

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**LOS MUSEOS DE
CIENCIA COMO
INSTRUMENTO DE
APRENDIZAJE**

Estudiante: María del Carmen Alba Martínez

Especialidad: Física y Química

Tutor/as: Marina Alfosea Simón, Inmaculada Simón Vilella

Curso académico: 2023-24



Índice

Resumen.....	1
Palabras clave.....	1
Abstract.....	1
Keywords:	1
2. Introducción.....	2
3. Materiales y métodos	4
4. Revisión bibliográfica	6
5. Propuesta.....	14
5. Conclusiones.....	24
6. Referencias	25
7. Anexos	27
7.1. Anexo I: Salas MUDIC.....	27
7.2. Anexo II: Talleres primaria y secundaria MUDIC	28
7.3. Anexo III. Guión del taller Lavoiser	29
7.4. Anexo IV. Actividad previa 1	30
7.5. Anexo V. Actividad previa 2.....	31

Resumen

El presente trabajo fin de máster examina cómo las visitas a museos de ciencias pueden ser utilizadas como una herramienta didáctica en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. El estudio se fundamenta en la realización de una revisión bibliográfica detallada y en la creación de una propuesta metodológica específica dirigida a alumnos de 3º de ESO, centrada en el tema de las reacciones químicas. Basada en el marco teórico del *Learner Integrated Field Trip Inventory* (LIFTI), la propuesta consta de tres etapas: previa, durante y posterior al recorrido. Este enfoque busca integrar los conceptos curriculares con actividades prácticas y reflexivas que promuevan un aprendizaje significativo y relevante. La bibliografía consultada resalta la relevancia de una planificación detallada y una adaptación adecuada de las visitas según las necesidades curriculares y estilos de aprendizaje de los estudiantes. Los resultados indican que las visitas a museos de ciencias, si se llevan a cabo adecuadamente, tienen el potencial de revolucionar la educación científica.

Palabras clave

didáctica de las ciencias, aprendizaje informal, museos interactivos, estrategias pedagógicas, educación científica

Abstract

This final dissertation examines how scheduled visits to science museums can be used in the field of science teaching. The study is based on the execution of a revised and detailed bibliography, as well as on the creation of a methodological proposal aimed at students of 3rd ESO, focused on the topic of chemical reactions. Based on the theoretical framework of the *Learner Integrated Field Trip Inventory* (LIFTI), the proposal consists of three stages: preliminary, during and after the tour. This approach seeks to integrate curricular knowledge with pensive and practical activities that foster a significant and relevant learning. The consulted bibliography emphasises the importance of a detailed planning and a correct adaptation of the visits according to the curricular needs and the students' learning methods. The results indicate that visits to science museums, if conducted correctly, have the potential to revolutionize the scientific education.

Keywords

science didactics, informal learning, interactive museums, pedagogical strategies, science education.

2. Introducción

En un mundo caracterizado por la digitalización, la globalización y la inmediatez, la educación secundaria se enfrenta a un doble desafío: adaptarse a las nuevas realidades y renovarse para preparar a los estudiantes para los nuevos retos del siglo XXI. En este marco, la didáctica de las ciencias exige que las nuevas estrategias vayan más allá del aula tradicional y la resolución de problemas, abriendo las puertas de los centros educativos y reconociendo el valor de otros escenarios que puedan generar puentes entre el aprendizaje teórico y la realidad práctica (Contreras-Baeza, 2021)

Bajo este contexto, las visitas a museos de ciencias se postulan como una herramienta didáctica de gran potencial, capaz de complementar y enriquecer la formación científica del estudiantado. Cabe mencionar que gran cantidad de artículos avalan el papel transformador de estas experiencias, su potencial como herramienta didáctica y su impacto positivo en el aprendizaje. Los museos de ciencias ofrecen espacios propicios para el aprendizaje basado en la investigación, el pensamiento crítico y la colaboración entre pares (Souza et al., 2023). Por otro lado, entre sus virtudes, destaca la de permitir al estudiantado experimentar de forma directa con los conceptos científicos, fomentando así un aprendizaje significativo (Bernal y Moral, 2022)

No obstante, la mayoría de los autores inciden en que, para maximizar el potencial educativo de los museos científicos, es necesario plantear estas visitas más allá que una simple excursión. Siendo de gran importancia el uso de una planificación cuidadosa por parte del docente sobre la base de tres grandes momentos: antes, durante y después de la visita (Contreras-Baeza, 2021). Todo ello sin olvidar, que los museos de ciencias deben adaptarse a las necesidades curriculares y a los estilos de aprendizaje del estudiantado, proporcionando material didáctico apropiado a los distintos niveles educativos (Pedretti y Iannin, 2020).

En este sentido, el marco teórico *Learner Integrated Field Trip Inventory* (LIFTI) (Coll et al., 2018b, 2018a) ofrece a los docentes una potente herramienta para diseñar y evaluar la eficacia de estas experiencias fuera del aula. El LIFTI se basa en los principios del constructivismo social y el aprendizaje colaborativo y enfatiza en la importancia de la preparación previa, la selección de las actividades más adecuadas para trabajar los contenidos seleccionados y en una reflexión posterior a la visita que permita afianzar los conocimientos adquiridos.

Así pues, queda patente que las visitas a museos de ciencias tienen un gran valor transformador como herramienta didáctica dentro de la enseñanza de las ciencias en secundaria. Sin embargo, para aprovechar al máximo su potencial

didáctico, es necesario un enfoque pedagógico riguroso, planificado y adaptado a las necesidades del estudiantado.

El objetivo general del presente trabajo fin de máster es analizar el potencial educativo de las visitas a museos de ciencias como herramienta didáctica en la enseñanza de la física y química en secundaria, tomando como referencia el marco teórico del LIFTI y las investigaciones más recientes en este campo.

Para ello, se realizó una revisión bibliográfica de la literatura científica sobre el papel que poseen las visitas a museos de ciencias en la didáctica de éstas, permitiendo identificar sus beneficios y desafíos, así como las diferentes metodologías y estrategias de implementación que se han propuesto. Analizar los diferentes tipos de museos de ciencias, así como el tipo de materiales, recursos y enfoques didácticos que ofrecen. Realizar un análisis del marco teórico LIFTI para ver cómo puede ser aplicado al diseño de visitas a museos de ciencias, tomando en cuenta las características específicas de este tipo de entornos de aprendizaje. Por último, diseñar una propuesta metodológica detallada para la implementación de visitas a museos de ciencias en la enseñanza de la física y la química en educación secundaria. Además, la propuesta incluye objetivos específicos, actividades, recursos didácticos, estrategias de evaluación y recomendaciones para la adaptación a diferentes contextos educativos. De esta manera, se busca convertir las visitas a museos de ciencias en una herramienta didáctica, de forma que se conviertan en catalizadores de un aprendizaje científico significativo, memorable y relevante en el mundo actual.

3. Materiales y métodos

El estudio del presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) consistió en una revisión bibliográfica sistemática junto con una propuesta metodológica. Se buscó examinar la situación actual de los estudios sobre la incorporación de las visitas a museos de ciencias como recurso pedagógico en el ámbito educativo, concretamente en la educación secundaria, con enfoque en los últimos 5 años.

Para la búsqueda bibliográfica se han seguido las siguientes estrategias:

- **Bases de datos:** se han consultado las bases de datos de la biblioteca UMH, Scopus y ERIC, utilizando como palabras clave "museos de ciencias", "visitas escolares", "visitas a museos de ciencias" y sus traducciones al inglés.
- **Filtros:** se aplicaron dos filtros para acotar la búsqueda, primero el idioma que se ha utilizado el Español e Inglés, y el segundo filtro ha sido la fecha de publicación que ha abarcado los años del 2019 a 2024 (en los últimos 5 años)
- **Extensión de la búsqueda:** tras un primer filtrado de publicaciones, se amplió la investigación a artículos publicados desde 2009 hasta 2024, abarcando a renombrados autores en el ámbito de la educación en museos de ciencias.

Se han incluido aquellos estudios que cumplieran los siguientes criterios:

- **Tipo de estudio:** investigaciones científicas originales, revisiones bibliográficas y estudios de caso.
- **Temática:** centrados en la utilización de las visitas a museos de ciencias como una herramienta educativa en la enseñanza de las ciencias.
- **Metodología:** rigurosa y transparente.
- **Resultados:** relevantes y con implicaciones para la práctica educativa.

Se han excluido aquellos estudios que:

- No se ajustaban a la temática del TFM.
- Presentaban una metodología deficiente o poco transparente.
- No generaban resultados significativos o con pocas implicaciones para la enseñanza.

Para el análisis de datos se ha realizado un análisis cualitativo de la información de los estudios elegidos utilizando técnicas de análisis de contenido. Se han determinado los temas principales tratados, los métodos empleados, los hallazgos y las conclusiones alcanzadas.

A partir de la literatura revisada, se desarrolló una propuesta metodológica, permitiendo utilizar las visitas a museos de ciencias como herramienta didáctica en el ámbito de la educación secundaria.



Este estudio se ha realizado siguiendo los principios éticos establecidos para la investigación científica. Asegurado la privacidad de los datos utilizados y respetado los derechos de autor.

Cabe destacar que la presente revisión bibliográfica presenta algunas limitaciones:

- **Limitación temporal:** Se ha enfocado la investigación en los últimos 5 años, por lo que es posible que haya estudios previos que no se hayan considerado, pese a que se ha ampliado la búsqueda a trabajos de autores relevantes de los últimos 15 años.
- **Limitación lingüística:** Se ha limitado la búsqueda a artículos publicados en español e inglés, por lo que puede haber investigaciones en diferentes idiomas que no se hayan tenido en cuenta.

Pese a estas limitaciones, esta revisión bibliográfica brinda una visión detallada y actualizada de la investigación sobre el uso de las visitas a museos de ciencias en la educación como herramienta didáctica. Los hallazgos y la metodología propuesta pueden resultar muy útiles para profesores, educadores y gestores de museos que deseen llevar a cabo estas iniciativas en sus entornos educativos.



4. Revisión bibliográfica

Los museos de ciencias han sufrido una gran evolución con el paso del tiempo. Inicialmente eran meros lugares de conservación, exposición de piezas y muestras; no obstante, gradualmente han ido transformándose en centros de educación y divulgación científica. Debido a este crecimiento, autores como Janousek (2000) y Friedman (2010) han propuesto una clasificación en diferentes categorías para los museos de ciencias según su orientación y enfoque.

- **Museos de primera generación.** Representados por los museos tradicionales de ciencia y técnica. Están fundamentalmente orientados a la presentación de la ciencia de una manera estática, a través de paneles informativos y colecciones de objetos históricos. Además, dichas colecciones y/o exposiciones están basadas en los artefactos experimentales, sin presentar un contexto más amplio. Esto limita la interacción del visitante y la capacidad de este para relacionar los conceptos científicos con elementos de la vida diaria o con otros conceptos. Este tipo de museos se enfoca fundamentalmente en la preservación del patrimonio científico y técnico (Janousek, 2000)
- **Museos de segunda generación o museos interactivos.** Aparecieron a principios del siglo XX, se centran preferentemente en analizar y exponer el orden natural del universo, las leyes y principios fundamentales de la ciencia. No tienen colecciones tradicionales, sino que están compuestos por módulos interactivos que generalmente no necesitan un contexto externo para ser manipulados. Estos museos tienen como objetivo la educación y el apoyo de la creatividad a través de la participación activa del visitante, lo que facilita la alfabetización científica de la sociedad en un contexto no formal (Friedman, 2010). La mayoría de los museos de ciencias nacionales e internacionales pertenecen a esta categoría.
- **Museos de tercera generación,** están basados en exponer problemas reales y actuales donde interaccionan la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente. Estos museos están centrados más en el hoy y el mañana que en el pasado; además, contemplan múltiples puntos de vista sobre los temas que abordan. Estos museos no solo presentan información científica, sino que también fomentan el debate y la reflexión sobre temas contemporáneos y su impacto en la sociedad y el medio ambiente. (Friedman, 2010)

En el presente trabajo nos centraremos en los museos interactivos o de segunda generación, ya que son los más frecuentes y su enfoque educativo los convierte en una herramienta didáctica especialmente valiosa. Estos museos no solo facilitan la alfabetización científica y el aprendizaje de las ciencias en contextos no formales, sino que también ofrecen una variedad de medios

educativos, como exhibiciones, exposiciones temporales, cursos y conferencias, talleres, programas especializados y materiales didácticos. La naturaleza interactiva de estos museos permite a los visitantes, especialmente al estudiantado, participar activamente en el proceso de aprendizaje, lo que enriquece tanto su conocimiento como su experiencia social (Bernal y Moral, 2022).

El papel de los museos de ciencias como herramientas didácticas es objeto de debate en la literatura educativa. Varios estudios avalan el potencial de los museos de ciencia como herramienta didáctica, destacando su capacidad para ofrecer entornos de aprendizaje únicos y valiosos.

Son diversos los autores que corroboran la importancia de los museos como herramientas didácticas. Souza (2017) investigó el impacto de las visitas a museos en la enseñanza de la ciencia y argumentó que los museos proporcionan un contexto donde el estudiantado puede interactuar directamente con los objetos y fenómenos científicos. Todo esto facilita una comprensión más profunda y práctica. Haciendo que estas experiencias contribuyan significativamente al desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes, tales como la observación, la clasificación y la interpretación de datos.

Otros estudios analizaron el potencial de los museos como espacios de aprendizaje informal (Bernal y Moral, 2022) destacando su capacidad para generar curiosidad e interés por la ciencia en el estudiantado. De este modo, los museos pueden llegar a ser una fuente de motivación para los jóvenes dentro del aprendizaje de las ciencias, ya que ofrecen oportunidades para la exploración libre y el aprendizaje autodirigido (Punzalan y Escalante, 2021). Así mismo, los museos tienen un gran papel en la formación de ciudadanos críticos y responsables (Rigo et al., 2020), debido a que fomentan la reflexión y el debate, no solo sobre temas científicos, sino también sobre temas sociales relevantes. Por tanto, estas experiencias animan al estudiantado a tomar conciencia de los desafíos del mundo actual y a buscar soluciones creativas.

Además, las visitas a los museos de ciencias forjan la identidad científica de los estudiantes (Shaby y Vedder-Weiss, 2020), debido a que estas experiencias fortalecen la confianza y el interés por la ciencia en el estudiantado, promoviendo una visión positiva de la ciencia y su papel en la sociedad actual. Lo que lleva a potenciar el pensamiento crítico, la colaboración entre el estudiantado y la resolución de problemas (Gerrard, 2020).

Sin embargo, a pesar del potencial educativo que ofrecen los museos de ciencias, algunos autores dudan de su eficacia en el contexto educativo formal. Diversos estudios han demostrado que la falta de atención y comprensión por parte del estudiantado puede ser un obstáculo importante para el aprendizaje significativo en este tipo de entornos (Shaby y Vedder-Weiss, 2020). Aunque la experiencia puede ser positiva para una parte, otros no prestan atención a las exhibiciones o no logran conectar los conceptos con sus conocimientos previos.

En este sentido, se ha concluido que, aunque algunos estudiantes participan activamente y construyen conocimiento a través del diálogo, otros se distraen fácilmente y no logran comprender los conceptos científicos presentados (Rajala y Akkerman, 2019). Siendo importante la interacción entre el estudiantado, las exhibiciones y el docente para promover un aprendizaje significativo.

Por otra parte, la mediación docente en el aprendizaje durante las visitas a museos es un factor fundamental en el éxito de estas, ya que la ausencia de una guía adecuada puede dificultar la comprensión de los conceptos científicos por parte del estudiantado (Pascual & Aranzabal, 2014; Shaby et al. 2019). Sin una orientación clara y actividades que promuevan la interacción con las exhibiciones, tienden a distraerse y no logran conectar los conceptos con sus conocimientos previos.

Considerando dichos factores, diversos autores enfatizan en la importancia de una planificación adecuada y una guía docente efectiva para maximizar el aprendizaje durante las visitas a museos (Bernal y Moral, 2022; Contreras-Baeza, 2021; Guisasola et al., 2009). Estos autores coinciden en que una visita educativa a un museo de ciencias debe estructurarse en tres fases principales: antes, durante y después de la visita. Cada una de estas fases cumple un rol fundamental en el proceso de aprendizaje y en la maximización del potencial educativo de la experiencia.

A continuación, vamos a describir detalladamente cada una de estas fases:

Fase 1: Antes de la visita.

La fase inicial es crucial para preparar al estudiantado y establecer las bases para un aprendizaje efectivo durante la visita al museo. Esta fase incluye los siguientes aspectos:

1. Establecer objetivos claros de acuerdo con los contenidos curriculares y las competencias clave que se desean trabajar (Pedretti y Iannin, 2020).
2. Obtener información sobre el museo, familiarizarse con las exhibiciones y actividades que ofrece el museo a través de la web, folletos o visitas virtuales (Souza et al., 2023).
3. Generar expectativas y fomentar la curiosidad del estudiantado mediante imágenes, vídeos, anécdotas o lluvia de ideas sobre lo que esperan aprender (Guisasola et al., 2009a).
4. Planificar y organizar la visita, incluyendo aspectos como el tiempo y modo de traslado al museo, duración de la visita, distribución en grupos y normas a seguir (Contreras-Baeza, 2021b).

5. Preparar materiales didácticos, como guías de observación, cuestionarios o fichas de trabajo para orientar al estudiantado durante la visita (Bernaly Moral, 2022).

Fase 2: Durante la visita.

La fase de la visita, propiamente dicha, es el momento en que el estudiantado interactúa directamente con las exhibiciones y actividades del museo. Para optimizar esta experiencia, se recomienda:

1. Seguir un recorrido organizado: recorrer las exhibiciones del museo de forma lógica y coherente con los objetivos de la visita (Pedretti y Iannin, 2020). El docente puede utilizar preguntas para estimular la observación y la reflexión del estudiantado sobre las exhibiciones (Souza et al., 2023).

2. Estimular la participación activa: incentivar la participación del estudiantado en actividades interactivas, talleres o experiencias prácticas (Souza et al., 2023). Las actividades prácticas permiten experimentar de forma directa los conceptos científicos y desarrollar habilidades como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la comunicación.

3. Animar a tomar notas: motivar al estudiantado a registrar sus observaciones, dibujos o esquemas y registrar sus observaciones durante la visita (Bernal y Moral, 2022).

Fase 3: Después de la visita.

La fase posterior a la visita es crucial para consolidar los aprendizajes y conectar la experiencia con el contexto educativo. Para ello, se sugiere:

1. Realizar una puesta en común: compartir experiencias, aprendizajes y reflexiones sobre la visita al museo para evaluar el logro de los objetivos y obtener retroalimentación (Pedretti et al., 2020).

2. Asignar trabajos: encomendar tareas que permitan profundizar en los conceptos aprendidos durante la visita, como informes, presentaciones, proyectos o investigaciones (Guisasola et al., 2009).

3. Establecer conexiones curriculares: relacionar la experiencia vivida en el museo con los contenidos curriculares que se están trabajando en clase (Souza et al., 2023).

4. Fomentar la reflexión crítica: animar al estudiantado a evaluar su propio aprendizaje, identificar áreas de mejora y sugerir estrategias para futuras visitas (Guisasola et al., 2009).

De este modo, las visitas a museos de ciencias, adecuadamente planificadas y ejecutadas, representan una herramienta didáctica valiosa para complementar el aprendizaje formal en el aula. Al seguir las pautas descritas en este apartado, se pueden maximizar los beneficios de estas experiencias educativas, promoviendo el aprendizaje significativo, la curiosidad, la responsabilidad social y la identidad personal en el estudiantado.

3.1. Marco teórico LIFTI

Por otro lado, “Learner Integrated Field Trip Inventory” (en adelante LIFTI), se caracteriza por ofrecer un marco teórico útil para diseñar y evaluar experiencias de aprendizaje en entornos formales e informales, como las visitas a museos de ciencias. Este modelo propone cinco dimensiones clave que deben considerarse al planificar y desarrollar este tipo de experiencias: establecer objetivos claros, proporcionar retroalimentación constante, fomentar la interacción entre los estudiantes, utilizar el tiempo de manera efectiva y generar un ambiente de aprendizaje activo y atractivo, englobadas en tres componentes: cognitiva, social y procedimental (Coll et al., 2018a, 2018b).

Para fomentar el aprendizaje, la visita al museo debe tener objetivos claros y definidos, alineados con los contenidos curriculares y las competencias que se desean desarrollar en el estudiantado. La visita requiere que exista coherencia con el resto de las actividades de aprendizaje que se desarrollan en el aula, permitiendo al estudiantado conectar los aprendizajes adquiridos en el museo con su formación académica.(Coll et al., 2018b)

La interacción es otro componente importante de este método, ya que la participación activa con las exhibiciones y actividades del museo estimula tanto la observación, la manipulación y la experimentación, así como la reflexión crítica.. La autenticidad sugiere que la visita debe estar vinculada a situaciones reales y relevantes para el estudiantado, permitiendo conectar los conceptos científicos con el mundo real y sus aplicaciones prácticas (Coll et al., 2018a).

Por último, el apoyo subraya la importancia del papel del docente como facilitador del aprendizaje, creando un ambiente propicio para la construcción del conocimiento (Coll et al., 2018b)

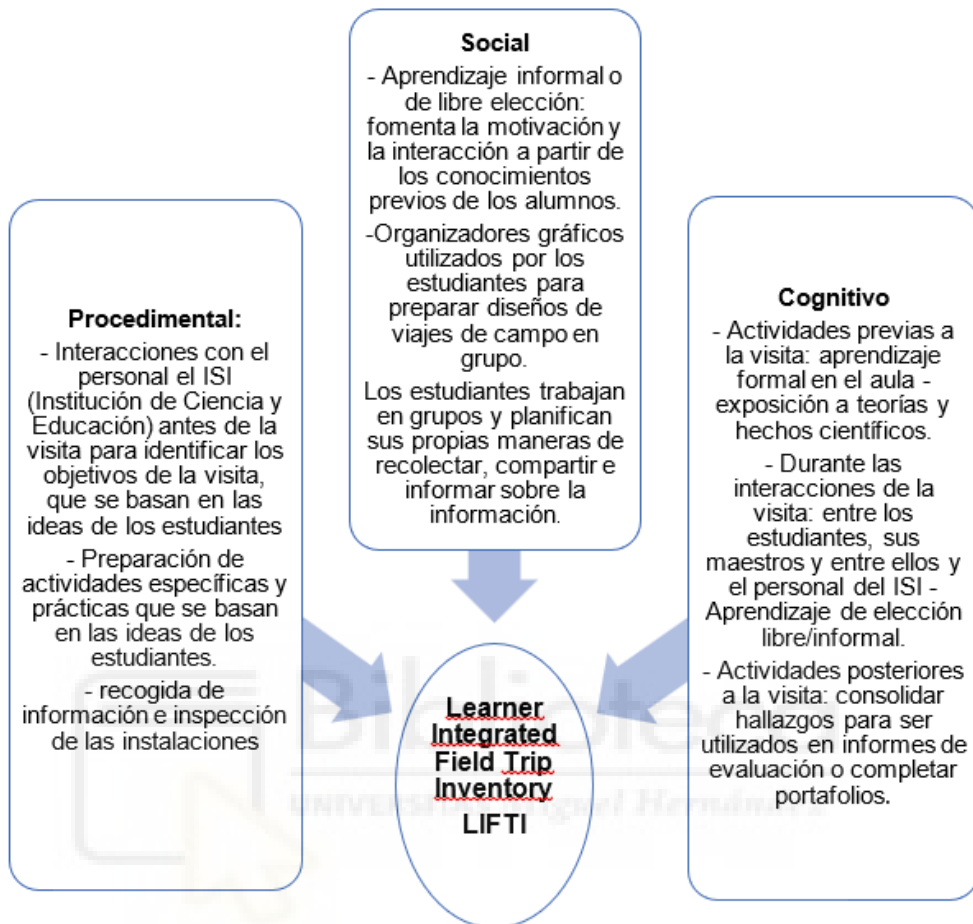


Ilustración 1. Propuesta del modelo LIFTI Fuente: Making the Most of Out-of-School Visits: How does the Teacher Prepare? Part I: Development of the Learner Integrated Field Trip Inventory (LIFTI) Coll S, Coll R. Treagust D(2018) 1-19

En definitiva, aplicar el modelo LIFTI para el diseño de una visita a un museo de ciencias, permite maximizar el potencial educativo de esta experiencia y promover un aprendizaje significativo y relevante para el estudiantado.

3.2. Museos de ciencias en España

En el contexto educativo, los museos de ciencias en España juegan un papel crucial como herramientas didácticas que enriquecen el aprendizaje del estudiantado a través de experiencias interactivas y prácticas. A continuación, se describen algunos de los museos más importantes por su utilidad didáctica, como son el Parque de las Ciencias de Granada, el Museo de las Ciencias y el

Cosmos de Tenerife, el Eureka! Zientzia Museoa de Donostia y el Museo Didáctico e Interactivo de Ciencias (MUDIC) Jesús Carnicer de la Vega Baja del Segura de la Comunitat Valenciana (VBS-CV) en Orihuela.

a) Parque de las Ciencias de Granada

El Parque de las Ciencias de Granada es uno de los principales centros de divulgación científica en España. Con una extensión de más de 70.000 metros cuadrados, ofrece una gran variedad de exposiciones permanentes y temporales. Además de actividades interactivas que permiten a los visitantes explorar diversas áreas del conocimiento científico.

Este museo destaca por su enfoque didáctico, proporcionando múltiples recursos educativos para profesores y estudiantes. Sus talleres, visitas guiadas y programas educativos están diseñados para complementar el currículo escolar y fomentar el interés por la ciencia desde una edad temprana. De acuerdo con Morentin y Guisasola (2017), las experiencias prácticas que ofrece el Parque de las Ciencias son fundamentales para el desarrollo de habilidades científicas en el estudiantado como son la observación, la experimentación y el análisis crítico.

b) Museo de las Ciencias y el Cosmos de Tenerife

El Museo de las Ciencias y el Cosmos de Tenerife es otro referente en la divulgación científica y la educación en España. Este museo combina exposiciones interactivas con actividades educativas que abarcan temas como la astronomía, la física y la biología. Su enfoque se centra en la interactividad, permitiendo a los visitantes experimentar y descubrir los principios científicos a través de la manipulación directa de los exhibidores.

Abenza Bernal y Robles Moral (2022) destacan la importancia de este tipo de museos para la alfabetización científica de la sociedad. Las actividades educativas del Museo de las Ciencias y el Cosmos están diseñadas para fomentar la curiosidad y el pensamiento crítico, ofreciendo al estudiantado la oportunidad de explorar conceptos científicos de manera lúdica y significativa.

c) Eureka! Zientzia Museoa de Donostia

El Eureka! Zientzia Museoa de Donostia es un museo interactivo orientado a la educación científica. Este museo se caracteriza por su enfoque en la participación activa y la experimentación, ofreciendo una amplia gama de exhibiciones y talleres que cubren diversas áreas de la ciencia y la tecnología.

Las investigaciones de Souza et. al. (2023) subrayan la efectividad de los museos interactivos como el Eureka! Zientzia Museoa para promover el aprendizaje significativo. Sus actividades prácticas permiten al estudiantado

aplicar los conceptos teóricos en un contexto real, desarrollando así una comprensión más profunda y duradera de los contenidos científicos.

d) Museo Didáctico e Interactivo de Ciencias (MUDIC) Jesús Carnicer de la Vega Baja del Segura de la Comunidad Valencia (VBS-CV) en Orihuela

El MUDIC de Orihuela es un centro dedicado a la divulgación científica y la educación, con un enfoque especial en la didáctica interactiva. Este museo ofrece diseñar tu propia visita según la temática elegida gracias a una variedad de talleres, exposiciones y actividades diseñadas para involucrar al estudiantado en el proceso de aprendizaje a través de la experimentación y la exploración.

Contreras-Baeza (2021) señaló que la clave del éxito de museos como en el caso del MUDIC reside en su capacidad para conectar el aprendizaje formal e informal, proporcionando experiencias educativas que complementan y amplían el conocimiento adquirido en el aula. Las actividades del MUDIC están diseñadas para ser accesibles y atractivas, fomentando el interés por la ciencia y el desarrollo de competencias científicas entre el estudiantado.

Biblioteca

Tras analizar toda la información recabada, vemos cómo los museos de ciencias en España destacan por su enfoque en la educación científica y su capacidad para ofrecer experiencias de aprendizaje interactivas y significativas. Estos museos no solo complementan la enseñanza formal, sino que también fomentan la curiosidad, el pensamiento crítico y la creatividad entre el estudiantado, contribuyendo así a una educación científica más completa y enriquecedora.

En consonancia con el modelo LIFTI de Coll y Coll (2010), estos museos ofrecen experiencias educativas que son intencionales, coherentes, interactivas, auténticas y guiadas, maximizando así su potencial como herramientas didácticas. La planificación cuidadosa y la mediación efectiva por parte de los docentes son fundamentales para aprovechar al máximo las visitas a estos museos, asegurando que el estudiantado no solo disfrute de la experiencia, sino que también desarrolle un aprendizaje significativo y duradero.

5. Propuesta

Concretando más, esta propuesta didáctica va a centrarse principalmente en el nivel de 3º ESO en la educación secundaria española, en el apartado didáctico de las reacciones químicas. Sin embargo, podría utilizarse para cualquier otro curso de la educación secundaria y el bachillerato y para cualquier otro apartado didáctico dentro de la asignatura de física y química. Como se ha podido observar a lo largo de la revisión bibliográfica realizada, hay una serie de herramientas y recomendaciones que los autores recomiendan a la hora de planificar y llevar a cabo una visita a un museo de ciencias dentro de la didáctica de la física y la química. Utilizando estas recomendaciones, se decidió crear una propuesta metodológica enfocada en realizar una visita a uno de los museos descritos anteriormente, concretamente el MUDIC de Orihuela.

Esta propuesta metodológica se basa en el marco teórico LIFTI (Learning in Informal and Formal Settings) y en la bibliografía citada anteriormente. Se ha elegido este marco teórico porque, basándose en los principios del constructivismo social y el aprendizaje colaborativo, ofrece a los docentes una potente herramienta para diseñar y evaluar la eficacia de estas experiencias fuera del aula.

Hemos elegido este museo por estar situado en la comunidad valenciana y porque tiene el factor diferencial frente a otros museos de ciencias que el profesor puede diseñar su visita al completo, eligiendo los módulos y talleres que quiere visitar, por lo que puede personalizar la experiencia totalmente, adaptándola a los objetivos de aprendizaje propuestos.

El museo cuenta con 3 salas para experimentar con más de 60 módulos con experiencias de ciencias y tecnología, con tres aulas taller donde las divulgadoras y divulgadores del museo dan los talleres científicos, con un jardín científico para experimentar con el sol, con un planetario y con un huerto.

Las visitas escolares son de lunes a viernes en horario de 9:00 a 14:00 y tiene una duración de tres horas. Está compuesta por la visita al museo, en la que el docente tiene que elegir cinco módulos para realizar, y la realización de un taller, elegido también por el docente. Esta elección puede ser totalmente libre o también puede seleccionarse una visita temática en la que los módulos ya están elegidos por el personal del museo en torno a la temática seleccionada. En el anexo I podemos ver un resumen de las salas y módulos con los que cuenta el museo, mientras que en el anexo II se recoge un listado de los talleres para alumnos de primaria y secundaria que ofrece el museo.

A continuación, se detallan los aspectos clave de la propuesta, fundamentados en artículos científicos que tratan sobre esta temática y teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente con el objetivo de aprovechar la visita a un museo de ciencias como una herramienta didáctica efectiva. Se estructura en

tres fases: antes, durante y después de la visita, y se enfoca en maximizar el aprendizaje significativo de los estudiantes.

La propuesta va a constar de las siguientes partes: antes de la visita, durante la visita y después de la visita.

Fase 1: Antes de la Visita

La primera fase de la presente propuesta metodológica se centra en establecer las bases para una experiencia de aprendizaje fructífera en un museo de ciencias. Esta fase es crucial en la preparación y se compone de cinco pasos esenciales que preparan a los estudiantes y al docente para una exploración significativa y enriquecedora del museo.

1. Establecimiento de Objetivos Didácticos: Alineación con el Currículo y las Competencias

El primer paso fundamental es que el docente defina objetivos didácticos específicos en consonancia con el currículo, y que defina las competencias clave y saberes básicos que quiere que sus alumnos adquieran con esta visita. Estos objetivos deben ir más allá de la mera visita al museo y enfocarse en el aprendizaje de conceptos científicos relevantes y en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en el estudiantado.

Para lograr esto se recomiendan las siguientes acciones:

- **Revisar los contenidos curriculares:** Identificar los conceptos científicos y las habilidades que se abordarán durante la visita al MUDIC.
- **Establecer objetivos SMART:** Definir objetivos específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un plazo determinado.
- **Considerar las competencias deseadas:** Enfocarse en el desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y personales en el alumnado.

En el caso que nos atañe, como hemos contextualizado la visita en el tema de reacciones químicas de 3º ESO, tendremos que revisar los contenidos curriculares que se detallan en anexo II del Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo. Esta visita se enmarca en el currículo de la asignatura de Física y Química de 3º de ESO, concretamente en el bloque 2: "La química en la naturaleza y en la tecnología". El desarrollo de la actividad se alinea con los principios pedagógicos de la enseñanza activa, significativa y experiencial, promoviendo un aprendizaje contextualizado y motivador para los estudiantes.

De acuerdo al Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria, se han identificado los siguientes contenidos y competencias clave relevantes para la visita:

Contenidos específicos	Competencias clave
La estructura de la materia: átomos, moléculas y enlaces químicos.	Competencia científica y tecnológica: Comprender los fundamentos científicos y tecnológicos básicos y aplicarlos para resolver problemas cotidianos.
Reacciones químicas: concepto, tipos y ecuaciones químicas.	Aprender a aprender: Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo y autorregulado.
La química en la vida cotidiana: aplicaciones de la química en diversos ámbitos.	Comunicación lingüística: Expresarse y comunicar de forma clara, precisa y fluida tanto de forma oral como escrita
	Trabajo en equipo: Cooperar con los demás para alcanzar objetivos comunes

Tabla 1. Competencias clave y competencias específicas. Fuente: Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo

Por otro lado, a partir del análisis del currículo y las competencias clave, se establecen los siguientes objetivos didácticos SMART (Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y Temporizados) para la visita al MUDIC:

Objetivo general
Fortalecer la comprensión de los conceptos clave de la química en los estudiantes de 3º de ESO, mediante la observación directa de fenómenos químicos, la experimentación y la reflexión crítica.
Objetivos específicos
O1: Que los estudiantes identifiquen y diferencien los diferentes tipos de enlaces químicos a partir de ejemplos concretos observados en el museo. (Medible: Observación directa de la participación en las actividades y elaboración de trabajos).
O2: Que los estudiantes comprendan el concepto de reacción química y sean capaces de identificar sus componentes (reactantes y productos) en ejemplos reales. (Medible: Realización correcta de ejercicios y resolución de problemas relacionados con reacciones químicas).

O3: Que los estudiantes apliquen el conocimiento adquirido sobre las reacciones químicas para explicar fenómenos de la vida cotidiana. (Medible: Elaboración de trabajos que relacionen la química con aplicaciones prácticas).

O4: Que los estudiantes desarrollen habilidades de observación, experimentación, análisis e interpretación de datos a través de las actividades realizadas en el museo. (Medible: Evaluación del desempeño en las actividades y talleres del museo).

O5: Que los estudiantes fomenten el interés y la motivación hacia la ciencia, en particular hacia la química, mediante el contacto con experiencias de aprendizaje innovadoras y atractivas. (Medible: Participación activa en las actividades, encuestas de satisfacción y expresión del interés personal).

Tabla 2. Objetivos SMART. Fuente: elaboración propia

2. Investigación previa sobre el museo

Antes de embarcarse en la aventura del museo de ciencias, es fundamental que los estudiantes realicen una investigación previa sobre éste. Esta investigación permitirá familiarizarse con la temática del museo, las exhibiciones disponibles y los recursos educativos que ofrece. Se pueden utilizar diversas estrategias para fomentar la investigación, como:

- **Visitar la página web del museo:** Explorar las diferentes secciones del sitio web para conocer la historia del museo, las exhibiciones permanentes y temporales, y las actividades que se ofrecen.
- **Visualizar videos y fotografías del museo:** Obtener una perspectiva visual del museo, observando las diferentes áreas y las exhibiciones que se pueden encontrar.
- **Leer reseñas y artículos sobre el museo:** Conocer las experiencias de otros visitantes y obtener información adicional sobre las actividades y los recursos del museo.

Para organizar nuestra visita al MUDIC, realizamos una búsqueda en la página web del museo donde obtenemos toda la información sobre el tipo de visitas y su duración, los recursos disponibles y los módulos y talleres que ofertan. Como se ha explicado anteriormente, para reservar la visita hay que seleccionar los módulos y el taller que queremos realizar. En este caso, atendiendo los objetivos planteados en el apartado anterior, seleccionamos la visita personalizada en la que seleccionaremos cinco módulos del museo relacionados con la química y las reacciones químicas y el taller de Lavoisier de reacciones químicas.

3. Generación de Expectativas y Motivación

Para despertar la curiosidad y el interés de los estudiantes en la visita al museo, es importante generar expectativas positivas y fomentar la motivación. Se pueden utilizar diversas estrategias para lograr este objetivo, como:

- **Presentar imágenes y videos atractivos del museo:** Mostrar fotografías y videos de las exhibiciones más llamativas e interesantes del MUDIC.
- **Compartir anécdotas y experiencias personales:** Relatar historias sobre visitas previas al museo o sobre experiencias relacionadas con la ciencia y la tecnología.
- **Organizar una lluvia de ideas:** Invitar a los estudiantes a compartir sus expectativas sobre lo que esperan aprender y descubrir durante la visita.

4. Organización y Logística de la Visita

La planificación detallada de la visita es crucial para garantizar una experiencia fluida y bien organizada. El docente debe considerar aspectos como:

- **Transporte:** Seleccionar el medio de transporte más adecuado para llegar al museo, considerando el tiempo y el costo.
- **Duración de la visita:** Establecer un tiempo adecuado para la visita, teniendo en cuenta la edad y el nivel de atención de los estudiantes.
- **Distribución de grupos:** Dividir a los estudiantes en grupos pequeños para facilitar la exploración y la participación en las actividades.
- **Normas de comportamiento:** Establecer reglas claras y precisas para el comportamiento dentro del museo, asegurando el respeto y la seguridad de todos.

En el caso de nuestra visita al MUDIC, contaremos con una visita guiada por divulgadores del museo. La visita comienza entre las 9 y las 10:30 y dura 3 horas. El grupo se dividirá en dos, y mientras que un grupo realiza el taller, el otro visitará las salas del museo y manipula los módulos interactivos. Esta parte dura una hora y, al finalizar, los equipos descansan para almorzar 30 minutos. Después del descanso, los asistentes se intercambian las actividades, es decir, el grupo que ha visitado las salas pasa al taller y viceversa

5. Preparación de Materiales Didácticos

La elaboración de materiales didácticos específicos para la visita al MUDIC permitirá guiar el aprendizaje de los estudiantes y facilitar la toma de notas durante la experiencia. Estos materiales pueden incluir:

- **Guías de observación:** Diseñar guías que orienten la observación de las exhibiciones, destacando los aspectos más relevantes y los conceptos clave a aprender.

- **Cuestionarios:** Elaborar preguntas que estimulen la reflexión crítica y la conexión entre los conceptos científicos y las experiencias personales de los estudiantes.
- **Fichas de trabajo:** Preparar fichas o plantillas para que los estudiantes tomen notas, dibujen esquemas o registren sus observaciones durante la visita.

El MUDIC proporciona en su página web recursos didácticos para preparar las visitas. En este caso, como hemos seleccionado el taller Lavoisier de reacciones químicas, entramos a los cursos del MUDIC y vemos que hay disponible el guion del taller y dos actividades para trabajar previamente con los alumnos. Este guion y las actividades se adjuntan en los anexos III, IV y V.

Fase 2: Durante la Visita

La segunda fase de la propuesta metodológica se centra en la experiencia inmersiva en el museo. Esta fase consta de cuatro pasos que guían a los estudiantes a través de un viaje de aprendizaje interactivo y significativo.

1. Recorrido Guiado y Estructurado

Para maximizar el aprendizaje del estudiantado, es necesario planificar un recorrido estructurado y guiado por el museo. Aunque el museo cuenta con monitores expertos que explicaran todos los módulos y talleres, el docente debe actuar de guía experto, utilizando estrategias como:

- **Explicación clara y concisa de las exhibiciones:** Brindar información precisa y relevante sobre los conceptos científicos que se presentan en cada exhibición.
- **Uso de lenguaje adecuado a la edad:** Adaptar el lenguaje y las explicaciones al nivel de comprensión de los estudiantes, utilizando un lenguaje claro y sencillo.
- **Incorporación de ejemplos y analogías:** Utilizar ejemplos cotidianos y analogías para facilitar la comprensión de los conceptos científicos abstractos.
- **Fomento de la observación y la reflexión:** Estimular la observación atenta de las exhibiciones y promover la reflexión crítica a través de preguntas orientadoras.

2. Participación en Actividades Interactivas:

Las actividades interactivas que ofrece el museo son una herramienta invaluable para el aprendizaje experiencial. El docente debe animar a los estudiantes a participar activamente en estas actividades, promoviendo:

- **Experimentación práctica:** Permitir a los estudiantes manipular objetos, realizar experimentos y participar en demostraciones prácticas.

- **Trabajo en equipo:** Fomentar la colaboración entre los estudiantes para resolver problemas, realizar proyectos y compartir ideas.
- **Comunicación efectiva:** Incentivar la comunicación entre los estudiantes para expresar sus ideas, opiniones y conclusiones.
- **Autonomía y responsabilidad:** Brindar a los estudiantes la libertad de explorar las actividades de manera autónoma, fomentando la responsabilidad y la toma de decisiones.

3. Registro de Observaciones y Notas:

Para consolidar el aprendizaje durante la visita, es importante que los estudiantes registren sus observaciones y notas. El docente puede fomentar esta práctica mediante:

Entrega de materiales de registro: Proporcionar a los estudiantes cuadernos, bolígrafos, lápices o dispositivos electrónicos para tomar notas.

Establecimiento de pautas para el registro: Orientar a los estudiantes sobre qué aspectos deben registrar, como descripciones de las exhibiciones, observaciones personales, preguntas o ideas.

Revisión y discusión de las notas: Al finalizar la visita, dedicar tiempo para que los estudiantes compartan sus notas, discutan sus observaciones y profundicen en los conceptos aprendidos.

4. Discusión y Debate en el Museo

La discusión y el debate entre los estudiantes son herramientas poderosas para la construcción colaborativa del conocimiento. El docente puede fomentar estas interacciones mediante:

- Preguntas abiertas: Plantear preguntas que estimulen la reflexión crítica y el intercambio de ideas entre los estudiantes.
- Organización de debates: Dividir a los estudiantes en grupos para que debatan sobre temas relacionados con las exhibiciones del museo.
- Técnicas de dinámica de grupo: Utilizar técnicas como el "brainstorming" o el "role-playing" para fomentar la participación y la colaboración entre los estudiantes. El "brainstorming" es una técnica grupal para generar multitud de ideas sobre un tema específico para, posteriormente, determinar cuales presentan una mejor alternativa. El "role-playing" es una técnica en la que los participantes representan un personaje en una situación grupal y social determinada, que puede utilizarse como marco de referencia común para que los participantes inicien una discusión determinada.

Fase 3

La fase 3 de la propuesta metodológica se centra en consolidar y aplicar los aprendizajes obtenidos durante la experiencia en el MUDIC. Esta fase se compone de cuatro pasos que tienen como objetivo que los estudiantes

internalicen los conceptos aprendidos y los conecten con su vida diaria y con sus conocimientos previos.

1. Puesta en Común y Reflexión

Para evaluar si se han conseguido los objetivos propuestos inicialmente y obtener retroalimentación, se realiza una puesta en común en la que los estudiantes compartan sus experiencias, aprendizajes y reflexiones sobre la visita al museo. Esta actividad puede orientarse por parte del docente a partir de las siguientes estrategias:

- **Organización de un círculo de debate**, donde el alumnado comparta su experiencia de manera abierta y respetuosa.
- **Utilización de preguntas orientadoras** que guíen y estimulen la reflexión crítica del alumnado sobre los conceptos aprendidos.
- **Fomento de la escucha activa**, para que el alumnado escuche atentamente las experiencias y opiniones de sus compañeros.
- **Valoración del aprendizaje individual y colectivo**, reconociendo los logros individuales y colectivos del estudiantado, destacando su participación activa y su capacidad de aprendizaje.

2. Elaboración de Trabajos

Para consolidar el aprendizaje, puede proponerse la realización de trabajos que profundicen en los conceptos aprendidos y trabajados durante la visita. Estos trabajos pueden ser:

- **Informes.** Elaborar informes que resuman los conceptos clave de las exhibiciones visitadas, las actividades realizadas y las reflexiones personales sobre la experiencia.
- **Presentaciones.** Preparar presentaciones multimedia que sinteticen los aprendizajes obtenidos, utilizando recursos visuales y explicaciones claras.
- **Proyectos.** Desarrollar proyectos creativos que apliquen los conceptos científicos aprendidos en el museo a situaciones reales o problemas cotidianos.
- **Investigaciones.** Realizar investigaciones sobre temas relacionados con las exhibiciones del museo, utilizando diversas fuentes de información y analizando datos de manera crítica.

3. Conexión con el Currículo Escolar

Es crucial establecer una conexión entre la experiencia vivida en el MUDIC y los contenidos curriculares que se están trabajando en clase. El docente puede lograr esta integración mediante:

- **Revisión de los conceptos curriculares:** Identificar los conceptos del currículo escolar que se relacionan con las temáticas abordadas en el museo.
- **Planificación de actividades en el aula:** Diseñar actividades de aprendizaje en el aula que profundicen en los conceptos aprendidos en el museo y los conecten con otros contenidos curriculares.
- **Utilización de materiales del museo:** Incorporar materiales didácticos del museo, como imágenes, videos o guías de observación, en las actividades de clase.
- **Fomento de la transferencia del aprendizaje:** Estimular a los estudiantes a aplicar los conceptos aprendidos en el museo a otras áreas del conocimiento y a situaciones de la vida real.

4. Reflexión Crítica

Para identificar las áreas de mejora y sugerir estrategias para futuras visitas educativas, es esencial fomentar la reflexión crítica del alumnado sobre su experiencia en el museo. Para guiar esta reflexión pueden utilizarse estrategias como:

- **Preguntas abiertas:** Plantear preguntas que inviten a los estudiantes a reflexionar sobre su propio aprendizaje, su participación en las actividades y el logro de los objetivos.
- **Análisis de fortalezas y áreas de mejora:** Identificar los aspectos positivos y negativos de la experiencia, considerando la participación individual y grupal, la comprensión de los conceptos y la aplicación de las habilidades.
- **Sugerencias para futuras visitas:** Proponer estrategias para mejorar las próximas visitas al museo, considerando la selección de actividades, la organización del tiempo y la preparación de los estudiantes.

Como conclusión, la presente propuesta metodológica para la visita al Museo de Ciencias MUDIC de Orihuela con estudiantes de 3º ESO en el contexto del tema de las reacciones químicas se presenta como una herramienta didáctica innovadora y eficaz para el aprendizaje significativo y relevante.

La propuesta se basa en una sólida base teórica que integra las competencias clave y saberes básicos del currículo con los principios del aprendizaje activo, colaborativo y experiencial. Se estructura en torno a objetivos SMART y aprovecha las características únicas del MUDIC de Orihuela como entorno de aprendizaje informal. Además, promueve el desarrollo de las competencias clave del currículo de 3º ESO, especialmente la competencia científica y tecnológica, la competencia de comunicación lingüística y la competencia social y cívica.



Esta propuesta, alineada con las directrices del TFM, aporta una contribución original al campo de la didáctica de las ciencias, ofreciendo una herramienta práctica y eficaz para la enseñanza y el aprendizaje de las reacciones químicas en la educación secundaria. Se recomienda su implementación y evaluación en el contexto de un TFM para analizar en profundidad su impacto en el aprendizaje de los estudiantes.



5. Conclusiones

Como hemos visto a lo largo del presente trabajo, las visitas a museos de ciencias pueden convertirse en una herramienta didáctica efectiva en el contexto de la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. La implementación de una metodología en tres fases (antes, durante y después de la visita) basada en el marco teórico del Learner Integrated Field Trip Inventory (LIFTI), permite integrar de manera efectiva los contenidos curriculares con las experiencias prácticas e interactivas que ofrecen los museos. Esta metodología no solo enriquece el aprendizaje formal, sino que también fomenta un aprendizaje activo y significativo, permitiendo a los estudiantes interactuar directamente con los conceptos científicos y desarrollar competencias clave.

Otro aspecto crítico es la variabilidad en la implementación de las visitas, donde la eficacia de estas depende en gran medida de la planificación y de la capacidad del docente para integrar la experiencia del museo en el aula de manera coherente y efectiva.

Además, también es conveniente realizar investigaciones empíricas que evalúen cuantitativa y cualitativamente el impacto de las visitas en el aprendizaje de los estudiantes. Por otro lado, también es importante proporcionar a los docentes una adecuada formación en la planificación y ejecución de estas visitas. Por todo esto, abordar estas limitaciones y seguir investigando permitirá optimizar la implementación de las visitas a museos de ciencias como una herramienta educativa transformadora.



6. Referencias

- Abenza Bernal, E., & Robles Moral, F. J. (2022). Los Museos de Ciencias como recurso didáctico para la Educación Secundaria. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 42, 65. <https://doi.org/10.7203/dces.42.19126>
- Coll, S., Coll, R., & Treagust, D. (2018a). 2018 (LIFTI), social constructivism, collaborative learning. In *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education* (Vol. 26, Issue 4).
- Coll, S., Coll, R., & Treagust, D. (2018b). Making the Most of Out-of-School Visits: How does the Teacher Prepare? Part I: Development of the Learner Integrated Field Trip Inventory (LIFTI). In *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education* (Vol. 26, Issue 4).
- Contreras-Baeza, F. (2021). Aprender ciencias con visitas escolares: Características y dificultades desde el profesorado. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 15(1). <https://doi.org/10.1344/reire.37189>
- Friedman, A. J. (2010). The evolution of the science museum. *Physics Today*, 63(10), 45-51. <https://doi.org/10.1063/1.3502548>
- Gerrard, D. (2020). Enhancing Science Learning through Learning Experiences outside School (LEOS): A review. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20(3), 574–584. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00104-8>
- Guisasola, J., Jordi, S., Barragues, J.-I., Morentin, M., Moreno, A., & Stu, A. M. (2009). Students' Understanding of the Special Theory of Relativity and Design for a Guided Visit to a Science Museum. *Science Museum. International Journal of Science Education*, 15, 2085–2104. <https://doi.org/10.1080/09500690802353536i>
- Janousek, I. (2000). *The `context museum ': integrating science and culture*. 52(208), 21–24.
- Pascual, M. M., & Aranzabal, J. G. (2014). La visita a un museo de ciencias en la formación inicial del profesorado de Educación Primaria. In *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (Vol. 11, Issue 3).
- Pedretti, E., & Iannini, A. M. N. (2020). Towards Fourth-Generation Science Museums: Changing Goals, Changing Roles. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20(4), 700–714. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00128-0>
- Punzalan, C. H., & Escalante, L. M. (2021). Museum Trip to Enrich Environmental Awareness and Education. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 11, 13–23.



- Rajala, A., & Akkerman, S. F. (2019). Researching reinterpretations of educational activity in dialogic interactions during a fieldtrip. *Learning, Culture and Social Interaction*, 20, 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2017.10.006>
- Rigo, D. Y., Melgar, F., & Elisondo, R. C. (2020). Museo y compromiso. Estudio de percepciones de estudiantes sobre una experiencia educativa. *Sinéctica*, 55. [https://doi.org/10.31391/s2007-7033\(2020\)0055-004](https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2020)0055-004)
- Shaby, N., Ben-Zvi Assaraf, O., & Tal, T. (2019). An examination of the interactions between museum educators and students on a school visit to science museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(2), 211–239. <https://doi.org/10.1002/tea.21476>
- Shaby, N., & Vedder-Weiss, D. (2020). Science identity trajectories throughout school visits to a science museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(5), 733–764. <https://doi.org/10.1002/tea.21608>
- Souza, V. M., Bonifácio, V., & Rodrigues, A. V. /. (2023). School Visits to Science Museums: A Framework for Analyzing Teacher Practices. *Journal of Science Teacher Education*, 34(4), 329–351. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2022.2103010>



7. Anexos

7.1. Anexo I: Salas MUDIC

Aulas para experimentar		
Sala	Descripción	Módulos
Isaac Newton	Esta sala temática ofrece una experiencia interactiva sobre la luz. Los visitantes experimentarán con la cámara oscura, la reflexión, refracción, fosforescencia, polarización y visión del color. Además, descubrirán el efecto fotoeléctrico y la historia del infrarrojo.	<ul style="list-style-type: none"> - Ojo - Cámara oscura - Sala de espectroscopía - Color - La luz es un corpúsculo - Laboratorio de fotografía - Radar - Ampliadora - Herschel, descubrimiento del infrarrojo - Retroproyector - Reflexión, refracción - Sala de los espejos - Espejos en ángulo - Múltiples imágenes - Confundir al cerebro - Bola de plasma - Microscopio petrográfico - Espejos - La luz es una onda - Polarización - Cabeza parlante
Charles Darwin	En esta sala los visitantes experimentarán la física y la química de forma interactiva: dispararán cañones de etanol, realizarán experimentos y comprobarán la Teoría de la Relatividad.	<ul style="list-style-type: none"> - Barómetro de Torricelli. Termómetro de Galileo. - Luz de magnesio - Péndulo de Foucault - Giroscopio - Pila química - Armonógrafo - Simetrías - Estructura de la Tierra - Teorema de Pitágoras - El círculo contra la gravedad - Cañón de etanol - Frío - Cicloide - Ascensor relativista - Silla de pesar astronautas

		<ul style="list-style-type: none"> - Varas, sextante - Telurio
Maria Sklodowska	<p>En esta sala los visitantes explorarán la física con billar elíptico, generarán electricidad con autos de juguete y música con Theremin. Controlarán robots, descubrirán el cálculo pre-electrónico, el cuerpo humano y observarán la vida celular y un hormiguero</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cerebro - Corazón - Cuerpo humano - Ojo morfológico - Cadena ADN - Construir un edificio - Experiencia de Oersted - Experiencia de Faraday - Evolución - Máquina de Dalton - Microscopio - Central hidroeléctrica - División celular - Calculadoras - Mesa de billar elíptica - Scalextric - Theremin - Robot cubo de Rubik

Tabla 3. Aulas para experimentar del MUDIC. Fuente: MUDIC Jesús Carnicer VBS-CV <https://mudic.es/el-museo/#salas>

7.2. Anexo II: Talleres primaria y secundaria MUDIC

Talleres primaria y secundaria (8-17 años)	
Taller STEAM. Con la música a otra parte.	Taller Pascal. Mecánica y Equilibrio.
Taller de Matemáticas. Mosaicos	Taller de matemáticas: Alan Turing: Construcción de una Rueda de cifrado Cesar.
Taller STEAM Dalton. Meteorología y cambio climático.	Taller de Matemáticas. Matemagia.
Taller STEAM Daguerre. Fotografía estenopeica.	Taller de matemáticas Sólidos platónicos
Taller Foucoult. Óptica	Taller Maxwell. Electromagnetismo.
Taller Henrietta Swan Leavitt. Planetario.	Taller de salud
Taller Hertz. Energías renovables.	Siembra y cosecha en el huerto Ernest Borlaug.

Taller STEAM Hypatia. Relojes de sol	Jardín mendeliano
Taller Lavoisier. Reacciones químicas	

Tabla 4. Talleres primaria y secundaria MUDIC. Fuente: MUDIC Jesús Carnicer VBS-CV <http://museociencias.mudic.es/course/index.php?categoryid=10>

7.3. Anexo III. Guión del taller Lavoisier



Guión Taller Lavoisier.

Reacciones reversibles e irreversibles. Equilibrio químico.

Escritura mágica.

Simplemente agitando cambia de color.

Enfriando y calentando también conseguimos diferentes colores.

Vino mágico.

Fabricando monedas de oro.

Soplas y sabemos si has tomado alcohol.

El billete que no se quema.

El globo de agua no explota.

Alambre con memoria.

Disolviendo el corcho blanco.

Con luz ultravioleta todo parece distinto.

Diferentes colores según la sustancia.

El agua ha desaparecido.

Ilustración 2. Guión taller Lavoisier Fuente: MUDIC Jesús Carnicer VBS-CV <http://museociencias.mudic.es/course/view.php?id=26>

7.4. Anexo IV. Actividad previa 1



Los cambios de color son fáciles en química.

En la vida cotidiana realizamos muchas reacciones químicas, pero no somos conscientes de ello. En muchos casos porque nuestros sentidos no perciben ningún cambio. Seguramente por eso los químicos utilizaron pronto sustancias que les indicaran las reacciones químicas visualmente, utilizaron los indicadores.

Tu puedes fabricar un excelente indicador químico casero que te puede servir para detectar un tipo de reacciones muy famosas en Química, las reacciones ácido base.

Cuece unas hojas de col lombarda en agua. Son suficientes un par de hojas en 500 cm³ de agua (una botella de agua pequeña).

Si proporcionas a tus alumnos un vaso pequeño de plástico transparente y les colocas en él una pequeña cantidad de el colorante que has fabricado podrás hacer con ellos unos experimentos espectaculares, utilizando solo productos caseros.

Añade primero un poco de vinagre al vaso en el que has puesto la col lombarda. Observarás que el color azul violeta pasa a rojo. El vinagre es una disolución de ácido acético en agua y la col lombarda tiene unas sustancias llamadas antocianinas que cambian de estructura según el medio es ácido o básico y su color depende de la estructura, rojo con los ácidos, azul violeta con las sustancias neutras y azul hasta verde con las bases.

Puedes pedir a tus alumnos que respondan a la pregunta de qué pasará si añado a la disolución de color rojo un poco de bicarbonato, indicándoles que el bicarbonato es una base. Seguramente intuirán que cada vez el medio va a ser menos ácido y que el color va a cambiar hasta pasar a azul. El bicarbonato es una base muy débil, por lo que difícilmente llegarás al verde, pero si en vez de bicarbonato utilizas el amoníaco de limpieza puedes llegar al verde. El amoníaco es bastante tóxico, así que es mejor que esta última parte la hagas tu.



Ilustración 3. Actividad previa 1. Fuente: MUDIC Jesús Carnicer VBS-CV
<http://museociencias.mudic.es/course/view.php?id=26>

7.5. Anexo V. Actividad previa 2



¿Por qué el fuego no puede con el agua?

Los incendios se apagan con agua, al menos la mayoría y por qué se utiliza el agua. Vamos a hacer una sencilla experiencia que tal vez nos aclare el porqué del uso del agua para apagar incendios.

Pedimos a nuestros alumnos que llenen un globo de los de aire pequeños con agua, no hace falta que se llene completamente, basta con que se llene un poco. Después lo atan y lo cogen por el nudo que han hecho, el agua quedará en la parte de abajo del globo y el aire en la parte de arriba.

Les pedimos ahora que enciendan una cerilla y la acerquen a la parte baja del globo, la que está con el agua. Mejor antes les pedimos que predigan qué pasará si acercamos una cerilla encendida a esa parte del globo. Veremos que se deposita en la goma del globo un poco de carbonilla, pero el globo no explota.

¿Qué pasará si acercamos ahora la cerilla a la parte de arriba del globo, la que contiene aire? Ahora sí el globo explota y por eso conviene que esto último se haga encima de un recipiente que pueda recoger el agua cuando el globo explota.

Esto es fácil de explicar si utilizamos el concepto de calor específico que es la propiedad que tienen los cuerpos por la cual cambian más o menos de temperatura cuando absorben o pierden el mismo calor. Es muy fácil de entender y tú mismo podrás decirme ¿qué sustancia tiene más calor específico, la arena de la playa o una cuchara de acero? Imagina que en verano vas descalzo por la arena de la playa, justo puedes soportar el calor que absorben tus pies, pero resistes, pero imagina que alguien ha abandonado una cuchara de acero en la arena ¿qué ocurre si la pisas? Sólo imaginarlo duele por la quemadura. Está claro la arena tiene más calor específico que el acero y han absorbido el mismo calor, pero la arena está a unos 38°C y la cuchara a más de 100°C.

Lo mismo ocurre en el globo, el agua tiene 4 veces más calor específico que el aire. Así que cuando le arrimamos la cerilla la parte del agua aumenta muy poco la temperatura y la parte del aire mucho.



Ilustración 4. Actividad previa 2. Fuente: MUDIC Jesús Carnicer VBS-CV
<http://museociencias.mudic.es/course/view.php?id=26>

