal al agua la sustancia resultante será más densa; sin embargo, comete un error al mencionar que el volumen no aumentará. Esta situación, en un entorno de enseñanza tradicionalista de las ciencias, sería vista como una desventaja y la situación se resolvería al corregir la respuesta del estudiante, lo que limitaría su capacidad de razonar e iniciar un nuevo proceso de investigación. En el caso del enfoque propuesto, esto genera un nuevo fenómeno por observar, nuevas incógnitas por resolver y nuevas hipótesis por probar, de modo que se podría aprovechar el error para preguntar lo

siguiente: ¿si vierto tal cantidad de sal en un vaso de agua esta aumentará su volumen? Así se generaría una hipótesis y la necesidad de diseñar un experimento, lo que repetiría el ciclo.

Comunicación final de hallazgos

Figura 11. Cuestionario guía

<p>Cuestionario guía</p> <p>1. ¿Qué sustancia tiene mayor cantidad de masa por volumen ocupado? ¿Por qué? La miel, pues se observó cómo esta quedó hasta el fondo del recipiente y pues el envase donde contenía la miel antes, era el más pesado de todos, claro, tenemos que tomar en cuenta el material de los envases de las demás sustancias, sin embargo, el envase de la miel, era mucho más pesado de lo que se podría esperar</p> <p>2. ¿Si mezclo sal en el agua, esta se hará más o menos densa? ¿Por qué? Si, esto debido a que, si nosotros agregamos sal, aunque su volumen no aumentará, si lo hará su densidad, esto es debido a que el agua tiene la capacidad de disolver la sal, y esto en consecuencia crea más masa en un espacio donde no afecta el volumen</p>
--

Nota. Fragmento del reporte escrito del alumno 4 (cuestionario guía)

Fuente: *Productos personales del alumno*

Se mencionó al inicio del análisis de este alumno que, a pesar de obtener un puntaje igual al anterior, sus trabajos distaban en gran manera de ser iguales, pues mientras que uno proporciona tanto observaciones como conclusiones limitadas, el otro demuestra interés, curiosidad y afán por comunicar todo aquello que le parece interesante.

En cuanto a los indicadores que evalúan su comunicación final de hallazgos, el indicador 1 demuestra un buen empleo de los conceptos asociados, siendo quizás este uno de los mayores efectos producidos en el estudiante. Lo que afecta su calificación final son los últimos tres indicadores, ya que el alumno en ningún momento relaciona las preguntas e hipótesis planteadas con los resultados obtenidos, y aunque habla al respecto de otros fenómenos donde se aplican los conceptos de *densidad*, *masa* y *volumen* (que también pueden aprovecharse a favor del aprendizaje), no tienen relación directa con el eje central del trabajo.

Figura 12. *Comunicación final de hallazgos***Conclusiones**

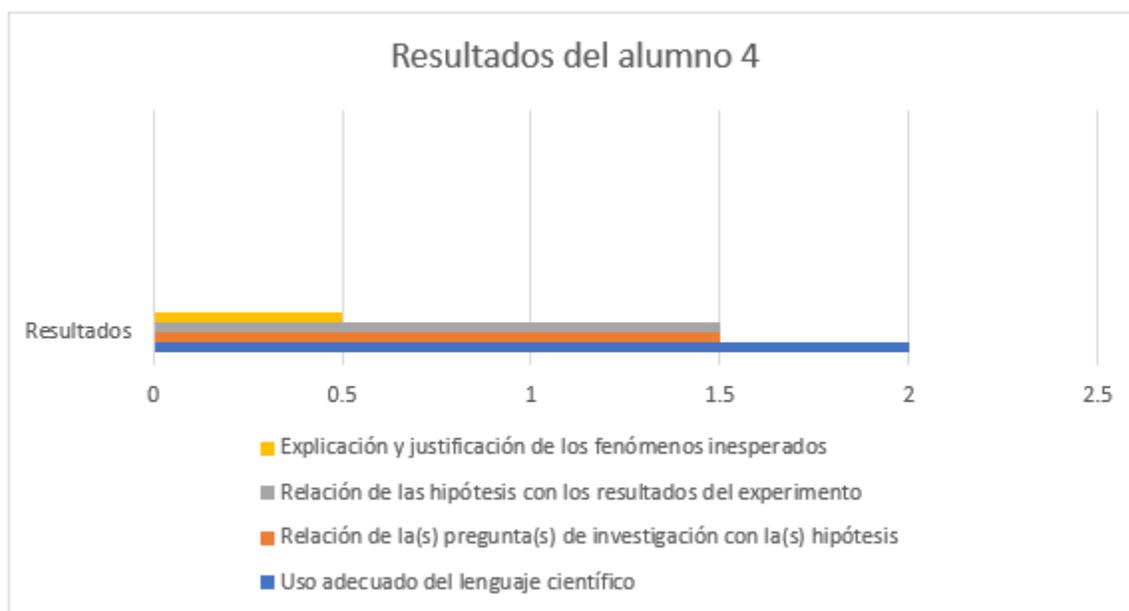
En conclusión, con este experimento se puede deducir que tan densos son algunos materiales y sustancias, Por ejemplo gracias a esto podemos saber que la miel es más densa que el agua, o que el agua es más densa que el aceite, y esto explica también por qué hay algunos líquidos que no se pueden mezclar entre sí por más que se revuelvan, esto explica igual, porque algunas partes del océano no se mezclan, y parecen divididas por una tensión superficial, debido a que una mar puede tener más sal y por ende más denso que el otro.

Nota. Comunicación final de hallazgos (alumno 3)

Fuente: *Productos personales del alumno*

El área de oportunidad en este caso no va dirigida tanto al estudiante, sino quizás al desempeño del docente, ya que el alumno generó observaciones y registros muy buenos, pero a la hora de integrar todos sus hallazgos no fue capaz de hacerlo. Lo anterior podría mejorarse en un futuro si se presta mayor atención a las instrucciones que son dadas al estudiante, quien quizás no comprendió completamente el propósito del instrumento de evaluación compartido, o no estuvo al tanto del producto que sería evaluado. Finalmente, un trabajo como este hace cuestionar también a la evaluación misma, que en un entorno de procesos académicos, donde una calificación afecta realmente al estudiante, se deberían también considerar aspectos cualitativos (las observaciones, en este caso) a la hora de emitir un juicio de valor y ponderarlo.

Figura 13. Resultados obtenidos en la rúbrica



Nota. Resultados del alumno 2

Fuente: Productos personales del alumno

Discusión

Con respecto a la modalidad de operación de la propuesta, las condiciones de educación a distancia y en plataformas digitales en las que se llevó a cabo la implementación de secuencias didácticas limitaron de cierto modo el impacto en la población atendida de acuerdo con los objetivos planteados inicialmente. Algunas de las debilidades del trabajo fueron, por ejemplo, el hecho de trabajar solo con una parte del grupo debido a problemas de conectividad, y también aspectos relacionados con el control grupal, ya que resultó complicado en ocasiones estar al tanto de cada estudiante para brindar una enseñanza personalizada o una revisión individual sobre todo en la etapa de experimentación. Por otra parte, una clara fortaleza a la hora de usar este enfoque se percibió al evaluar los productos, ya que fue posible analizar detalladamente, con base en los criterios establecidos, cada uno de los productos y brindar retroalimentación a los estudiantes respectivos.

Al hablar de la puesta en marcha de la intervención, teniendo en cuenta el grado de estudiante (primero de bachillerato) y sus saberes previos, la complejidad de la primera sesión práctica fue de nivel uno, lo que —de acuerdo con la clasificación de Herron (s. f., citado por López y Tamayo, 2012)— sirve para darle al alumno la pregunta y el método para

que halle la respuesta. En este sentido, se proporcionó la pregunta de investigación detonadora. Conforme pasaban las sesiones, el nivel de apertura de las prácticas se fue incrementando de acuerdo con el ritmo de aprendizaje de los estudiantes.

Ciertamente, en muchos apartados del referente teórico de este trabajo se menciona una crítica a las prácticas realizadas como “recetas de cocina” (López y Tamayo, 2012). Para cambiar esta realidad, durante el experimento se realizaron una serie de pasos, pero diseñados por el mismo estudiante para que tuviera la oportunidad de involucrarse en ella.

En relación con el progreso de los alumnos, una de las principales diferencias —y que llamaron la atención sobre el estudiante 1, cuyo desempeño fue sobresaliente en casi todos los aspectos— fue el hecho de utilizar fuentes externas en la segunda secuencia para enriquecer sus hallazgos, lo que no implementó en la primera.

Por otra parte, y pensando en una tercera secuencia, se podría apoyar al alumno con herramientas diferentes de la disciplina, como el caso de las habilidades de escritura académica o trabajar de manera colegiada con otra asignatura para fortalecer la transversalidad (SEP, 2017).

Por contraparte, el alumno 4 —al ser el que tuvo menor desempeño entre una secuencia y otra— fue el único que reflejó una diferencia negativa en los resultados de ambas secuencias, lo que demuestra un retroceso. Por eso, las siguientes secuencias deberían adecuarse o reforzarse con elementos que proporcionen apoyo académico a estudiantes con bajo desempeño o estancamiento, lo cual implicaría aprovechar sus saberes previos (Jiménez y Oliva, 2016).

Limitaciones

Es importante mencionar que el trabajo sufrió modificaciones constantes desde sus objetivos, pasando por su diseño metodológico, así como su puesta en marcha debido a la pandemia y la modalidad de trabajo a distancia. Planteado en un inicio como un trabajo presencial, fue necesario adecuar su forma de operación a un entorno virtual, aunque se buscó conservar el objetivo general, que era el fortalecimiento de competencias científicas mediante la implementación de una propuesta alternativa a la enseñanza tradicional de las ciencias.

Aunado a lo anterior, existieron problemas como el número de alumnos presentes en las reuniones virtuales, pues fue menor a la muestra considerada inicialmente. De igual manera, la comunicación y la retroalimentación a los productos solicitados a los estudiantes

representaron un reto mayor debido a los problemas de conectividad y acceso a la plataforma digital por parte ellos.

Finalmente, el hecho de trabajar en una institución educativa con su propio calendario de actividades y modelos de gestión e intervención interna condicionó el tiempo de aplicación de la propuesta, por lo que se procuró interferir lo menos posible con las funciones de la institución y de la docente titular del grupo.

Conclusiones

El presente trabajo tenía por objetivo central diseñar e implementar estrategias de enseñanza alternativas en el trabajo práctico de la química, que derivasen en mejores resultados de aprendizaje y coadyuvaran al desarrollo y fortalecimiento de la competencia científica: comunicación de hallazgos. En este sentido, se desarrolló un modelo de investigación-acción que en primera instancia recuperó aspectos teóricos fundamentales para el desarrollo de una propuesta de intervención educativa que posteriormente habría de ser aplicada a una muestra de estudiantes. Luego del estudio teórico-práctico realizado se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El enfoque de enseñanza actual de las ciencias centrado en el aprendizaje de conceptos y cuestiones algorítmicas ha generado resultados negativos en el desarrollo de competencias científicas tales como el planteamiento de hipótesis, control experimental, reporte de resultados y comunicación de hallazgos.

El trabajo en laboratorio bajo un enfoque de investigación que pretende imitar la labor de los científicos y trasladarlo al aula es el ideal para el desarrollo de estas habilidades de carácter científico; asimismo, es posible diseñar secuencias didácticas para el trabajo práctico que formen parte integral de los programas de estudios de química, y no sean vistas como un trabajo aislado o secundario que guarda poca relación con el trabajo en el aula.

Por otro lado, para integrar el trabajo práctico como parte de una secuencia regida por uno o varios aprendizajes esperados se recomienda reducir la cantidad de prácticas experimentales realizadas en el periodo escolar, pero que estas a su vez tengan una mayor complejidad y número de sesiones dedicadas al desarrollo de un proceso de investigación.

Con base en los resultados y en la revisión de antecedentes teóricos, se considera que el trabajo práctico en química no está limitado a un espacio físico, pues cualquier lugar donde el alumno sea capaz de despertar su curiosidad por algún fenómeno e iniciar un proceso en

búsqueda de respuestas. En este sentido, es posible realizar prácticas de laboratorio bajo el enfoque de investigación dirigida incluso en una situación de educación a distancia.

Al hablar de la propuesta, esta mejoró levemente los resultados en la capacidad del estudiante para comunicar los hallazgos de una investigación de manera escrita debido a que por cuestiones de tiempo solo fue posible realizar dos secuencias; sin embargo, la descripción de la puesta en marcha de la intervención dejó información sobre otras variables y resultados que no estaban contemplados en un inicio, y aunque solo una competencia fue la evaluada y ponderada, los productos realizados por los estudiantes permitieron observar que cada una de las competencias científicas fueron puestas en práctica, lo que permite visualizar que futuras secuencias pueden centrarse en la evaluación de una o más competencias.

Ciertamente, para elegir el nivel de abertura o la libertad que se le dará al alumno en cada una de las etapas del trabajo, se deben tener en cuenta aspectos como los saberes y habilidades previas, ya que la capacidad del alumno para desarrollar un proceso de investigación de manera autónoma es directamente proporcional al bagaje de competencias que este posee.

Otro punto por destacar es que al finalizar un proceso experimental, una vez que se comprendió el fenómeno estudiado, es posible continuar con nuevos descubrimientos sin necesidad de pasar por la etapa de la experimentación, pues basta con presentar una serie de datos y generar preguntas investigables a partir de ellas para que el alumno pueda inferir las posibles respuestas y llegar a conclusiones basadas en hechos. Para lograr lo anterior, el alumno debe poseer avances considerables en el desarrollo del pensamiento formal, ideal que se logra a través de la enseñanza de las ciencias bajo este enfoque, considerando que el experimento solo es una etapa de un proceso de descubrimiento y desarrollo de competencias más amplio.

Finalmente, la meta del trabajo práctico es lograr la autonomía total en el proceso de aprendizaje, donde el mismo estudiante desarrolle y gestione sus pasos en vistas a la resolución de un problema, la explicación de un fenómeno o responder una pregunta investigable.

Futuras líneas de investigación

De estas conclusiones surgen ciertas recomendaciones para próximos estudios; primeramente, se mantiene la postura de cambiar el enfoque tradicional del trabajo práctico y optar por estrategias de tipo investigativo, donde se parta de la observación de un fenómeno para posteriormente utilizar de manera activa los conceptos asociados a este, contemplando también la introducción paulatina de los niveles de la química. De igual manera, el estudio da pie a nuevas preguntas de investigación, por ejemplo: ¿cómo diseñar e implementar este tipo de actividades en grupos numerosos? Una hipótesis al respecto es el utilizar datos que ya fueron sistematizados a partir de un experimento previamente realizado por personas ajenas al aula, de los cuales desprendan nuevas preguntas, supuestos y conclusiones.

Finalmente, una pregunta que queda en el aire para ser investigada posteriormente es cómo mejorar la evaluación de tareas tan complejas como el trabajo práctico en términos de eficacia y eficiencia.

Considerando que la evaluación realizada en este trabajo cumplió en relación con la calidad, pero que fue trabajada con una sola competencia y con cuatro estudiantes, esto sin duda sería diferente en un grupo de 45 alumnos y en un contexto curricular que demanda la revisión puntual de temas o aprendizajes.

Referencias

- Adams, R., Turner, R., Mccrae, B., & Mendelovits, J. (2009). OCDE of the PISA (Programme for international student assessment). *Official Journal European Union*.
- Adúriz, A. (2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza*, 17(18), 61-74.
- Ametller, J., Guisasola, J. y Zuza, K. (2020). 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).
- Chona, G., Arteta J., Fonseca, G., Ibáñez, X., Martínez, S., Pedraza, M. y Gutiérrez, M. (2006). ¿Qué competencias científicas desarrollamos en el aula? *Revista TEA Tecné, Episteme y Didaxis*, (20), 62-79.
- Colegio de Bachilleres del Estado de Tamaulipas [COBAT]. (2020). *Historia del COBAT*.
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2019). *Ley general de educación*.
- Flores, J., Caballero, M. C. y Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33(68), 75-111.
- Franco, A. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (33), 231-252.
- Furman, M. y Podestá, M. (2009). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Aique.
- Hernández, C. A. y Salamanca, X. (2018). Enseñanza en ciencias: la investigación como estrategia pedagógica. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 10(19), 133-148.
- Hernández, C. (2005). ¿Qué son las competencias científicas? *Foro Educativo Nacional*, 1-30.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2017). *Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología (ENPECYT) 2017*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2017/>
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación [INEE]. (2019). *Educación media superior: los desafíos*. México.
- Jiménez, N. y Oliva, J. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de educación

- secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), 121-136.
- López, A. y Tamayo, A. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1), 145-166.
- López, V., Serra, J. y Vilà, M. (2015). El uso de “situaciones prácticas reales” en la formación inicial del profesorado. En *Actas V Congreso Internacional Univest'15*.
- Moya, A., Chaves, E. y Castillo, K. (2003). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. *Ensayos Pedagógicos*, 1(6), 115-132.
- Sánchez, A. C. y Gómez, R. R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Amazonia Investiga*, 2(3), 30-53.
- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2017). *Educación media superior. Perfil de egreso*.
- Valverde, G., Jiménez, R. y Viza, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 24(1), 59-70.
- White, H. y Sabarwal, S. (2014). Diseño y métodos cuasiexperimentales. *Síntesis metodológicas: evaluación de impacto* (nro. 8). Centro de Investigaciones de UNICEF, Florencia.
- Zárraga, J., Velázquez, I. y Rodríguez, A. (2004). *Química experimental. Prácticas de laboratorio* (1.ª ed.). México, D.F: McGraw Hill.

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Evelia Reséndiz Balderas (Igual) Rosa Delia Cervantes Castro (Apoya)
Metodología	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal)
Software	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Evelia Reséndiz Balderas (Apoya) Rosa Delia Cervantes Castro (Apoya)
Validación	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Evelia Reséndiz Balderas (Igual)
Análisis Formal	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Evelia Reséndiz Balderas (Igual)
Investigación	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Evelia Reséndiz Balderas (Igual) Rosa Delia Cervantes Castro (Igual)
Recursos	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Evelia Reséndiz Balderas (Igual) Rosa Delia Cervantes Castro (Apoya)
Curación de datos	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Evelia Reséndiz Balderas (Igual) Rosa Delia Cervantes Castro (Apoya)
Escritura - Preparación del borrador original	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Evelia Reséndiz Balderas (Igual) Rosa Delia Cervantes Castro (Igual)
Escritura - Revisión y edición	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Rosa Delia Cervantes Castro (Igual)
Visualización	Antonio de Jesús Maldonado Estrada (Principal) Rosa Delia Cervantes Castro (Igual)
Supervisión	Evelia Reséndiz Balderas (Principal) Rosa Delia Cervantes Castro (Principal)
Administración de Proyectos	Evelia Reséndiz Balderas (Principal) Rosa Delia Cervantes Castro (Principal)
Adquisición de fondos	Evelia Reséndiz Balderas (Principal) Rosa Delia Cervantes Castro (Principal)