



COLECCIÓN CONOCIMIENTO CONTEMPORÁNEO

Construyendo la educación del futuro en áreas de ingeniería, economía y STEM

Coords.

Alejandro Martín

José Luís Mateu Gordon

Rocío Guede Cid

Dykinson, S.L.



COLECCIÓN CONOCIMIENTO CONTEMPORÁNEO

CONSTRUYENDO LA EDUCACIÓN DEL FUTURO
EN ÁREAS DE INGENIERÍA, ECONOMÍA Y STEM

Coords.

ALEJANDRO MARTÍN
JOSÉ LUÍS MATEU GORDON
ROCÍO GUEDE CID

Dykinson, S.L.

2023

CONSTRUYENDO LA EDUCACIÓN DEL FUTURO EN ÁREAS DE INGENIERÍA,
ECONOMÍA Y STEAM

Diseño de cubierta y maquetación: Francisco Anaya Benítez

© de los textos: los autores

© de la presente edición: Dykinson S.L.

Madrid - 2023

N.º 129 de la colección Conocimiento Contemporáneo

1ª edición, 2023

ISBN: 978-84-1170-150-1

NOTA EDITORIAL: Los puntos de vista, opiniones y contenidos expresados en esta obra son de exclusiva responsabilidad de sus respectivos autores. Dichas posturas y contenidos no reflejan necesariamente los puntos de vista de Dykinson S.L, ni de los editores o coordinadores de la obra.

Los autores asumen la responsabilidad total y absoluta de garantizar que todo el contenido que aportan a la obra es original, no ha sido plagiado y no infringe los derechos de autor de terceros. Es responsabilidad de los autores obtener los permisos adecuados para incluir material previamente publicado en otro lugar. Dykinson S.L no asume ninguna responsabilidad por posibles infracciones a los derechos de autor, actos de plagio u otras formas de responsabilidad relacionadas con los contenidos de la obra. En caso de disputas legales que surjan debido a dichas infracciones, los autores serán los únicos responsables.

ENFRIANDO BEBIDAS, CALENTANDO IDEAS:
ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN DE DOCENTES DE
QUÍMICA EN FORMACIÓN INICIAL SOBRE
UNA ACTIVIDAD ABP CON ENFOQUE STEM

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE

MIREIA ESPARZA PAGÈS

GENINA CALAFELL I SUBIRÀ

CARLOS HERAS PANIAGUA

Grupo de Innovación Docente Consolidado EduCiTS

Grupo de Investigación EMA

(Entornos y Materiales para el Aprendizaje)

Universitat de Barcelona

1. INTRODUCCIÓN

En la senda del desarrollo sostenible y el progreso socioeconómico y cultural, la educación de calidad surge como un pilar fundamental. De manera destacada, la ciencia y más concretamente, la química, toma protagonismo en este escenario a través de metodologías pedagógicas como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Con estas metodologías, buscamos no sólo sembrar los contenidos científicos en terrenos más fértiles, sino también fomentar el crecimiento de habilidades y competencias transversales, esenciales para la vida y el trabajo en el siglo XXI.

Así pues, la enseñanza de las ciencias se enfrenta a desafíos significativos y a oportunidades. La sociedad del conocimiento, caracterizada por la interconexión global y la rapidez del cambio, requiere de ciudadanos dotados de competencias científicas y transversales que puedan encarar la complejidad y diversidad de la realidad con una actitud crítica, reflexiva y proactiva. Aquí es donde la formación inicial de los profesores de química de secundaria se alza como una torre, pues la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en las futuras generaciones depende, en gran medida, de su sólida construcción.

En efecto, la formación inicial de los profesores de química de secundaria que tenga en cuenta estos enfoques puede contribuir a la mejora de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, al preparar a los futuros docentes para implementar prácticas pedagógicas más innovadoras, efectivas e inclusivas en sus aulas, alineándonos con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, ya que el fortalecimiento de la formación inicial de los profesores de química promoverán la promoción de enfoques pedagógicos que favorezcan una educación científica de calidad para todos.

El ABP se presenta como una metodología pedagógica que responde de manera adecuada a las demandas de la sociedad del conocimiento. En el ABP, los estudiantes se enfrentan a problemas abiertos y complejos, enraizados en contextos reales, que deben resolver aplicando conocimientos y habilidades científicas (Guo et al., 2020). Este enfoque, al situar al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje y al docente en un papel de facilitador, promueve un aprendizaje significativo, contextualizado y autónomo, al tiempo que favorece el desarrollo de competencias transversales, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la toma de decisiones o el trabajo en equipo.

Por otra parte, el enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) es otra de las respuestas educativas ante la sociedad del conocimiento. Este enfoque se caracteriza por la integración de las disciplinas científicas, tecnológicas, de ingeniería y matemáticas en proyectos de aprendizaje que favorece una visión interdisciplinaria de la ciencia, más acorde con su naturaleza y con la resolución de los problemas complejos de la sociedad actual (Li et al., 2020). En este contexto, la indagación guiada emerge como una estrategia complementaria al enfoque STEM, promoviendo la participación activa de los estudiantes en la construcción de su propio conocimiento (Safitri e Iryani, 2021). A través de la realización de investigaciones para responder preguntas, utilizando habilidades científicas como la observación, la experimentación, la interpretación de datos, el razonamiento y la comunicación de resultados, la indagación guiada proporciona una experiencia auténtica de la ciencia. De este modo, se fomenta una comprensión más profunda de la

ciencia y se promueve la construcción de un aprendizaje científico más profundo y duradero.

En este marco, la presente investigación busca explorar las percepciones de los docentes de química en formación inicial sobre una actividad STEM formulada como un problema de termodinámica química y desarrollada en forma de indagación guiada, con el objetivo de identificar las potencialidades y desafíos de estos enfoques pedagógicos en el desarrollo de habilidades científicas y competencias transversales, en la promoción de una visión adecuada de la ciencia y en la promoción de un aprendizaje significativo y contextualizado.

La formación inicial del profesorado de secundaria es un escenario privilegiado para la implementación de estos enfoques pedagógicos innovadores (Jiménez, 1995), no solo por su potencial impacto en la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de la química en las futuras generaciones, sino también por la oportunidad que supone para la formación de los futuros docentes en estas metodologías. De hecho, la presente investigación se contextualiza en la confluencia de estos enfoques pedagógicos innovadores, con el objetivo de contribuir a la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de la química y, en consecuencia, a la formación de ciudadanos más competentes y comprometidos con los retos de la sociedad del conocimiento.

El marco teórico de la investigación se sustenta en la concepción constructivista del aprendizaje, que entiende este proceso como la construcción activa del conocimiento por parte del estudiante, a partir de sus conocimientos previos y su interacción con el entorno (Bodner, 1986). A su vez, se asume la concepción de la enseñanza como un proceso de facilitación del aprendizaje, donde el docente crea las condiciones adecuadas para que los estudiantes puedan construir su propio conocimiento.

En definitiva, esta investigación pretende arrojar luz sobre las potencialidades y desafíos de la implementación de actividades STEM formuladas como problemas en la formación inicial de los profesores de química de secundaria, a través del análisis de las percepciones de los propios estudiantes. De este modo, se espera contribuir a la mejora de las

prácticas de enseñanza y aprendizaje en este campo y a la formación de docentes más competentes y comprometidos con la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI.

2. OBJETIVOS

Este estudio se propone alcanzar los siguientes objetivos:

- Investigar las percepciones de los futuros docentes de química de secundaria sobre el uso del ABP en las actividades STEM.
- Examinar cómo el ABP en el contexto de las actividades STEM contribuye al desarrollo de habilidades científicas y competencias transversales en docentes de química en formación inicial.
- Explorar cómo los docentes en formación inicial perciben el papel del docente en el contexto de PBL en las actividades STEM

Las preguntas de investigación que orientan este estudio son las siguientes:

- ¿Cómo influye la implementación del ABP en la percepción de los futuros docentes de química de secundaria sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el contexto STEM?
- ¿En qué medida el ABP dentro de las actividades STEM ayuda a los docentes de química en formación inicial a desarrollar habilidades científicas y competencias transversales?
- ¿Cómo perciben los docentes en formación inicial el papel del docente en el contexto de ABP dentro de las actividades STEM?

3. METODOLOGIA

La metodología de este estudio se sustenta en la estrategia del estudio de caso, una elección basada en la propuesta teórica de Verschuren (2003). La selección de esta estrategia metodológica se realizó con el propósito de proporcionar una visión integral y detallada de las

experiencias de los futuros docentes de química participantes en el estudio. La premisa principal del estudio de caso es ofrecer una imagen multidimensional de un fenómeno en su contexto natural, y este diseño permite una exploración a profundidad de las vivencias de los participantes, permitiendo un acercamiento a sus realidades personales y profesionales.

La muestra seleccionada para el estudio consta de 29 estudiantes del Máster de Formación del Profesorado de Secundaria de la Universitat de Barcelona, especialidad de Física y Química. Estos docentes en formación inicial, cuyas edades oscilan entre los 23 y los 43 años, pertenecen al único grupo de la asignatura Didáctica de la Química. Entre ellos, se encontraban 14 mujeres y 15 hombres. Esta muestra se considera de conveniencia, seleccionada en base a su accesibilidad y proximidad.

Este estudio adopta un enfoque cualitativo descriptivo (Merriam, 1998), facilitando una comprensión más profunda y personalizada de la experiencia de aprendizaje de los participantes y su percepción sobre el papel del docente. Para abordar estas cuestiones, se ha optado por analizar las reflexiones que los estudiantes han registrado en sus portafolios digitales, un instrumento que permite recoger datos ricos y variados y que, al estar directamente vinculado con la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, ofrece un valioso testimonio de sus vivencias, ideas, sentimientos y descubrimientos.

El análisis de los datos recogidos se ha realizado a través de un enfoque de análisis de contenido (Marradi et al., 2007), una técnica que permite identificar y codificar los temas y patrones presentes en los textos, agrupándolos en categorías y subcategorías emergentes. Esta metodología facilita una interpretación fiel y rigurosa del contenido de los portafolios, permitiendo la identificación de conexiones y relaciones significativas entre las diferentes categorías y subcategorías, y proporcionando un mapa conceptual detallado de las experiencias y percepciones de los estudiantes.

En el proceso de análisis se ha realizado una interpretación profunda y contextualizada de los hallazgos. Se ha buscado, en todo momento, la comprensión del significado que los estudiantes otorgan a sus

experiencias y percepciones, siempre desde una perspectiva que respete su particular visión de la realidad, su aprendizaje y sus expectativas como futuros docentes de química.

3.1. IMPLEMENTACIÓN

El estudio aquí presente se basa en una actividad titulada “Una bebida fresquita, por favor”. Esta actividad se encuentra enmarcada dentro de la gamificación estructural de la asignatura, lo que significa que, desde el año académico 2022-23, las actividades de la asignatura se han enriquecido con una narrativa en consonancia con una historia en la que los estudiantes, transformados en héroes y guerreros y agrupados en equipos de cuatro miembros, han de superar una serie de desafíos en el mundo ficticio de los Reinos de la Didáctica de la Materia, la Energía y la Interacción. El objetivo final de esta narrativa es acumular puntos de experiencia (XP) para derrotar al tirano del Reino de Interacción, que ha invadido el resto de los reinos, y restaurar la paz, el orden y la sostenibilidad en estas tierras.

En el presente caso, la narrativa lleva a los participantes a la comarca de Norgard, en el Reino de la Energía, donde las temperaturas son abrasadoras. El gobernador de la comarca les ha convocado a su castillo para presentarles el desafío a superar y las condiciones del mismo.

“¡Saludos, honorables sabios! No perderemos tiempo en fruslerías, pues la situación demanda urgencia. Nuestras valientes huestes están mermando en los combates contra las fuerzas de la oscuridad. ¿La causa? Las bebidas que llevan en sus corceles arden como el sol del desierto, y no les brindan el alivio necesario para reavivar sus energías. El escenario de nuestro conflicto se halla distante de cumbres nevadas o ríos de agua helada. Si seguimos por este sendero, el destino de la batalla penderá en favor del enemigo”.

"Vuestra reputación como maestros de la química ha cruzado reinos y fronteras, desde las tierras de la Didáctica hasta las profundidades del reino de la Materia. Imploro vuestra ayuda... Nuestros alquimistas están versados en las reacciones que emanan calor, como el surgido al fusionar vitriolo con sosa cáustica, pero también hemos atestiguado que ciertos procesos y reacciones, en un revés sorprendente, absorben y eliminan el calor. Hemos recurrido a jarros, forjados en la ancestral Villa Botijo, pero su eficacia resulta insuficiente para refrescar los brebajes tanto como anhelamos. Requerimos que, utilizando vuestra maestría en

termodinámica química, ideéis algún ingenio, mecanismo o artefacto de sencillo manejo que, con seguridad para el guerrero y el entorno, pueda reducir en 4°C la temperatura de la bebida en menos de 5 minutos".

"Sé que, en vuestros círculos, además de maestros en el arte químico, hay sabios en otras áreas del conocimiento, como físicos, ingenieros y matemáticos... lo que nosotros llamamos círculos STEM. Será imperativo unir los saberes y habilidades de todos para trazar una solución tecnológica y científica a este dilema. Podéis utilizar los recursos a la vista aquí o en las moradas cercanas, sé que no es mucho, pero no podemos despilfarrar nuestro oro, por tanto, debéis asegurar que su creación sea poco costosa. Contáis con vasos, balanzas, cucharas, tijeras, chinchetas, cuchillos, palos, tapas, globos, velas, pegamento, gomas, variados tejidos... Además, os presento las cantimploras de nuestros guerreros". Os entrega unos recipientes metálicos de diferentes dimensiones. "¡Estos son los objetos que debéis enfriar de manera instantánea! Realizad los ensayos con 50 mL de bebida, así evitaremos su derroche. Y utilizad las cantidades mínimas de cualquier reactivo... ¡nuestros recursos no son infinitos!".

Uno de los geólogos de tu grupo te alerta que habéis pasado por una región rica en silvina. Además, en la armería deben tener los ingredientes para fabricar amatol. Bajáis a las cocinas del castillo y ves ácido cítrico, que añaden a los alimentos como conservante y antioxidante, vinagre, sal común y nahcolita. En el establo hay una montaña de sal amoniacal, preparada a partir de los excrementos y la orina de los camellos".

Este desafío del ABP requiere la movilización de conocimientos y destrezas de las cuatro disciplinas STEM. En ciencia, se abordan conceptos de química como entalpías de disolución y la ley de Hess, así como de física (intercambio de calor) y geología (minerales). Desde la perspectiva de la tecnología, los participantes utilizan sensores digitales de temperatura (Vernier). En cuanto a ingeniería, deben diseñar físicamente un dispositivo o mecanismo que, a petición del usuario, produzca la disminución de temperatura requerida en la bebida, tomando en cuenta aspectos de seguridad y respeto medioambiental. Finalmente, en el área de las matemáticas, deben realizar cálculos para convertir gramos a moles, aplicar la ley de Hess, calcular la cantidad de calor cedido o absorbido, entre otros.

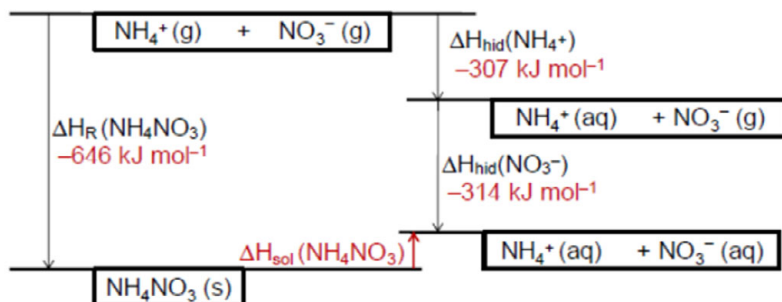
Se les informa que superar exitosamente el desafío les reportará hasta 100 XP, pero que pueden solicitar ayudas, en forma de pistas, a cambio de puntos de experiencia. No se facilita ninguna información adicional

a los estudiantes al inicio, por lo que inician la discusión en sus grupos sobre cómo abordar el problema.

En este momento, se ponen a disposición de los grupos tres pistas: la primera revela las sustancias químicas ocultas tras la silvina, el amatol, la nahcolita o la sal amoniacal. La segunda explica el funcionamiento detallado de las bebidas autocalentables para que puedan diseñar un sistema similar, pero en sentido inverso. En estas bebidas, se genera calor cuando se rompe una membrana de agua que la separa de una sal con una entalpía de disolución negativa, calentando la bebida a través de transferencia de calor por conducción. La tercera pista ofrece indicaciones para seleccionar correctamente la sal que disolverán en agua para provocar la bajada de temperatura de la bebida, con consideraciones acerca de la solubilidad, el coste o la peligrosidad de las sustancias.

En el punto de la actividad en el que los grupos tienen una comprensión clara del mecanismo de enfriamiento de la bebida y consideran un número limitado de sustancias aptas para enfriar la bebida, el docente proporciona a todos los grupos los valores de la entalpía reticular (o energía de red) del cloruro de amonio, del nitrato de potasio y del cloruro de potasio, así como las entalpías de hidratación de los iones que los componen. Estos valores de las diferentes entalpías se ofrecen a los estudiantes para prevenir que busquen en Internet el valor directo de la entalpía de disolución de la sal y para que deban calcularlo aplicando la ley de Hess. De hecho, una nueva pista disponible consiste en cómo aplicar la ley de Hess para calcular la entalpía de disolución del nitrato de amonio, a partir de la entalpía de la energía reticular (o energía de red) de la sal y de las entalpías de ionización de los iones que la forman. (figura 1).

FIGURA 1. Esquema para calcular la entalpía de disolución del nitrato de amonio a partir de su energía reticular y las entalpías de hidratación del ion amonio y del ion nitrato (ley de Hess" (Fuente: <https://edu.rsc.org/download?ac=12895>)



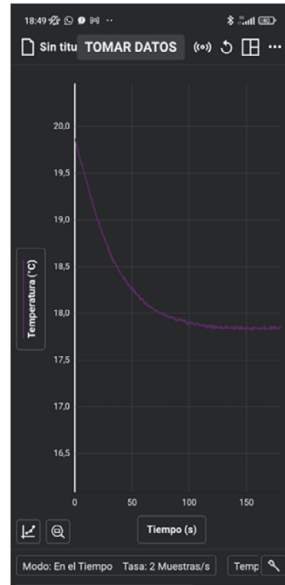
Una vez seleccionada la sal y calculado el valor de su entalpía de disolución, los estudiantes proceden a realizar los cálculos correspondientes, considerando que el calor que absorbe la disolución de la sal en agua es igual, en valor absoluto, al calor que cede la bebida que se pretende enfriar. Estos cálculos también influirán en el diseño del dispositivo porque, por ejemplo, la cantidad de agua en la que se disolverá la sal seleccionada (y la masa de esta sal) limitarán el tipo de artilugio que puedan crear.

La mayoría de los grupos contempló un sistema en el que la lata que había que enfriar (con 50 mL de líquido en su interior) se introduciría en una lata de mayor tamaño en la que se habría dispuesto una determinada cantidad de la sal y un globo con la cantidad de agua que disolviera dicha sal. Si a la lata de la bebida se le pega una chincheta en su base, la presión de la lata contra el globo provocaría su ruptura, liberando el agua y disolviendo la sal (figura 2). El proceso endotérmico de disolución de esta sal provocaría la cesión de calor de la lata de la bebida hacia la disolución de la sal. Para evitar el intercambio energético con el exterior, algunos grupos recubrieron la lata externa con material aislante (figura 3a).

FIGURA 2. Ejemplo del diseño realizado por los estudiantes: a) la sal elegida en el fondo de una lata más ancha; b) en esta lata más ancha se introduce un globo con la cantidad calculada de agua; c) detalle de la lata con la bebida a enfriar con el detalle de la chincheta con la que se explotará el globo.



FIGURA 3. a) ejemplo del diseño final, con el aislante térmico en la lata más ancha, y el sensor digital de temperatura; b) curva de temperatura donde se aprecia la bajada de temperatura de la bebida respecto al tiempo transcurrido



Finalmente, el desafío fue superado satisfactoriamente por los grupos, ya que la mayoría de ellos logró enfriar la bebida entre 3 y 4 °C en menos de cinco minutos, y lo hicieron seleccionando el reactivo que mejor combinaba coste y seguridad.

4. RESULTADOS

Los estudiantes plasmaron sus reflexiones respecto a esta actividad en sus portafolios digitales. Al examinar los comentarios, se evidencian diversos temas y patrones recurrentes. Estos temas se pueden organizar en categorías más amplias y significativas, tales como interdisciplinariedad, colaboración, compromiso y motivación, creatividad y resolución de problemas, rol del docente y naturaleza de la ciencia.

Interdisciplinariedad: La actividad propuesta requería que los estudiantes ejercitaran su pensamiento a través de diversas disciplinas, dejando en evidencia que la convergencia de múltiples campos del saber es esencial para la resolución de problemáticas complejas de la vida real. Los participantes tomaron conciencia del valor intrínseco de integrar varias materias, incluyendo la química, las matemáticas, la ingeniería y la tecnología, a fin de maximizar los resultados de aprendizaje. Tal como una participante afirmó: "Creo que este tipo de metodologías, además de favorecer el aprendizaje de conceptos fisicoquímicos, permiten trabajar competencias transversales como ciencia, tecnología o química del consumidor."

La actividad facilitó a los estudiantes el abordaje de un problema realista, mostrándoles cómo la ciencia y otras disciplinas pueden interrelacionarse y preparándolos para futuros escenarios profesionales. Otro de los docentes en formación inicial menciona: "...creo que favorece que el estudiante pueda ver que el abanico de posibilidades es mucho más amplio y lo acerca a un mundo laboral más real, donde en la mayoría de las profesiones se combinan las ciencias con otras disciplinas."

Los estudiantes valoraron la pertinencia de aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones concretas y reales. Consideran que la aplicación práctica de conceptos y teorías robustece su comprensión, puesto que les permite vislumbrar la utilidad e impacto de la química en su

entorno. Los estudiantes destacaron la relevancia de la aplicación de conocimientos en las prácticas STEM.

Reconocen que estas actividades les permiten emplear los principios científicos para alcanzar los objetivos planteados y trabajar en problemas reales. Además, manifiestan que este enfoque es coherente con los desafíos y dificultades que los estudiantes enfrentarán en su vida, donde tendrán a su alcance el conocimiento y deberán saber cómo buscarlo y aplicarlo de manera eficaz. Un estudiante enfatizó que "parte de la importancia que toman este tipo de proyectos interdisciplinarios es debido a que se ajustan más a los problemas, retos y dificultades que encontrarán los alumnos a lo largo de su vida donde tendrán disponible el conocimiento (sin tener que memorizarlo), pero deberán saber tanto buscarlo como aplicarlo".

Colaboración: Los participantes subrayaron con vehemencia la relevancia del trabajo colaborativo y el esfuerzo conjunto para la consecución de un objetivo común. En sus comentarios, valoraron positivamente la cooperación en equipos heterogéneos como una estrategia para fomentar el desarrollo de habilidades sociales y colaborativas. Mencionaron la significación de trabajar en equipo y cómo cada miembro del grupo pudo contribuir con sus fortalezas individuales al éxito colectivo. Como uno de ellos afirma: "Me ha parecido especialmente interesante la colaboración que se genera entre los miembros del grupo para alcanzar un objetivo común".

Los comentarios destacan la trascendencia de la labor conjunta en equipos heterogéneos, en los cuales los estudiantes pueden potenciar sus fortalezas individuales, aprender mutuamente y aumentar el compromiso, favoreciendo una interdependencia entre los miembros del grupo: "El hecho de que requiera poner en práctica conocimientos diferentes puede ser una buena motivación para crear grupos heterogéneos donde coincidan alumnos con diferentes habilidades y capacidades".

Compromiso y motivación: Los estudiantes calificaron la actividad como cautivadora y motivadora, lo que incrementó su interés de manera notoria en contraste con las actividades de laboratorio convencionales. Se destacó, en particular, la trama de la actividad, enmarcada en la

gamificación de la asignatura, como un estímulo para la motivación y la generación de entusiasmo. Como un participante ilustra: "Comienzas a leer la práctica y con solo dos líneas ya tienes mucho más interés en realizarla, solo con el título 'Una bebida fresquita, por favor'".

Además, los estudiantes indicaron que la actividad mejoró su autoestima y sensación de logro. Otro docente en formación inicial, por ejemplo, sostiene: "A mí, como alumno de este máster, me da una motivación intrínseca tener este tipo de prácticas y me hacen despertar mucho más interés...". Los comentarios señalan un aumento en la motivación y el compromiso, citando la estructura intrigante y la contextualización de la actividad como factores determinantes. En este sentido, otra de las participantes afirma: "Creo que, al igual que me ha pasado a mí, a los alumnos les puede gustar e incluso motivarles a aprender ciencias ya que no se percibe como tal."

La participación activa y el entusiasmo de los estudiantes en el proyecto también son patentes en sus reflexiones. Uno de los docentes participantes menciona que "el aprendizaje del alumno en esta situación es mucho más significativo que el que podría obtener de una actividad menos competencial...", mientras que otro destaca que: "esta práctica ha integrado diversos conocimientos a medida que los hemos ido necesitando y la práctica lo requería. Definitivamente, ha sido una muy buena práctica porque nos ha hecho sobre todo pensar y razonar", lo que insinúa un alto grado de compromiso con la actividad. De este modo, se puede inferir que este tipo de actividades representan un valioso recurso para incrementar la motivación y el compromiso de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

Creatividad y resolución de problemas: Los estudiantes manifestaron asombro ante su propia creatividad y capacidad para generar pensamientos innovadores durante la actividad ABP, destacando la relevancia de diseñar experimentos y resolver problemas, lo que les permitió ejercitar sus conocimientos en escenarios prácticos. Una estudiante de máster ilustra esta sorpresa al afirmar: "En esta sesión me he sorprendido a mí misma en cuanto a la creatividad. Tengo la sensación de que nunca en clase me habían pedido crear mecanismos o idear maneras de solucionar problemas con pensamiento lateral, y acercar la experiencia desde un

punto de vista de 'crear un producto' ha sido sinceramente genial." Un compañero añade, además, que la idea de "pensar cómo hacer algo que realmente pudiéramos vender en una época diferente me ha parecido divertidísima."

Los participantes no se limitaban a comprender los conceptos teóricos, sino que se les exigía aplicarlos de manera creativa y crítica para solucionar problemas prácticos. Este tipo de aprendizaje aplicado fomenta una comprensión más profunda y duradera de los conceptos, al tiempo que estimula el pensamiento crítico y la resolución creativa de problemas. En suma, se destacó la relevancia de esta metodología, que promueve la aplicación creativa y crítica de los conocimientos en la resolución de problemas prácticos.

Rol del docente: Los estudiantes señalaron que el educador actúa como guía y facilitador durante la actividad de laboratorio, enfatizando la importancia de la orientación y el apoyo ("El profesor nos ha ido ayudando en algún punto"). Los estudiantes reconocieron la importancia del papel del docente como facilitador del aprendizaje. Consideran que el docente debe actuar como guía y mediador, fomentando la participación activa de los estudiantes, estimulando su curiosidad y promoviendo la reflexión ("da la sensación de que el docente tiene un papel secundario, cuando en realidad es quien regula la dinámica de la tarea desde la sombra"). Esta visión del docente como facilitador se alinea con enfoques constructivistas y promueve la autonomía y el pensamiento crítico de los estudiantes.

En los comentarios de los participantes, se puede inferir, además, una relación entre el papel del docente como facilitador del aprendizaje y el desarrollo de habilidades científicas y competencias transversales. A través de su función facilitadora, el docente proporciona a los estudiantes el apoyo necesario para enfrentarse a los retos propuestos, permitiéndoles explorar, investigar y aprender de manera autónoma, lo cual favorece el desarrollo de habilidades científicas y competencias transversales.

Naturaleza de la ciencia: En el transcurso de esta actividad, los estudiantes ponderaron profundamente sobre la naturaleza de la ciencia y cómo esta se entrelaza con problemáticas concretas del mundo real. Este

ejercicio los llevó a valorar la conexión intrínseca que existe entre estos dos dominios. En palabras de una de las participantes, "la naturaleza de la ciencia fue uno de los temas principales que se trabajaron, aunque no fuéramos conscientes en aquel preciso momento", destacando la importancia de estas actividades para trabajar aspectos clave de la naturaleza de la ciencia.

Los estudiantes del máster valoraron la oportunidad de forjar habilidades científicas en el transcurso de su formación. Entre estas habilidades se destacan la capacidad para diseñar experimentos, el análisis de datos y la formulación de conclusiones. En adición a estas competencias, reconocen la relevancia de adquirir destrezas transversales, como la efectiva comunicación, la capacidad investigativa y el pensamiento analítico.

Los participantes subrayaron la relevancia de promover una visión adecuada de la ciencia, distante de estereotipos, cimentada en la indagación, la evidencia y el entendimiento de los procesos científicos. En este sentido, consideraron esencial transmitir una visión realista de la ciencia para despertar el interés y la motivación de los estudiantes hacia esta disciplina. Así, los estudiantes subrayan que las prácticas basadas en enfoques STEM promueven una visión adecuada de la ciencia al integrar diferentes aspectos del conocimiento científico y al ilustrar la naturaleza de la ciencia. Reconocen, además, que este tipo de proyectos interdisciplinarios preparan a los estudiantes para enfrentar desafíos y dificultades del mundo real, donde la búsqueda y aplicación del conocimiento son fundamentales y promueve aprendizajes más significativos. De esta manera, cuando los estudiantes perciben que la actividad de aprendizaje está enraizada en problemas del mundo real, se promueve una visión más adecuada y auténtica de la ciencia, que no se limita a la memorización de conceptos, sino que involucra la aplicación de estos conceptos en situaciones reales.

5. DISCUSIÓN

La actividad "una bebida fresquita, por favor" ha demostrado ser un ejercicio relevante en la formación del profesorado de química en formación inicial que ha participado en ella. Este estudio ha evidenciado que la

naturaleza interdisciplinaria del enfoque STEM, en actividades ABP, contribuye de manera notable a una mejor comprensión de los conceptos científicos, y a una notable mejora en la creatividad y las habilidades para la resolución de problemas. Los futuros docentes han tenido la oportunidad de aplicar de forma directa los conocimientos teóricos adquiridos en situaciones prácticas y reales, fortaleciendo de esta forma su aprendizaje y su motivación hacia la química.

Este enfoque práctico es crucial en la formación docente en química, dado que permite a los profesores en formación comprender de manera más profunda cómo los conceptos científicos se aplican en la vida cotidiana y en situaciones prácticas. Al integrar actividades y proyectos que implican la resolución de problemas auténticos y la toma de decisiones informadas, los profesores en formación pueden transmitir a sus futuros estudiantes la utilidad y la relevancia de los conocimientos científicos en contextos reales.

Además, las prácticas de STEM impulsan un cambio en el papel del docente. Los resultados del estudio indican que los participantes valoran la importancia del docente como facilitador del aprendizaje, actuando como guía en el proceso de construcción del conocimiento, más que como un mero transmisor de información. Este enfoque constructivista y participativo promueve la curiosidad, la indagación y la reflexión, brindando un soporte fundamental para los futuros docentes. La evolución del rol del profesor hacia un facilitador del aprendizaje es esencial en la formación del profesorado de química, ya que permite a los estudiantes tomar un papel más activo en su propio aprendizaje, potenciando así su motivación y su desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas.

Paralelamente, el estudio subraya la importancia de un aprendizaje significativo y contextualizado. Los futuros docentes han reconocido que las prácticas STEM fomentan un aprendizaje en el que ellos se convierten en protagonistas activos de su formación, comprometiéndose con la indagación y construcción de su propio conocimiento científico. Este enfoque fomenta el desarrollo de habilidades científicas y competencias transversales, fundamentales para la formación docente, entre las que se

incluyen el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la creatividad.

Finalmente, la relevancia de la aplicación de los conocimientos es un componente esencial de las prácticas STEM. Los futuros profesores deben ser capaces de comprender y transmitir cómo los conceptos y teorías científicas se aplican en situaciones prácticas y cotidianas. Esta capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones reales permite.

El estudio realizado ha permitido dar respuesta a las preguntas de investigación:

¿Cómo influye la implementación del ABP en la percepción de los futuros docentes de química de secundaria sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el contexto STEM?

La implementación de ABP en las actividades STEM mejora la percepción de los futuros docentes sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Reconocen que las prácticas STEM les permiten enfrentarse a desafíos reales y aplicar los principios científicos en situaciones concretas. Esta percepción demuestra que los profesores en formación inicial reconocen el valor de la integración de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en su formación inicial, lo que contribuye a una comprensión más completa de los conceptos y su futura enseñanza en el aula.

¿En qué medida el ABP dentro de las actividades STEM ayuda a los futuros docentes de química de secundaria a desarrollar habilidades científicas y competencias transversales?

El análisis de los comentarios indica que el ABP dentro de las actividades STEM tienen un impacto positivo en el desarrollo de habilidades científicas y competencias transversales de los profesores en formación inicial, quienes han destacado la importancia de trabajar en equipo, la capacidad de plantear y resolver problemas, la creatividad y el pensamiento crítico como habilidades adquiridas a través de estas prácticas. También mencionan el desarrollo de competencias transversales como la comunicación efectiva, la colaboración y la capacidad de adaptarse a diferentes contextos. Estos resultados demuestran que el ABP dentro de

las actividades STEM no solo contribuye al conocimiento disciplinar, sino que también fomentan el desarrollo de habilidades y competencias esenciales para la práctica docente.

¿Cómo perciben los docentes en formación inicial el papel del docente en el contexto de ABP dentro de las actividades STEM?

Los resultados del análisis revelan que el papel del docente como facilitador en las prácticas STEM dentro del enfoque ABP es fundamental. Los participantes han destacado la guía proporcionada por el docente durante el proceso de investigación, su capacidad para motivar y estimular el pensamiento crítico, y su apoyo en la resolución de problemas. Los docentes, al adoptar un enfoque de facilitador, fomentan un ambiente de aprendizaje activo y participativo, en el que los estudiantes son responsables de su propio proceso de indagación. Esta participación activa y la libertad para explorar diferentes enfoques y soluciones generan una mayor percepción de la ciencia como un campo dinámico y creativo.

5.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Esta investigación educativa presenta una serie de limitaciones inherentes a su diseño y metodología. En primer lugar, es importante destacar que el estudio se fundamenta en los comentarios de un grupo específico de profesores de química en formación inicial. Esta delimitación puede acarrear consecuencias en la generalización de los resultados, ya que estos pueden no ser extrapolables a otras disciplinas o contextos educativos distintos.

En segundo lugar, la recogida de información basada en los comentarios proporcionados por los participantes podría conllevar una limitación en cuanto a la profundidad de los datos recopilados. A pesar de que estos comentarios ofrecen una visión valiosa sobre las percepciones y experiencias de los futuros profesores, podría ser beneficioso complementar esta metodología con otras técnicas cualitativas, como las entrevistas individuales o los *focus group*, con el fin de obtener una comprensión más detallada y rica de sus vivencias.

Además, es relevante señalar que este estudio se enmarca en un momento particular del proceso de formación inicial de los docentes

participantes. Esta temporalidad restringe la perspectiva de análisis a un instante específico, sin tener en cuenta las posibles variaciones o evoluciones a lo largo del tiempo. Así, sería pertinente realizar un seguimiento de los participantes para evaluar el impacto a largo plazo de las prácticas basadas en enfoques ABP/STEM en su desarrollo profesional y en su praxis docente.

6. CONCLUSIONES

El ABP dentro de las actividades STEM es valorado por los futuros docentes como una estrategia efectiva para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, proporcionando un enfoque más contextualizado y conectado con la realidad. Este enfoque integral resulta ser un elemento poderoso para el enriquecimiento de la formación docente en química.

El ABP en el marco de las actividades STEM es efectivo para el desarrollo de habilidades científicas y competencias transversales en los futuros docentes, así como para mejorar la creatividad y las habilidades para resolver problemas de estos docentes. Estas competencias son fundamentales para la docencia moderna, que requiere de profesionales capaces de diseñar y desarrollar experiencias de aprendizaje significativas y contextualizada

En el contexto de ABP dentro de las actividades STEM, los futuros docentes ven al educador como un facilitador del aprendizaje, guiándolos en su proceso de resolución de problemas y han reconocido la importancia de un aprendizaje significativo y contextualizado. Este cambio de paradigma en la enseñanza refuerza la idea de que los estudiantes deben asumir un papel más activo en su aprendizaje, lo que incrementa su motivación y fomenta el desarrollo de habilidades y competencias clave.

Finalmente, la actividad STEM dentro del enfoque ABP ha demostrado ser una herramienta valiosa para mostrar la relevancia y aplicabilidad de los conocimientos científicos en contextos reales, lo que ha tenido un impacto positivo en la motivación y compromiso de los futuros profesores de química.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean hacer constar la colaboración del Vicerectorado de Docencia y del programa RIMDA de la Universitat de Barcelona en la difusión de este trabajo.

8. REFERENCIAS

- Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A theory of knowledge. *Journal of chemical education*, 63(10), 873.
- Guo, P., Saab, N., Post, L. S. y Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International journal of educational research*, 102, 101586.
- Jiménez, B. J. (1995). La formación del profesorado y la innovación. *Educación*, 19, 33-46.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y. y Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-16.
- Marradi, A., Archenti, N. y Piovani, J. (2007). *Metodología de las ciencias sociales*. Buenos Aires: Editorial Ermecé.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Safitri, D. e Iryani, I. (2021). Description of Students Learning Outcomes used Guided Inquiry Module in Chemistry Learning. *Edukimia*, 3(1), 038-042.
- Verschuren, P. J. M. (2003) Case study as a research strategy: some ambiguities and opportunities. *International Journal of Research Methodology*, 6(2), 121-139.