

Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA

Diseño de una situación de aprendizaje por indagación basada en una marcha analítica para la caracterización cualitativa de soluciones

Design of an inquiry-based learning situation based on a systematic qualitative analysis (analytical scheme) for the qualitative characterization of solutions

Alumno: Leandro Javier Torales Paradeda

Especialidad: Física, Química y Tecnología

Director: Alfredo Franco Pérez

Curso académico: 2024-2025

Fecha: septiembre 2025

A mi familia y a mis amigos —Álvaro, Ángela, Antonio y Diego—, por vuestro cariño y apoyo incondicional.

Resumen

En el presente Trabajo Fin de Máster se plantea una situación de aprendizaje basada en la indagación para Física y Química de 3º de ESO, con una marcha analítica simplificada como hilo conductor. La propuesta busca favorecer que la entrada al laboratorio se traduzca en experiencias de investigación con sentido, promoviendo decisiones fundamentadas en evidencias y hábitos de seguridad y sostenibilidad. Se articula mediante metodologías activas como ABR y trabajo cooperativo e incorpora principios DUA para garantizar que todos puedan participar y aprender. En coherencia con la LOMLOE, se prioriza el desarrollo competencial como el pensamiento científico, comunicación, autonomía; a su vez, se alinea con los ODS a través de prácticas de laboratorio significativas.

Palabras clave: Indagación guiada, marcha analítica, gestión de residuos, aprendizaje basado en retos (ABR).

Abstract

This master's dissertation proposes an inquiry-based learning situation for Physics and Chemistry in the third year of lower secondary education (3º ESO), using a simplified qualitative analytical scheme as the organizing thread. The aim is to ensure that laboratory entry leads to meaningful research experiences, fostering evidence-based decision-making and habits of safety and sustainability. The design is structured around active methodologies such as Challenge-Based Learning (CBL) and cooperative learning and incorporates Universal Design for Learning (UDL) principles to ensure that all students can participate and learn. In coherence with Spain's LOMLOE framework, it prioritizes competency development—including scientific thinking, communication, and autonomy—and aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs) through meaningful, laboratory-based practices.

Keywords: Guided inquiry, qualitative analytical scheme, laboratory waste management, challenge-based learning (CBL).

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ESTADO DE LA CUESTIÓN	5
2.1	La indagación en la enseñanza de las ciencias: concepto, definición y niveles.	5
2.2	Beneficios y retos de la indagación en la enseñanza de las ciencias.	8
2.3	Indagación y currículo competencial en la LOMLOE.	12
2.4	La marcha analítica: definición y relación con la indagación.....	13
3	OBJETIVOS	17
3.1	Objetivo general.....	17
3.2	Objetivos específicos.....	17
4	SITUACIÓN DE APRENDIZAJE	18
4.1	Descripción de la situación de aprendizaje.	18
4.2	Metodología.....	19
4.3	Conexión con los elementos curriculares.....	20
4.4	Vinculación de la situación de aprendizaje con los ODS.....	21
4.5	Secuenciación de actividades.....	23
4.6	Medidas de atención a la diversidad.....	32
4.7	Evaluación.....	34
5	CONCLUSIONES	37
6	REFERENCIAS.....	41
7	ANEXOS	45
7.1	Actividad en el laboratorio.....	45
7.2	Tabla operativa para el desarrollo de las sesiones de laboratorio.	46
7.3	Esquema de marcha analítica rellenable.....	47
7.4	Rúbrica de coevaluación.	48
7.5	Rúbrica de autoevaluación.....	49
7.6	Rúbrica de evaluación de las sesiones de laboratorio.....	50
7.7	Rúbrica de evaluación del informe de prácticas.....	51
7.8	Rúbrica de evaluación de la presentación.....	52
7.9	Definiciones: competencias específicas y criterios de evaluación.....	53
7.10	Definiciones: competencias clave y descriptores del perfil de salida.....	55

1 INTRODUCCIÓN

En mi periodo como alumno de ESO, tuve escaso contacto con el laboratorio. En realidad, no fue hasta 4º ESO, y solo por haber elegido una materia optativa, cuando pude manipular materiales de laboratorio y experimentar de cerca lo que implica la ciencia. Esta vivencia contrasta con lo que debería ser una formación en Física y Química estimulante y competente, donde el laboratorio se transforme en un lugar privilegiado para adquirir conocimientos observando, manipulando y reflexionando sobre la evidencia (Hofstein & Lunetta, 2004). Con la llegada de la LOMLOE se observa una integración cada vez mayor del trabajo experimental desde niveles más tempranos, en particular en el 2 y 3 ESO, algo que también observé durante mis prácticas de máster. Sin embargo, esta incorporación no siempre resulta en propuestas estructuradas ni con un objetivo definido más allá de "realizar prácticas". A pesar de que se utiliza el laboratorio, las actividades suelen tener un formato de "receta" con una demanda cognitiva reducida (Abrahams y Millar, 2008). Además, hay pruebas de que los laboratorios en la ESO en España son desaprovechados (COSCE, 2011), lo que contribuye a la percepción de ser espacios a menudo vacíos.

La brecha que se abre se encuentra entre un marco legislativo y pedagógico que prioriza la obtención de habilidades mediante métodos activos y el fomento del pensamiento científico, y una realidad escolar en la que las prácticas de laboratorio, cuando se llevan a cabo, frecuentemente se limitan a actividades monótonas, mecánicas y con poca relación con problemas relevantes (Abrahams & Millar, 2008; Hofstein & Lunetta, 2004). Esta circunstancia hace que numerosos estudiantes perciban el laboratorio más como una anécdota que como una experiencia educativa.

En respuesta a esta demanda, la presente situación de aprendizaje busca responder mediante la elaboración de una situación de aprendizaje por indagación, que incluye el bloque de conocimientos E. El cambio, de Física y Química orientado a 3º ESO. La situación de aprendizaje se centra en un desafío (*¿Cuál es la composición de la disolución misteriosa?*). Para solucionar este problema, los alumnos tendrán que actuar como científicos, llevando a cabo

pruebas cualitativas en el laboratorio, desarrollando en el proceso un esquema de una marcha analítica, respaldando sus hallazgos con pruebas y sugiriendo, finalmente, métodos seguros para manipular y eliminar la disolución misteriosa. Así, la práctica experimental deja de ser un objetivo por sí sola y se transforma en un instrumento para generar aprendizaje significativo y transferible (Hofstein & Lunetta, 2004).

Este enfoque se ajusta a la lógica de la indagación guiada, un método que posibilita que los alumnos experimenten el proceso científico en primera persona, pero con una guía pedagógica que garantiza la rigurosidad y el desarrollo. El valor de esta metodología reside en que no exige memorizar únicamente las leyes o las reacciones químicas, sino que impulsa a que estas se apliquen y cobren sentido en un problema práctico.

Para que esa indagación no se quede en una experiencia abstracta, la situación de aprendizaje enfatiza la visualización del conocimiento químico, articulando de forma explícita los tres planos que el alumnado debe coordinar para comprender: lo macroscópico (lo que se observa), lo submicroscópico (lo que se infiere que ocurre entre partículas) y lo simbólico (cómo se representa y comunica) (Johnstone, 2000; Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003).

Esta situación de aprendizaje está diseñada para reducir la abstracción inherente a la química buscando conectar esos tres planos que el alumnado suele percibir como separados. En Sesión 2, cada ensayo ofrece señales visuales nítidas como cambios de color, aparición de turbidez o precipitados, efervescencia, entre otros que funcionan como “anclas” perceptivas. El control en blanco aporta un patrón de comparación estable, de modo que el ojo del estudiante aprende a discriminar si el cambio observado es debido al analito o no. Estas evidencias, registradas en bruto en la hoja de laboratorio, se convierten en el punto de partida para explicar con palabras sencillas qué ha pasado a nivel molecular (por ejemplo: se han unido iones para formar un sólido que ya no se disuelve) y traducirlo a notación científica (ecuaciones químicas simples) cuando proceda. El esquema de la marcha analítica funciona como estructura visual del pensamiento, mostrando, a simple vista, el camino de decisiones que se extiende

desde una observación concreta hasta una conclusión operativa. Por lo tanto, el diagrama funciona como mapa cognitivo que fusiona observaciones y lenguaje químico, permitiendo a la clase puede detectar lagunas o incoherencias. Además, la situación de aprendizaje incorpora recursos visuales cotidianos que rebajan la carga abstracta sin añadir complejidad: pictogramas de seguridad, listas de comprobación con iconos (equipos de protección individual, segregación de residuos) y tablas. La gestión de residuos también se vuelve visible, los precipitados se ven, se recogen y se consignan en la parte de residuos, cerrando el ciclo entre el fenómeno observado y su implicación técnica y ambiental. En conjunto, el alumnado no solo mira la química: la lee, la representa y la defiende, hilando lo que ocurre en el tubo de ensayo con lo que se decide en el informe. Ese tránsito sostenido entre macro, micro y lo simbólico, apoyado en el esquema de la marcha lo que convierte una materia potencialmente abstracta en una experiencia comprensible, recordable y con sentido. Además, al hacer visibles los criterios de evaluación y ofrecer retroalimentación formativa durante todo el, se potencia el aprendizaje del alumnado (Black y Wiliam, 1998).

2 ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1 La indagación en la enseñanza de las ciencias: concepto, definición y niveles.

La Indagación Basada en la Investigación Escolar (IBSE por sus siglas en inglés Inquiry-Based Science Education) es un enfoque educativo que promueve que los estudiantes “aprendan ciencia haciendo ciencia” (learn science by doing science), realizando investigaciones guiadas por preguntas y siguiendo etapas del método científico tanto en laboratorios virtuales como con materiales físicos (NRC, 2000, p. 13, 25). Este planteamiento no es nuevo; ya a comienzos del siglo XX, John Dewey (1910) propuso enseñar la ciencia no como un compendio de hechos aislados, sino como un proceso activo de razonamiento. Dewey criticaba que la enseñanza científica ponía demasiado énfasis en los hechos y no en “cómo pensar acerca de cómo funciona la ciencia”, y advertía que presentar la ciencia como conocimiento “ya hecho” en lugar de como un método efectivo de indagación privaba a los alumnos de aprender a pensar desde una perspectiva científica (Barrow, 2006, pp. 266, 267).

Este enfoque revolucionario sembró la idea de concebir el aprendizaje de las ciencias como un proceso en el que el estudiante participa directamente en la construcción del conocimiento (NRC, 2000, p. 24). Con el tiempo, la propuesta de Dewey se fue consolidando y hoy la indagación científica es un eje central en los currículos de ciencias, ya que existe consenso en la comunidad científica y educativa de que el alumnado debe “experimentar la indagación” en clase de ciencias para desarrollar modos de pensar científicos y favorecer aprendizajes significativos (NRC, 2000, pp. 3, 24, 25).

Participar en actividades de indagación permite al estudiante entender qué significa hacer ciencia y formar parte de una comunidad científica, a la vez que aumenta su motivación y mejora sus actitudes hacia la disciplina (OECD, 2019). En suma, la IBSE se ha consolidado como una metodología activa que integra tanto la adquisición de conocimientos científicos como el desarrollo de habilidades de investigación en el aula (Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2007, p.

100).

No obstante, el término indagación ha sido empleado de diversas formas y no existe una definición única y definitiva de IBSE en la literatura científica. Diferentes autores y organizaciones enfatizan matices distintos según sus experiencias o necesidades, si bien todas comparten una base común centrada en el aprendizaje a través de la exploración y la investigación. Por ejemplo, el National Research Council (NRC) de EE.UU. define la indagación científica como el proceso mediante el cual tanto los científicos como los estudiantes investigan y entienden el mundo. De forma que, se formulan preguntas, recopilan pruebas o evidencias y elaboran explicaciones fundamentadas. En su guía clásica, el NRC detalla cinco rasgos esenciales de la indagación en el aula: (a) el aprendiz se involucra en preguntas científicamente orientadas; (b) da prioridad a la evidencia para responder a esas preguntas; (c) formula explicaciones a partir de la evidencia; (d) conecta esas explicaciones con el conocimiento científico existente; y (e) comunica y justifica las explicaciones propuestas. De modo similar, otros autores describen la IBSE como un proceso en el que se involucra al alumnado en el uso del pensamiento crítico, que incluye plantear interrogantes, diseñar y llevar a cabo investigaciones, interpretar datos como evidencias, construir argumentos y comunicar resultados (Crawford, 2014, p. 515). Resumiendo, la indagación implica que el estudiante adopte un papel mucho más activo semejante al del científico, de forma que, realiza observaciones, se cuestiona fenómenos, realiza experimentos, recopila datos, extrae conclusiones y reflexiona sobre el proceso. Dado el abanico de definiciones existentes, en este trabajo se adoptará una definición operativa de IBSE que engloba esos elementos comunes: la indagación científica escolar se entenderá como un enfoque didáctico en el que el alumnado aprende ciencias participando de forma activa y directa en investigaciones, desarrollando competencias de pensamiento crítico y habilidades propias del quehacer científico (plantear preguntas, investigar, analizar datos y comunicar resultados basados en evidencias).

La literatura especializada distingue diferentes modalidades o niveles de indagación en función del grado de autonomía que se le otorga al alumnado

durante el proceso. Lisa Martin-Hansen (2002, pp. 35, 37) sugiere una clasificación que divide la práctica de indagación en cuatro niveles, dependiendo del nivel de independencia que se otorga al alumno.

1. Indagación estructurada: El docente define la pregunta o la interrogante que se desea estudiar, el método y los recursos. El estudiante sigue directrices de manera gradual, similar a una receta de laboratorio. Es el método más orientado y menos enfocado en el estudiante.
2. Indagación guiada: El docente es el encargado de plantear la pregunta, sin embargo, son los propios alumnos los que deben elaborar el método experimental y examinar los resultados. Se requiere de una mayor toma de decisiones por parte de los estudiantes.
3. Indagación abierta: De todas es la que mayor autonomía requiere por parte del alumnado. El estudiante se encarga de plantear sus propios interrogantes, planificar la investigación de inicio a fin, recopila datos y posteriormente, transmite los resultados.
4. Indagación acoplada: Fusiona la investigación guiada y abierta. Primero se lleva a cabo una investigación supervisada por el docente y luego se lleva a cabo una investigación libre fundamentada en cuestiones planteadas por los propios estudiantes basándose en su experiencia anterior.

Cada tipo de indagación tiene su lugar y propósito didáctico. Por ejemplo, la indagación estructurada resulta útil al introducir por primera vez a los alumnos en prácticas de laboratorio o cuando se dispone de poco tiempo y se desea focalizar en conceptos concretos; mientras que la indagación abierta permite desarrollar al máximo las competencias científicas del alumnado como la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas, aunque implica mayores desafíos tanto para el estudiante porque debe organizar su propio trabajo como para el docente que debe gestionar la libertad dada manteniendo el rigor científico. En cualquier caso, todas las modalidades de IBSE comparten la idea central de que el estudiante construye activamente su aprendizaje a través de la exploración y la investigación, mientras que el docente actúa como guía, facilitador y fuente de apoyo durante el proceso.

2.2 Beneficios y retos de la indagación en la enseñanza de las ciencias.

La implementación de IBSE en la educación muestra múltiples ventajas pedagógicas avaladas por la investigación. Al colocar al alumno en el papel de "investigador" se fomenta aprendizajes más activos, independientes y significativos. En contraposición a la enseñanza expositiva tradicional, la IBSE consigue que los alumnos "adquieran un aprendizaje más activo, autónomo y motivado" cuando exploran de manera autónoma un concepto científico (NRC, 2000, pp. 25, 27). A partir del estudio llevado a cabo por Asay & Orgill (2010, pp. 57, 60) se puede afirmar que los alumnos alcanzan una comprensión más profunda de los saberes adquiridos en clase cuando se produce a través de la indagación. Esto es debido a que esta metodología les permite poner en práctica los conocimientos desarrollados en clase, al mismo tiempo que lo vinculan con datos o pruebas que ellos mismos han recolectado. De forma similar, Furtak et al. (2012, p. 300, 302) también corroboran que se produce una notable mejoría en el aprendizaje cuando se emplea la indagación guiada como metodología de aprendizaje. En particular, cuando se conecta las experiencias prácticas con lo aprendido en clase.

Otro beneficio que ofrece la indagación es que fomenta el crecimiento de habilidades de pensamiento de nivel superior, tales como el razonamiento crítico, la solución de problemas, la habilidad para argumentar y la creatividad. Una manera en la que los alumnos aprenden a respaldar o refutar ideas, gestionar la información y valorar los resultados con un sentido, es posible mediante los experimentos llevados a cabo en clase y así, se desarrolla el análisis crítico. Acercando la ciencia desde un punto de vista más experimental permite a los alumnos entender el significado de hacer ciencia y la construcción del conocimiento científico, de esta forma, se aprende a ver la ciencia como realmente es, sin adornos ni mitos (NRC, 2000, p. 21, 22, 27). Crawford (2014) coincide con esta idea y agrega que, este enfoque de permite a los estudiantes que piensen, cuestionen y creen lo que "les facilita el desarrollo de un pensamiento crítico más robusto, mediante la lógica y la evidencia" (p. 515).

La adaptación adecuada de las IBSE en el currículo también repercute en

el desempeño escolar, como demuestran varios ensayos. Un ejemplo de ello es el meta-análisis de investigaciones experimentales y cuasi-experimentales llevado a cabo por Furtak et al. (2012) donde descubrieron que las estrategias de indagación ejercen un impacto positivo global en el rendimiento académico. En particular cuando los alumnos formulan sus propias interpretaciones apoyadas en pruebas, dando espacios en clase para debatir las evidencias, y cuando el docente contribuye a vincular esas vivencias con los saberes científicos previos y formales. Igualmente, una síntesis más reciente de investigaciones (Lazonder & Harmsen, 2016) corroboró que las metodologías de enseñanza fundamentadas en la indagación son más eficaces que las estrategias expositivas convencionales siempre que el estudiantado obtenga el respaldo apropiado durante el proceso. En concreto, diversos estudios determinan que las estrategias de indagación o aprendizaje basado en el descubrimiento con un alto grado de orientación docente producen resultados superiores a las situaciones completamente libres o no guiadas, lo que subraya la relevancia de la mediación del profesor en este método. De hecho, un meta-análisis realizado por Tenenbaum et al. (2011) evidenció que los entornos de descubrimiento guiado, en los que el docente proporciona apoyo estructurado en momentos clave, generan mejoras significativas tanto en el aprendizaje conceptual como en las habilidades de razonamiento, en comparación con formatos sin guía. Esto confirma que la combinación de autonomía del estudiante y estructura del profesor constituye un marco pedagógico eficaz para favorecer la comprensión de contenidos y el desarrollo de competencias.

La implementación de IBSE también tiene un efecto muy positivo en la motivación y el compromiso del alumnado hacia las asignaturas de ciencias. De forma que, cuando los estudiantes se sienten dueños de su investigación y tienen el poder tomar decisiones, proponer ideas y ver el fruto de sus investigaciones suelen mostrar un nivel mayor de implicación y disfrute del proceso (Adler et al., 2018, pp. 2, 6). No obstante, mantener esta motivación requiere que el docente atienda las necesidades psicológicas básicas del alumnado como la competencia, autonomía y relación, evitando así que la complejidad de las tareas derive en frustración o desvinculación del proceso enseñanza-aprendizaje (Ryan

& Deci, 2000). De acuerdo con esta idea Adler et al. (2018) señala que las estrategias de “autonomía guiada” como el refuerzo positivo, la retroalimentación constructiva y la concesión de grados de libertad planificados ayudan a conseguir un sentido de pertenencia y control sobre el proyecto. De forma complementaria, Schmidt et al. (2007, pp. 94–96) argumentan que el acompañamiento estructurado en entornos de descubrimiento o indagación mediante pistas o explicaciones parciales reduce la carga cognitiva, favorece la comprensión conceptual y mantiene el interés del alumnado, incluso en fases de alta demanda cognitiva. Estas evidencias apuntan a que el equilibrio entre autonomía y apoyo no solo previene el desamparo y la desmotivación, sino que potencia aprendizajes más profundos y una implicación sostenida a lo largo de todo el proceso de indagación en el aula.

Para concluir, varios autores (Adler et al., 2018; Aditomo & Klieme, 2020) consideran que una buena configuración de las actividades de indagación que asocien de forma equilibrada la autonomía del alumno con la asistencia pedagógica favorece a la vez el aprendizaje y la motivación de los alumnos.

Por esta razón, este trabajo se presenta una situación de aprendizaje con un enfoque IBSE de tipo guiado, con la finalidad repercutir de forma positiva tanto el aprendizaje como la dedicación de los estudiantes. Ayudando a que los alumnos sientan que el proyecto les pertenece, pero facilitando el apoyo necesario para vencer los obstáculos que se presenten, como vía para prevenir o evitar la frustración.

La implementación de IBSE presenta retos que pueden afectar a la calidad del aprendizaje. La indagación científica en el aula siempre debe conservar la esencia de la investigación auténtica. Esto implica evitar caer en una visión excesivamente rígida o lineal del método científico. En muchas aulas se ha simplificado la indagación a la aplicación mecánica de una serie de pasos fijos (por ejemplo, observación → hipótesis → experimento → conclusión), pero en realidad la investigación científica no es un proceso lineal, sino iterativo y frecuentemente “desordenado”, con idas y venidas, reajuste de hipótesis, nuevas preguntas que surgen, etc... Diversos autores han advertido sobre el peligro de

transmitir una “versión simplificada y distorsionada” de la ciencia si se enseña una pseudo-indagación demasiado esquemática (Windschitl, 2004), lo que, según Osborne (2014), se produce cuando las actividades prácticas se reducen a ejercicios de tipo “receta” centrados únicamente en seguir instrucciones, sin promover la comprensión del proceso completo de investigación ni el desarrollo de habilidades. Por ello, los docentes han de procurar que incluso las actividades estructuradas conserven espacio para la sorpresa, la discusión y la reflexión, aproximándose en lo posible a la naturaleza dinámica de la ciencia. En palabras de Bjønness y Kolstø (2015, p. 224), “debe haber algún tipo de balance entre proporcionar al estudiante estructura, que apoye las características fundamentales de la investigación científica, y espacio para cultivar y expresar sus propias ideas y concepciones iniciales”. En otras palabras, el docente debe ofrecer marcos de soporte o andamiaje que asistan a los alumnos en su progreso, como, por ejemplo: plantillas, modelos o recursos digitales, entre otros, sin coartar su independencia, de esta forma se puede satisfacer las necesidades de autonomía características de la etapa, permitiéndoles descubrir sus intereses, cometer errores y tomar decisiones. Esta interacción entre estructura y espacio no solo facilita la comprensión de los procesos científicos, sino que también anima a participar y a involucrarse de verdad, posibilitando versiones más auténticas de la indagación en el aula.

Finalmente, la implementación de la IBSE también se ve condicionada por limitaciones estructurales que dificultan su desarrollo en clase. Un ejemplo claro de ello es la escasez de tiempo en los currículos (Furtak et al., 2012, p. 309). También se podría decir que los currículos están sobrecargados lo que complica la planificación de actividades indagatorias que requieran más tiempo y preparación (Crawford, 2014, pp. 524, 525). A esto se suma que muchos centros carecen de la infraestructura y los materiales adecuados para sostener experiencias de indagación de calidad, limitando su alcance real y obligando a los profesores a adaptar o reducir sus propuestas (Bjønness & Kolstø, 2015, pp. 225, 226).

2.3 Indagación y currículo competencial en la LOMLOE.

En la Educación Secundaria, la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre (LOMLOE), propone un currículo que pone el foco en el desarrollo de competencias. Bajo esta visión, los docentes somos los encargados de dar vías que permitan a los alumnos ser partícipes directos en la construcción de conocimiento, que asimilén que aprender no es solo memorizar contenidos, sino que el conocimiento es aplicable en su día a día y en el futuro cercano. La indagación a través de la asignatura Física y Química les permite plantear preguntas, diseñar y realizar experimentos, analizar con criterio la información que ellos mismos han recabado. A partir de estas actividades ligadas a la indagación se desarrollan las competencias clave que exige la LOMLOE.

Este enfoque curricular concuerda con la perspectiva propuesta por el National Research Council (2000), que percibe la indagación como un proceso donde los alumnos actúan como científicos reales. Tienen que observar su entorno, mediante la curiosidad deben plantearse preguntas, pasar a la acción recolectando pruebas y elaborar explicaciones de manera razonada con lo observado. Además, como resaltan Crawford (2014) y Asay y Orgill (2010), La indagación facilita el aprendizaje de la ciencia, ayudando a que los estudiantes entiendan la esencia de la investigación científica y su naturaleza crítica basada en pruebas y hechos.

La LOMLOE también señala la importancia de incorporar habilidades, competencias y razonamiento crítico en todas las asignaturas, lo que se vincula directamente con las contribuciones de Bjønness y Kolstø (2015), quienes subrayan la importancia de balancear la estructura y el espacio en las aulas como forma de potenciar la independencia del estudiantado sin sacrificar la rigurosidad de los saberes. Igualmente, estudios como los realizados por Furtak et al. (2012) y Lazonder y Harmsen (2016) indican que la IBSE en la modalidad guiada donde el profesor es el encargado de brindar apoyo estructurado, acaba generando mejores resultados en el desarrollo de habilidades y en la comprensión de las ideas que se exponen en clase frente a la indagación totalmente libre.

En este contexto, la implementación de la IBSE cumple con el mandato curricular de proporcionar experiencias educativas contextualizadas y relevantes, que capaciten a los alumnos para alcanzar sus metas académicas, al mismo tiempo que también para enfrentar desafíos complejos de la sociedad contemporánea presenta, de acuerdo con las directrices internacionales sobre educación científica para una ciudadanía crítica y comprometida (OECD, 2019).

2.4 La marcha analítica: definición y relación con la indagación.

La marcha analítica es una metodología secuencial de análisis cualitativo destinada a la separación y posterior identificación de iones en una muestra, mediante la aplicación ordenada de reactivos que permiten agruparlos y la realización de ensayos específicos que confirman su naturaleza (Burriel et al., 1998). Este procedimiento representa un enfoque tradicional que fusiona principios teóricos (solubilidad, equilibrio químico, reactividad...) con una labor experimental meticulosa y ordenada.

Para explicar su adaptación didáctica para la ESO, es importante destacar que el razonamiento secuencial de la marcha (probar, observar y determinar el siguiente paso) se encuentra en actividades cercanas a la vida diaria y en prácticas laborales. Algunos ejemplos específicos de la vida diaria que están vinculados con marchas analíticas:

- Piscinas y acuarios: los kits “gota a gota” para la determinación de pH, concentración de cloro y dureza del agua. Cada lectura orienta la acción posterior ajustando los parámetros oportunos, replicando un árbol de decisiones basado en reacciones químicas e indicadores.
- Jardines y huertos: los ensayos de pH y N-P-K son una forma rápida y asequible para monitorizar el estado del suelo y guiar el abonado.
- Verificación doméstica de metales y aleaciones: pruebas con ácidos de diferente fuerza permiten discriminar aleaciones mediante reacciones superficiales, una versión simplificada de spot tests.

Algunos ejemplos de marchas analíticas empleados en ámbitos profesionales:

- Operadores y técnicos ambientales: realizan análisis in situ y empleando tiras reactivas para priorizar muestras antes de la confirmación instrumental.
- Técnicos de control de calidad en farmacia y alimentación: aplican test rápidos de cribado (detección de contaminantes o verificación de materias primas) y, según el resultado, activan confirmaciones por vías más modernas que permiten cuantificar.
- Conservadores-restauradores: emplean spot tests (sulfatos, carbonatos, identificación de aglutinantes y pigmentos) para guiar decisiones de tratamiento y análisis posteriores.
- En joyería: usan pruebas ácido-base donde mediante diferentes ácidos permiten discriminar aleaciones por medio de reacciones superficiales en las joyas, una versión simplificada de spot tests.
- Sanidad: En sanidad abundan ensayos con lógica de cribado y confirmación como test de embarazo, pruebas rápidas de antígeno para gripe y COVID-19, RDT de malaria, tiras de orina (pH, glucosa, nitritos) e inmunoensayos, que orientan decisiones y luego se confirman en laboratorio.

La Ilustración 1 muestra un esquema de una marcha analítica que ha sido reducido y modificado del libro Química Analítica Cualitativa (Burriel et al., 1998), se emplea para identificar los elementos que se encuentran en una muestra de acero. A través de esta imagen se puede observar como el proceso se lleva a cabo de manera secuencial, donde se van identificando o descartando especies químicas haciendo uso de una serie de reactivos selectivos de los mismos.

ESQUEMA PARA EL ANÁLISIS DE ACEROS ESPECIALES

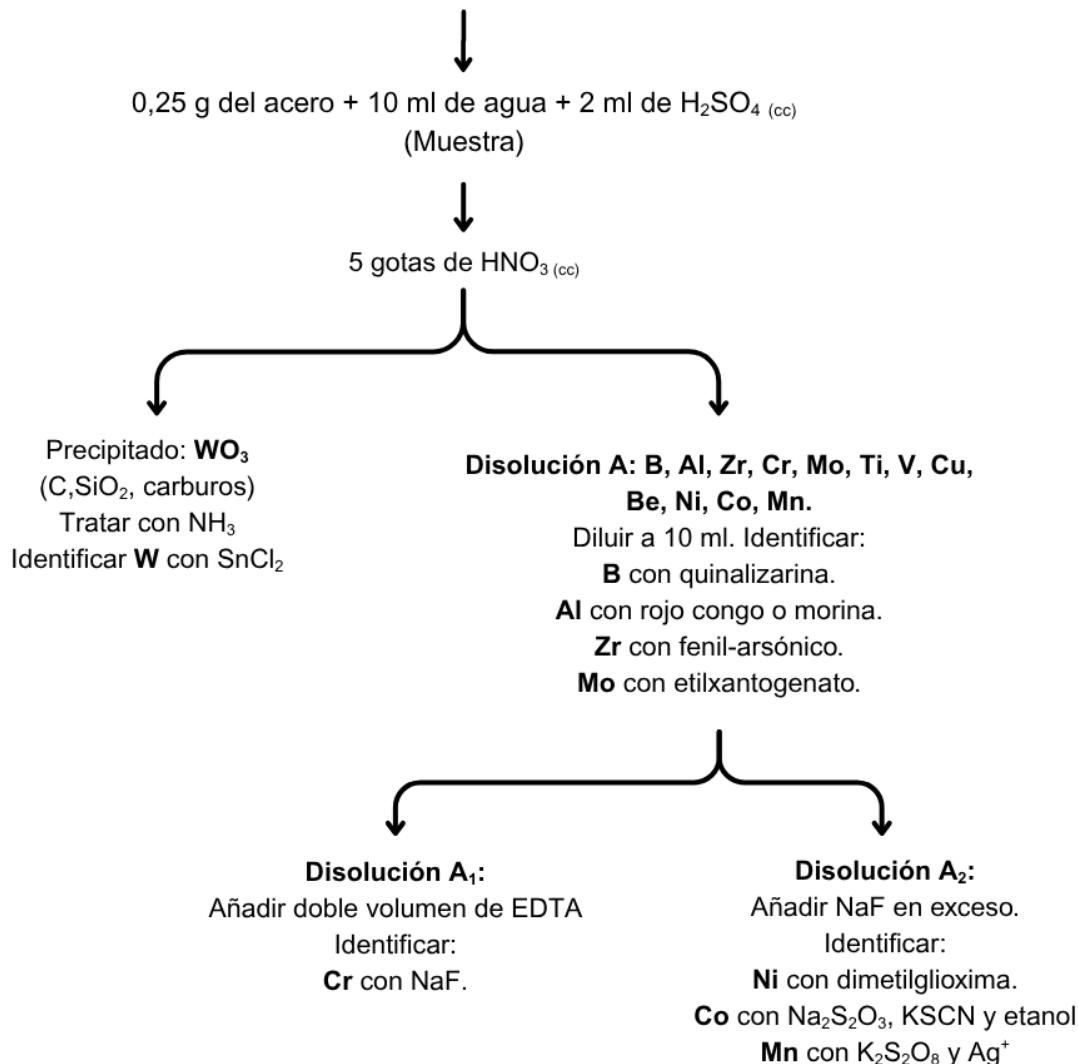


Ilustración 1. Adaptación de marcha analítica para la identificación de metales en una muestra de acero del libro *Química Analítica Cualitativa* (16.^a ed., p. 977).

Sin embargo, la intrincada naturaleza de este proceso hace que su implementación completa sea poco factible o realista en el marco educativo de la Educación Secundaria Obligatoria. Por esta razón, este proyecto pretende emplear la lógica detrás de la marcha analítica y adaptarlo un formato mucho más sencillo y comprensible para estudiantes. Las principales modificaciones que se llevaran a cabo son dos. La primera, se va a disminuir drásticamente el número de especies que se desea caracterizar. La segunda, se van a seleccionar reactivos de menor riesgo, cuya manipulación sea sencilla y segura para los alumnos.

De esta forma, se pretende que los estudiantes tengan la posibilidad de replicar la experiencia de un estudio químico real. En este ensayo de laboratorio se busca identificar compuestos químicos haciendo uso de su conocimiento sobre las reacciones químicas vistas en el aula. Para ello, deberán seguir un procedimiento estructurado, realizando observaciones experimentales y sacando conclusiones sólidas, sin correr los riesgos de una complejidad técnica desmedida para su nivel. Además, esta versión edulcorada de una marcha analítica posee todos los elementos que requiere la indagación, donde los alumnos adoptan un rol proactivo, en este caso como químicos o investigadores, ofreciendo un espacio donde puedan plantea hipótesis y corrobora sus hallazgos a través de pruebas experimentales , que posteriormente transmitirá en clase haciendo uso de diferentes formas de presentación.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general.

Diseñar y aplicar una situación de aprendizaje por indagación en un aula de 3º ESO, empleando una marcha analítica como vía para caracterizar cualitativamente una disolución.

3.2 Objetivos específicos.

- Formular hipótesis y seleccionar de manera fundamentada pruebas para la identificación, sin prescribir un camino único.
- El alumnado debe elaborar un diagrama de la marcha en equipo a partir de la evidencia experimental, vinculándolo explícitamente con los saberes del currículo (Bloque E: *El cambio*).
- Argumentar las conclusiones con evidencias experimentales empleando ecuaciones químicas sencillas.
- Aplicar las normas de seguridad (equipos de protección individual, manejo seguro del material) y gestionar los residuos generados asegurando su trazabilidad.
- Conectar los resultados con objetivos de desarrollo sostenible y proponer medidas de mejora para reducir impactos en futuras prácticas.
- Asegurar la accesibilidad y participación de todo el alumnado mediante un diseño universal del aprendizaje.

4 SITUACIÓN DE APRENDIZAJE

4.1 Descripción de la situación de aprendizaje.

La situación de aprendizaje se dirige a alumnos de 3.^º ESO, se encuentra estructurado en cinco sesiones de 50 minutos con trabajo en el aula y laboratorio. Al finalizar, el alumnado caracterizará una disolución aplicando ensayos cualitativos, justificando sus conclusiones con evidencias, a través de un esquema de una marcha analítica y propondrá una forma segura de manipulación y eliminación del mismo.

El proyecto se ha diseñado de forma que se realice para cerrar el tema que comprende los saberes del currículo (bloque E: el cambio), de acuerdo con la normativa vigente (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022; Gobierno de Cantabria, 2022), de manera, que los alumnos tengan nociones previas que sirvan para diferenciar entre cambios físicos y químicos, sean capaces de interpretar cambios a nivel macroscópico y microscópico de las reacciones y conozcan las normas básicas de laboratorio. Asimismo, se promueve la transferencia de los saberes a contextos reales al aplicar lo aprendido a un problema verosímil del laboratorio, conectándolo explícitamente con los objetivos de desarrollo sostenible.

La situación de aprendizaje emplea un texto como premisa para introducir un reto aparentemente sencillo, ¿cuál es la composición de la disolución misteriosa?, además sitúa a los alumnos como científicos persiguiendo que aprendan ciencia haciendo ciencia, y que asuman el sentido y la responsabilidad del trabajo experimental, a fin de que los alumnos sientan el proyecto como algo propio y comprendan el alcance social de sus acciones.

Como cierre, la secuencia culmina con la comunicación de resultados en clase, con una pequeña reflexión sobre su impacto en el entorno más cercano. Cada equipo elaborará un informe de laboratorio que incluya el diagrama de la marcha analítica, el parte de gestión de residuos y la vinculación con los ODS.

4.2 Metodología.

En línea con la legislación vigente la metodología empleada en el desarrollo de la situación de aprendizaje se produce desde un enfoque competencial, es decir, que se busca que el alumnado aplique lo que aprende y que no se dedique a repetir únicamente los conocimientos de forma superficial.

La situación de aprendizaje se ha diseñado desde la indagación, donde los alumnos trabajan como científicos motivados por resolver una pregunta recolectando pruebas a través de diferentes ensayos en el laboratorio, para posteriormente exponer y defender sus conclusiones basadas en la evidencia.

La dinámica de laboratorio se basa en el trabajo cooperativo. La clase se organiza en equipos heterogéneos que comparten una meta clara y se reparten las tareas de forma flexible en función de ellas, asegurando una interdependencia positiva y refuerza la responsabilidad individual y grupal.

Finalmente, se ha buscado dar sentido al contenido articulando el proyecto en torno a un reto auténtico y abierto (¿cuál es la composición de la disolución misteriosa?) para posteriormente decidir como manipular y eliminar las mezclas de forma segura.

4.3 Conexión con los elementos curriculares.

CONEXIÓN CON LOS ELEMENTOS CURRICULARES						
Asignatura	Competencias específicas	Criterios de evaluación	Descriptores del perfil de salida			
Física y Química	CE.1, CE.2, CE.3, CE.5	1.1, 1.3, 2.1, 2.2, 3.1, 3.3, 5.1, 5.2	CC1, CC3, CCEC2, CCEC3, CCEC4, CCL1, CCL3, CCL5, CD1, CD3, CE1, CE2, CPSAA2, CPSAA3, CPSAA4, STEM1, STEM2, STEM3, STEM4, STEM5.			
Competencias clave	CC, CCEC, CCL, CD, CE, CPSAA, STEM.					
Saberes básicos						
Bloque E. El cambio <ul style="list-style-type: none"> E1: Los sistemas materiales: análisis de los diferentes tipos de cambios que experimentan, relacionando las causas que los producen con las consecuencias que tienen. E2: Interpretación macroscópica y microscópica de las reacciones químicas: explicación de las relaciones de la química con el medio ambiente, la tecnología y la sociedad. 						

Tabla 1. Alineación de la situación de aprendizaje con los elementos curriculares (LOMLOE). En las tablas 21 y 22 de los anexos se describen las competencias, criterios de evaluación y descriptores mencionados.

4.4 Vinculación de la situación de aprendizaje con los ODS.

La situación de aprendizaje se apoya en los objetivos de desarrollo sostenible como medio para contextualizar los saberes científicos a través de problemas reales y actuales. De forma que, desde el enfoque de educación para el desarrollo sostenible, se fomenta un aprendizaje holístico orientado a la reflexión, la toma de decisiones y actuar (Ferrer-Estévez & Chalmeta, 2021). De esta manera se contribuye en la formación de ciudadanos responsables y conscientes del impacto de sus acciones.

ODS 6: agua limpia y saneamiento.



La práctica se diseña en microescala (ensayos empleando reactivos gota a gota) y con control en agua para reducir consumo y vertidos. Se registran, por ensayo y por grupo, los indicadores:

V_{total} usado (agua y reactivos en mL). Además, los residuos generados se segregan en contenedores (empleando etiquetas A1, A2 y S1). Estos datos se usan para comprar al final de la sesión 5 la gestión llevada por cada grupo, promoviendo conciencia del impacto colectivo.

ODS 12: producción y consumo responsables.



Se fomenta la toma de decisiones con datos: elegir volúmenes mínimos, evitar reactivos problemáticos o usarlos gota a gota y con separación concreta, y se justifica cada paso con el menor coste material posible sin perder validez en términos de química.

Indicadores: El número de incidentes, por ejemplo: un vertido de un tubo de ensayo o reactivo, separación incorrecta de residuos, repetición de un ensayo que era evitable, contaminación cruzada, lavados con agua no planificado, mal uso o rotura del material de laboratorio y un exceso de volumen al emplear reactivos.

ODS 14 y 15: La vida marina y de ecosistemas terrestres.



El proyecto contribuye al ODS 14 porque convierte la prevención de la contaminación del agua en una práctica concreta del trabajo de laboratorio. Para ello, se trabaja con volúmenes pequeños, se

prohiben los vertidos por el desagüe y se aplican protocolos de segregación de residuos líquidos. De este modo, el alumnado comprende cómo incluso pequeñas cantidades de reactivos podrían alcanzar redes de saneamiento y ecosistemas acuáticos si no se gestionan correctamente.



De una forma similar, la situación de aprendizaje se alinea con el ODS 15 al evitar la dispersión de residuos en el entorno cercano. Todos los residuos sólidos generados en los ensayos (los precipitados) se depositan en el contenedor de inorgánicos del laboratorio y no se eliminan nunca por vías que puedan acabar en el suelo. Además, la actividad didáctica incluye la reflexión sobre riesgos e impactos de una gestión incorrecta (contaminación de suelos y biota).

En esta situación de aprendizaje, los ODS 14 y 15 se mantienen como marco narrativo y ético que contextualiza las decisiones del laboratorio, pero no se constituyen objetivos evaluables ni secran indicadores concretos medibles. Su función es conectar la gestión responsable del agua y de los residuos (ODS 6 y 12) con las posibles consecuencias sobre ecosistemas acuáticos y terrestres, favoreciendo la reflexión sin incurrir en afirmaciones de impacto que no pueden medirse en el aula. De tal manera que se pueda emplear para orientar una discusión, sostener la toma de conciencia (siendo el fregadero una posible ruta de contaminación) y finalmente, dar coherencia al discurso.

4.5 Secuenciación de actividades.

PLANIFICACIÓN – SESIÓN 1: presentación del reto			
Duración	50 min	Espacio	Laboratorio
Elemento	Descripción		
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir el reto. • Formar equipos de trabajo (cuatro personas). • Explicar qué es una marcha analítica. • Presentar el material básico de laboratorio y su uso seguro. • Trabajar empleando alícuotas con pequeños volúmenes para minimizar los residuos. 		
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> • Indagación guiada, Aprendizaje Basado en Retos (ABR), trabajo cooperativo. 		
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas (Presentación del reto, empleo del material de laboratorio, trabajo con alícuotas, uso del agua como blanco). • Material de laboratorio: Tubo de ensayo, gradillas, vaso de precipitados, matraz aforado, matraz Erlenmeyer, pipeta Pasteur, embudo y probeta. • Equipos de protección individual: bata, guantes y gafas. • Cuaderno de laboratorio. 		

Tabla 2. Planificación de la sesión 1.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES: SESIÓN 1		
Actividad	Tiempo (min)	Descripción
Presentación del reto	0-5	Exposición de la narrativa: Los alumnos pasan a ser miembros de Centro de Investigaciones energéticas, Medio Ambiente y Tecnológicas. La finalidad de la actividad es caracterizar de forma cualitativa una disolución misteriosa con posibles efectos adversos para el medio ambiente.
Formación de grupos	5-10	Creación de equipos formado por cuatro personas. Se fomentará que los propios alumnos tomen la iniciativa en la construcción de los grupos.
Qué es una marcha analítica	10-25	Se introducirá el método, se expondrá su utilidad como antiguo método de caracterización de disoluciones, sin detallar aún los reactivos. Se especificará la estructura que deberá seguirse, así como las actividades que deberán ser entregadas.
Presentación del material de laboratorio	25-50	Se mostrarán los materiales de laboratorio, explicando su función y uso adecuado. Se enseñará a trabajar con alícuotas (detección de cloruros haciendo uso de plata por el docente), empleado el agua como blanco para contrastar los resultados.

Tabla 3. Secuencia de actividades de la sesión 1.

SESIÓN 1**Texto de presentación de la actividad**

Formáis parte de un equipo de investigación química del CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). En una inspección rutinaria de un antiguo laboratorio del centro, encontráis una disolución sin etiquetar. No hay información previa sobre su contenido, pero las autoridades internas sospechan que una de ellas podría representar un riesgo ambiental si no se maneja con las debidas precauciones.

Vuestra misión: analizar, caracterizar y determinar la composición la disolución para establecer el protocolo adecuado de manipulación y el método de eliminación segura. El tiempo apremia: disponéis de solo tres días para entregar vuestro informe final a la dirección del CIEMAT.

Tabla 4. Texto introductorio del reto.

PLANIFICACIÓN – SESIÓN 2: trabajo de laboratorio I			
Duración	50 min	Espacio	Laboratorio
Elemento	Descripción		
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Rememorar el reto y el método de caracterización de disoluciones. • Explicar la gestión segura de residuos químicos antes de manipular los reactivos. • Poner en marcha la práctica de laboratorio empleando la indagación guiada. 		
Metodología	Indagación guiada, Aprendizaje Basado en Retos (ABR), trabajo cooperativo.		
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas (Gestión de residuos). • Material de laboratorio: Tubo de ensayo, gradillas, vaso de precipitados, matraz aforado, matraz Erlenmeyer, pipeta Pasteur, embudo y probeta. • Disolución desconocida (A) y reactivos. • Equipos de protección individual: bata, guantes y gafas. • Cuaderno de laboratorio. 		

Tabla 5. Planificación de la sesión 2.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES: SESIÓN 2		
Actividad	Tiempo (min)	Descripción
Recordatorio del reto	0-5	Repaso muy breve del texto con la finalidad de recordar los objetivos que se desean alcanzar.
Gestión de residuos	5-15	Explicación sobre la clasificación de residuos (Códigos A1, A2 y S1) y tabla 15 de los anexos: $V_{reactivo}$, V_{agua} , V_{total} . Empleando el consumo de recursos y la gestión de residuos como indicadores que permiten materializar los ODS 6 y 12.
Trabajo de laboratorio	15- 45	Se entrega la hoja de actividades (ilustración 2 en anexos). después, se pone en marcha la práctica de laboratorio. Cada grupo sigue la secuencia de ensayos que considere oportuna, anotando las observaciones y resultado. Con el objetivo de construir progresivamente el esquema de la marcha analítica para justificar la composición de la disolución desconocida.
Recoger el laboratorio	45-50	Limpieza del material, en paralelo se busca recapitular de lo conseguido.

Tabla 6. Secuencia de actividades de la sesión 2.

PLANIFICACIÓN – SESIÓN 3: trabajo de laboratorio II			
Duración	50 min	Espacio	Laboratorio
Elemento	Descripción		
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar ensayos cualitativos para identificar o descartar los iones. Completar la tabla de residuos con volúmenes, segregación y posibles incidentes. Relacionar las observaciones químicas con la necesidad de una gestión responsable de residuos. 		
Metodología	Indagación guiada, Aprendizaje Basado en Retos (ABR), trabajo cooperativo.		
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> Material de laboratorio: Tubo de ensayo, gradillas, vaso de precipitados, matraz aforado, matraz Erlenmeyer, pipeta Pasteur, embudo y probeta. Disolución desconocida (A) y reactivos. Equipos de protección individual: bata, guantes y gafas. Cuaderno de laboratorio. 		

Tabla 7. Planificación de la sesión 3.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES: SESIÓN 3		
Actividad	Tiempo (min)	Descripción
Trabajo de laboratorio	0-30	Se continua con la sesión de laboratorio. De forma que, cada grupo sigue la secuencia de ensayos que considere oportuna, anotando las observaciones y resultado.
Limpieza del laboratorio	30-35	Limpieza del material de laboratorio.
Construcción del esquema de la marcha analítica	35-50	Se deja tiempo en clase para que cada grupo elabora su propio esquema de marcha analítica simplificada en papel, organizando los pasos seguidos para confirmar o descartar los iones. El docente circula entre los grupos para resolver dudas puntuales y asegurar que las decisiones se justifican con las observaciones previstas. Posteriormente se realiza una breve puesta en común en gran grupo para contrastar los esquemas y detectar posibles errores de comprensión.

Tabla 8. Secuencia de actividades de la sesión 3.

Para garantizar la coherencia didáctica y “mantener el hilo químico” lo ideal sería impartir las sesiones 2 y 3 de forma continua, en bloque. De esta forma, se evita la perdida de información, se conservan las condiciones experimentales y optimiza el proceso de tiempos de montaje, recogida y menor consumo de agua y material (ODS 6 y 12).

PLANIFICACIÓN – SESIÓN 4: Exposición de la marcha analítica I			
Duración	50 min	Espacio	Aula
Elemento	Descripción		
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicar los resultados obtenidos de forma clara empleando diversos formatos. • Comparar métodos y resultados entre grupos. • Identificar los riesgos químicos y su gestión responsable. • Relacionar la práctica con ODS. • Realizar coevaluación por grupos. 		
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> • Indagación guiada, Aprendizaje Basado en retos (ABR), trabajo cooperativo. 		
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenador y proyector. • Acceso a internet. • Acceso a Canva o software similar para las presentaciones. 		

Tabla 9. Planificación de la sesión 4.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES: SESIÓN 4		
Actividad	Tiempo (min)	Descripción
Exposición de resultados	0-50	Cada grupo presenta los resultados en el formato que prefiera. Se emplean 5 minutos de exposición + 1 min de preguntas por grupo. Se anota en la pizarra sus indicadores ODS: V_{agua} , V_{reactivo} e incidentes para comparar entre grupos.
Coevaluación		En paralelo a la exposición de los alumnos, el resto de los grupos evalúa a sus compañeros empleando la tabla 17 de los anexos.

Tabla 10. Secuenciación de actividades de la sesión 4.

PLANIFICACIÓN – SESIÓN 5: Exposición de la marcha analítica II			
Duración	50 min	Espacio	Aula
Elemento	Descripción		
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicar con claridad el diagrama de marcha, las evidencias químicas (Muestra vs Agua) y los indicadores ODS (V_{agua}, V_{reactivo}, incidentes). • Comparar métodos y resultados entre grupos. • Identificar los riesgos químicos y su gestión responsable. • Relacionar la práctica ODS. • Realizar coevaluación y autoevaluación por grupos. 		
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> • Indagación guiada, Aprendizaje Basado en retos (ABR), trabajo cooperativo. 		
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenador y proyector. • Acceso a internet. • Acceso a Canva o software similar para las presentaciones. 		

Tabla 11. Planificación de la sesión 5.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES: SESIÓN 5		
Actividad	Tiempo (min)	Descripción
Exposición	0-40	Cada grupo presenta los resultados en el formato que prefiera. Se emplean 5 minutos de exposición + 1 min de preguntas por grupo. Se anota en la pizarra sus indicadores ODS: V_{agua} , V_{reactivo} e incidentes para comparar entre grupos.
Autoevaluación	40-50	La autoevaluación se hará de forma grupal siguiendo la tabla 16 de los anexos.

Tabla 12. Secuencia de actividades de la sesión 5.

4.6 Medidas de atención a la diversidad.

En el momento de diseñar la situación de aprendizaje, se ha tenido en cuenta la variedad de características individuales que presentan el alumnado, sus intereses y los ritmos de trabajo, de tal forma que, se pueda garantizar que todos puedan participar, acceder a los contenidos, demostrar lo que saben de muchas formas y aprender. Las medidas que se toman no cambian los objetivos, ni los criterios, sino que varían los soportes empleados en cada ocasión. Desde el DUA, ofrecer múltiples vías de acceso y de expresión incrementa la probabilidad de éxito del alumnado, al abrir más puntos de entrada al contenido y más formas legítimas de evidenciar aprendizaje (Capp, 2017, p. 15).

Para ello, se ha tomado como base un enfoque DUA (diseño universal para el aprendizaje). El DUA no se limita a “adaptaciones”, sino que rediseña el entorno de aprendizaje incorporando estrategias que ofrecen múltiples formas de representación y de acción (Schreffler et al., 2019, p. 2).

Barrera lingüística

- Representación: instrucciones en forma de esquema de marcha analítica rellenable (ilustración 3 de los anexos) buscando minimizar la cantidad de pasos.
- Acción y expresión: La ilustración 3 está diseñado de forma que cuente con frases inicio.
- Implicación: elección de formato de producto (Uso de software tipo Canva /foto en Moodle proyectada).

Sensorial/visual (color-contraste)

- Representación: Las señales que se observan no son exclusivamente cromáticas (aparición de turbidez o precipitados). Uso de etiquetas de residuos A1, A2 y S1 a color con un texto breve descriptivo.

Motricidad fina y manipulación

- Acción y expresión: goteros cargados con los reactivos para todos, soportes para tubos (gradillas), bandejas antideslizantes si fuese necesario, pasos cortos y concretos (3 gotas HCl → observar → anotar).
- Implicación: libertad para decidir quién manipula o escribe sin emplear roles formales.

Protocolo TDAH

Este protocolo se implementa con enfoque DUA y es aplicable a todo el grupo no. Ordena la sesión, reduce carga ejecutiva y asegura que las evidencias (químicas y ODS) sean comparables. Buscando un estilo de comunicación de apoyo y apertura con consignas breves, previsibles y visibles que sirvan de ayuda a disminuyendo la ansiedad y orientando el aprendizaje en las actividades prácticas (Miller & Lang, 2016, p. 1825).

Principios de funcionamiento

- **Una instrucción = una acción.**

Las tareas se desglosan en pasos breves y concretos (por ejemplo: añade 3 gota de HCl. Espera 10 s. Apunta lo observado).

Se escribe en la pizarra o se proyecta en la pizarra digital o en el proyector la secuencia de trabajo optima.

Preparar → mezclar/observar → registrar → separar.

- **Tareas cronometradas (4–6 min) y metas visibles.**

Cada alícuota se trabaja en un ciclo corto con temporizador a la vista. En la pizarra se mantienen las metas de aula: menos de 1 mL por tubo de ensayo, 0 incidentes y sin dato en la tabla, no cuenta. Así se sostiene el ritmo y se prioriza la trazabilidad del proceso.

- **Movimiento con propósito.**

Se autoriza salir brevemente de la zona de trabajo solo para tareas útiles como separar en el punto adecuado (A1/A2/S1), eliminando esperas pasivas y manteniendo el foco.

4.7 Evaluación.

La tabla 13 muestra cómo se distribuyen los distintos criterios de evaluación en función de los instrumentos utilizados en la unidad didáctica. Cada instrumento está asociado a los criterios que mejor se ajustan a su naturaleza, permitiendo evaluar el aprendizaje de forma equilibrada y coherente con los objetivos planteados.

INSTRUMENTOS			
Instrumentos	Recoge	Criterios de evaluación	Peso (%)
Laboratorio (observaciones hechas por el docente)	Registro en el cuaderno de laboratorio, empleo de alícuotas, uso de blancos, y toma de decisiones. Tabla 18 de los anexos.	2.1, 2.2, 3.1, 3.3	35
Informe de laboratorio	Un único informe por grupo que incluye diagrama de la marcha analítica, parte de gestión de residuos, vinculación con los ODS. Tabla 19 de los anexos.	1.1, 1.3, 2.2, 3.1, 3.3, 5.2	35
Presentación (oral o audiovisual)	Explicación de fenómenos, conclusiones y vinculación con ODS. Tabla 20 de los anexos.	1.1, 1.3, 3.1, 5.2	15
Rúbrica de coevaluación	Cooperación y feedback entre iguales. Tabla 16 de los anexos.	5.1	10
Rúbrica de autoevaluación	Aporte individual, aprendizaje y mejora. Tabla 17 de los anexos.	3.1, 5.1	5

Tabla 13. Instrumentos de evaluación de la situación de aprendizaje.

En cuanto a la presentación de los datos en clase se adopta una rúbrica (Tabla 20 de los anexos) única para todos los formatos de producto), de modo que los criterios sean equivalentes y no dependan de la competencia digital del

alumnado. Esta decisión mantiene el foco en el razonamiento y las evidencias y se alinea con la literatura que señala que la diversificación con andamiaje y retroalimentación favorece la comprensión y la autorregulación (Bray et al., 2024, p. 126).

La tabla 14 desglosa el peso específico que tiene cada criterio de evaluación dentro del conjunto de instrumentos empleados. Como algunos criterios aparecen en varios instrumentos, su peso total se reparte proporcionalmente entre ellos.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN						
Criterio de evaluación	Laboratorio (%)	Informe (%)	Presentación (%)	Coevaluación (%)	Autoevaluación (%)	Peso total (%)
1.1	-	5,83	3,75	-	-	9,58
1.3	-	5,83	3,75	-	-	9,58
2.1	8,75	-	-	-	-	8,75
2.2	8,75	5,83	-	-	-	14,58
3.1	8,75	5,83	3,75	-	-	18,33
3.3	8,75	5,83	-	-	-	14,58
5.1	-	-	-	10,00	5,00	15,00
5.2	-	5,83	3,75	-	-	9,58

Tabla 14. Criterios de evaluación ordenados por peso.

5 CONCLUSIONES

Este Trabajo de Fin de Máster se presenta una situación de aprendizaje lista para llevar al aula, que convierte la "la entrada al laboratorio" en una experiencia de toma de decisiones fundamentada en pruebas y articulada a través de un procedimiento analítico simplificado. No obstante, la falta de datos de campo es la limitación más importante, dado que esta situación de aprendizaje no se ha llevado a la práctica. Hasta ahora no se ha medido los tiempos reales, las incidencias ni el impacto en el aprendizaje. El trabajo a pequeña escala y la logística asociada al laboratorio requieren también disciplina que deben ser comprobadas en su contexto.

En cuanto a resultados de aprendizaje la propuesta aspira a que el alumnado piense y actúe como químico en formación: que plante hipótesis realistas, que seleccione pruebas con criterio, que conecte la información recaudada y que comunique conclusiones con la cautela que exige la evidencia disponible. Por otro lado, los resultados de aprendizaje no se reducen a ejecutar ensayos, sino a tejer puentes entre lo que se ve, lo que se interpreta o imagina y lo que se representa. De esta forma, a partir de esta situación de aprendizaje se pretende hacer menos abstracta la química para facilitar un aprendizaje significativo. Esto es posible conectando hechos observables a nivel macroscópicos (cambios de color, formación de precipitados, efervescencia) con explicaciones a escala de partículas (los tipos de reacciones químicas) y cerrar con representaciones simbólicas congruentes (ilustraciones y ecuaciones químicas).

Se da importancia a la ética de la práctica, en concreto a la seguridad en el laboratorio, gestión responsable de residuos y conciencia del impacto de pequeñas decisiones. Se persigue que el alumnado experimente que la Química no es una sucesión de recetas, sino una disciplina que justifica y delimita sus afirmaciones. Así, el aprendizaje deseado no es solo dominio procedural, sino criterio para calibrar la calidad de una inferencia, reconocer incertidumbre y mejorarla con nuevos datos a partir de nuevos ensayos empíricos.

Por otro lado, se pretende es que el alumnado piense como químicos, de forma que, informe final, por sí solo, resulta insuficiente. Importa qué ensayos se

ponen a prueba, por qué se seleccionan, qué datos se obtienen y cómo se comunican a medida que se avanza las sesiones de laboratorio. En coherencia con ello, la evaluación ha de atender no solo al producto, sino también al proceso: a las decisiones adoptadas, a los registros que las sostienen y al relato que los estudiantes construyen en torno a los resultados.

La observación del trabajo en el laboratorio aporta ventanas a la toma de decisiones en tiempo real (qué ensayo, en qué orden, con qué control). El cuaderno, el informe y la presentación permiten seguir la coherencia entre datos, modelos y conclusiones, es decir, la arquitectura del razonamiento. La coevaluación y la autoevaluación no suman “otra nota”, sino que ofrecen información sobre la autorregulación (qué se consideró evidencia suficiente, cómo se gestionaron los desacuerdos y qué se modificaría en un segundo ciclo).

Este conjunto no se busca la ilusión de una medición perfecta, se pretende mejorar la calidad del proceso de evaluación: distintas fuentes, recogidas en momentos diferentes y con propósitos complementarios, permiten triangular y dotar de validez al aprendizaje. La utilidad principal no reside en clasificar, sino en hacer visibles las pautas de pensamiento para orientar y poder retroalimentar a los alumnos. En otras palabras, se considera que la evaluación es parte del proceso de aprendizaje, en el cual se informa y regula lo que, de otro modo, sería implícito y se vuelve posible aprenderlo.

La indagación se adapta perfectamente al tipo de aprendizaje que se busca. El alumnado requiere un espacio con la incertidumbre necesaria para tomar decisiones, pero también andamiajes que hagan fértil esa incertidumbre desde el punto de vista pedagógico, como criterios de seguridad claros, formatos de registro sólidos y repertorios de ensayos que incluyan condiciones de uso y límites de interpretación. En este contexto, es esencial normalizar el error; se debe ver como evidencia que guía la decisión siguiente, no como un fallo personal. Así, cada error contribuye a la argumentación y a la mejora de los modelos. De esta manera, se genera un entorno seguro a nivel físico y emocional desde el cual es posible explorar y arriesgarse, donde se obtiene satisfacción tanto por la rigurosidad como por la delicadeza con la que se hace ciencia.

Trabajar en equipo presenta perspectivas variadas y exige justificar las decisiones ante otros, lo que mejora la calidad del proceso. La tarea de caracterizar una disolución convierte el contenido en un problema, presentando a la Química como una práctica social que tiene consecuencias, no como un listado de conceptos. La incorporación de los principios DUA se establece aquí no como un añadido, sino como una condición de posibilidad: al facilitar varios modos de acceder a la información, expresarse y participar, se amplía el espacio para alcanzar el éxito y se previene que el propio diseño de la situación de aprendizaje cree nuevos obstáculos.

En síntesis, el TFM propone una iniciativa robusta y realista, centrada en la investigación guiada, la marcha analítica simplificada y los ODS 6/12 como indicadores de aula. La falta de implementación no es una debilidad permanente, sino el paso que queda por dar para comprobar el equilibrio entre sostenibilidad, rigor químico y accesibilidad en contexto. De esta forma, es posible que la unidad brinde pruebas transferibles acerca de cómo lograr que el laboratorio de 3.^º ESO sea riguroso, seguro, e inclusivo al mismo tiempo.

6 REFERENCIAS

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Adler, I., Schwartz, L., Madjar, N., & Zion, M. (2018). Reading between the lines: The effect of contextual factors on student motivation throughout an open inquiry process. *Science Education*, 102(6), 1239–1264. <https://doi.org/10.1002/sce.21445>
- Aditomo, A., & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 1–26. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Asay, L. D., & Orgill, M. (2010). Analysis of essential features of inquiry found in articles published in *The Science Teacher*, 1998–2007. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 57–79. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9152-9>
- Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265–278. <https://doi.org/10.1007/s10972-006-9008-5>
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Bjønness, B., & Kolstø, S. D. (2015). Scaffolding open inquiry: How a teacher provides students with structure and space. *Nordic Studies in Science Education*, 11(3), 223–237. <https://doi.org/10.5617/nordina.878>
- Bray, A., Devitt, A., Banks, J., Sanchez Fuentes, S., Sandoval, M., Riviou, K., Byrne, D., Flood, M., Reale, J., & Terrenzio, S. (2024). What next for Universal Design for Learning? A systematic literature review of

- technology in UDL implementations at second level. *British Journal of Educational Technology*, 55, 113–138. <https://doi.org/10.1111/bjet.13328>
- Burriel Martí, F., Arribas Jimeno, S., Lucena Conde, F., & Hernández Méndez, J. (1998). *Química analítica cualitativa* (16.^a ed.). Thomson.
- Capp, M. J. (2017). The effectiveness of Universal Design for Learning: A meta-analysis of literature between 2013 and 2016. *International Journal of Inclusive Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/13603116.2017.1325074>
- COSCE. (2011). *Informe ENCIENDE*. Confederación de Sociedades Científicas de España. https://cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. En N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. 2, pp. 515–541). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Dewey, J. (1995). Science as subject-matter and as method. *Science & Education*, 4(4), 391–398. <https://doi.org/10.1007/BF00486652>
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Gobierno de Cantabria. (2022). *Decreto 73/2022, de 27 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Boletín Oficial de Cantabria*, 151, 20441–20477. <https://boc.cantabria.es/boces/verAnuncioAction.do?idAnuBlob=374886>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education:

- Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54.
<https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry—Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 9–15.
<https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718.
<https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Martin-Hansen, L. M. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34–37.
- Miller, D. K., & Lang, P. L. (2016). Using the Universal Design for Learning approach in science laboratories to minimize student stress. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1823–1828.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00108>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76, 43751–43956.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/9596>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume III): What School Life Means for Students' Lives*. PISA, OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/acd78851-en>
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196.
<https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American*

- Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., van Gog, T., & Paas, F. (2007). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 91–97. <https://doi.org/10.1080/00461520701263350>
- Schreffler, J., Vasquez, E., III, Chini, J., & James, W. (2019). Universal Design for Learning in postsecondary STEM education for students with disabilities: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0161-8>
- Tenenbaum, H. R., Alfieri, L., Brooks, P. J., & Dunne, G. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 1185–1199. <https://doi.org/10.1037/a0021017>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070306>
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of “inquiry”: How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481–512. <https://doi.org/10.1002/tea.20010>

7 ANEXOS

7.1 Actividad en el laboratorio.

Marcha analítica

REACCIONES QUÍMICAS

Enunciado:

Se sospecha de la presencia de los siguientes iones en la disolución misteriosa:

- HCO_3^-
- SO_4^{2-}
- Mg^{2+}

Vuestra tarea es confirmar o descartar cada ion. Para ello, tendréis que realizar ensayos cualitativos con las alícuotas de la disolución misteriosa.

Nota:

En cada ensayo, repetid el mismo montaje en paralelo empleando agua desionizada. Esto sirve como control para distinguir si lo observado es a causa del agua o de los analitos.

En cada pareja de tubos (una con muestra y otra con agua desionizada) utilizar los mismos volúmenes y anotad las observaciones en la tabla.

Ensayo detección de bicarbonato

$$\text{HCO}_3^- + \text{HCl} \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow \quad \text{Efervescencia}$$

Ensayo detección de bicarbonato

$$\text{HCO}_3^- + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \downarrow \quad \text{Precipitado blanco}$$

Ensayo detección de magnesio

$$\text{Mg}^{2+} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow \quad \text{Turbidez Blanco/}\newline \text{Precipitado blanco}$$

Ensayo detección de sulfatos

$$\text{SO}_4^{2-} + \text{BaCl}_2 \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{BaSO}_4 \downarrow \quad \text{Turbidez Blanco/}\newline \text{Precipitado blanco}$$

Requiere medio ácido
(Un exceso de HCl)

Ilustración 2. Hoja de actividad: ecuaciones y pruebas para la identificación de iones durante la marcha analítica en el laboratorio

7.2 Tabla operativa para el desarrollo de las sesiones de laboratorio.

N.º de ensayo	Reactivos	N.º gotas	Observación alícuota	Observación Agua	Possible ion	V _{Reactivos} (mL)	V _{agua} (mL)	V _{total} (mL)	Incidencias

Tabla 15. Ejemplo de tabla operativa para el desarrollo de la marcha analítica.

7.3 Esquema de marcha analítica rellenable.

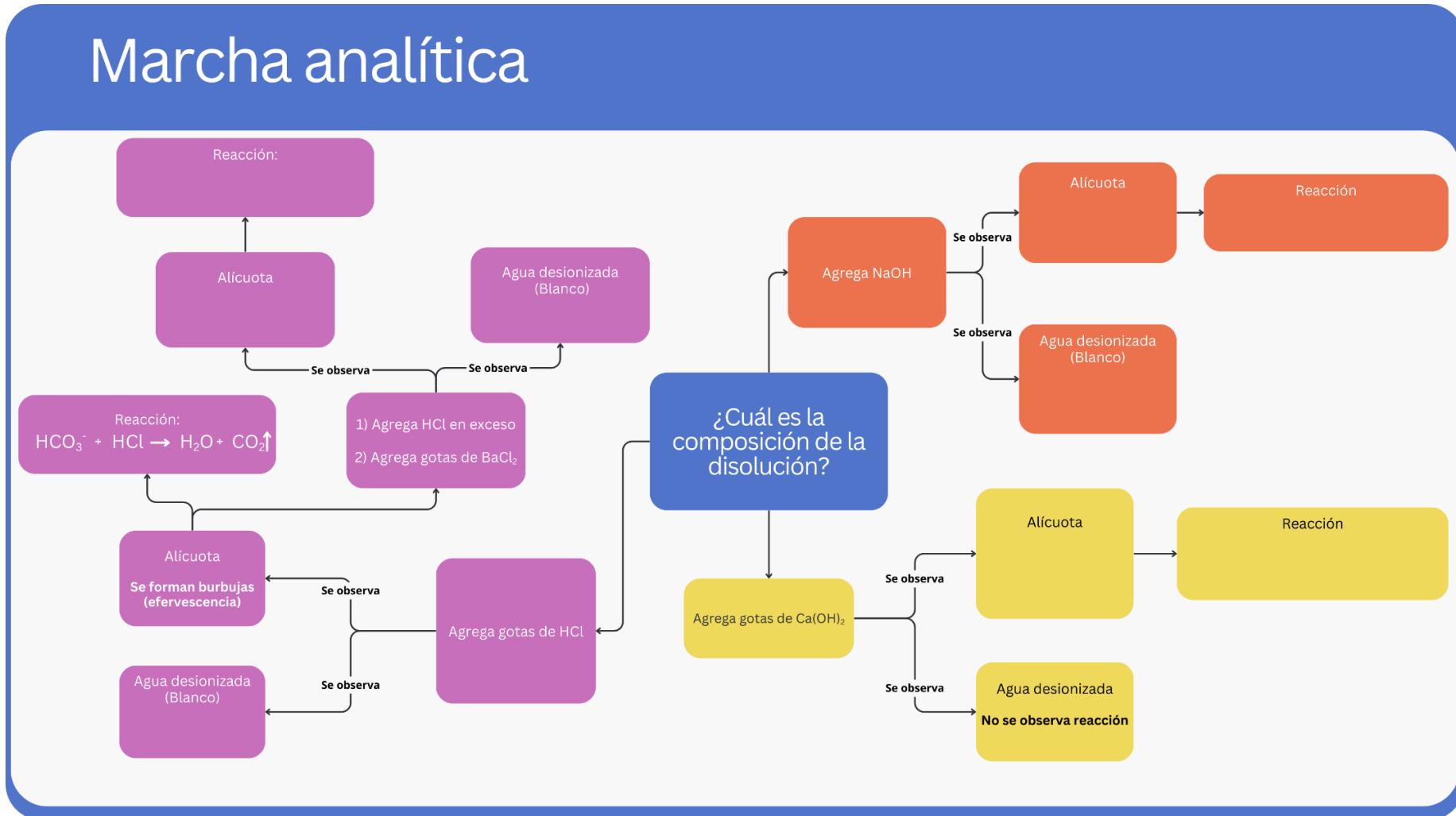


Ilustración 3. Esquema de marcha analítica rellenable durante las sesiones de laboratorio.

7.4 Rúbrica de coevaluación.

Rúbrica de coevaluación									
Grupo							Fecha:		
Criterios	No logrado	Parcial	Logrado						
	0 puntos	1 punto	2 puntos	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Grupo E	
Esquema de la marcha analítica	Esquema confuso o incompleto; no se distinguen decisiones Si/No.	Diagrama legible, pero con saltos o flechas ambiguas.	Diagrama claro y ordenado. Decisiones sí/no visibles.						
Evidencias químicas	No emplean un blanco (no comparan con Agua) o conclusiones sin observación.	Comparan muestra/agua, pero faltan confirmaciones.	Comparan bien y confirman todos los analitos.						
Vinculación con los ODS	Solo los mencionan ODS pero no hay datos.	Dan algunos datos pero son incompletos o sin lectura.	Muestran cuadro con todos los datos y explican una forma para reducir residuos.						
Presentación	Supera los 5:30 o no llega a 4:00. No responde preguntas.	Se ajusta aproximadamente al tiempo. Si responde preguntas	Se ajusta al tiempo y responden a las preguntas con claridad.						
			TOTAL						
Fortalezas									
Mejoras									

Tabla 16. Rúbrica de coevaluación por grupos.

7.5 Rúbrica de autoevalución.

Rúbrica de autoevaluación

Grupo		Fecha		
Criterios	No logrado 0 puntos	Parcial 1 punto	Logrado 2 puntos	Autoevaluación
Esquema de la marcha analítica	Esquema confuso o incompleto; no se distinguen decisiones Si/No.	Diagrama legible, pero con saltos o flechas ambiguas.	Diagrama claro y ordenado. Decisiones sí/no visibles.	
Evidencias químicas	No emplean un blanco (no comparan con Agua) o conclusiones sin observación.	Comparan muestra/agua, pero faltan confirmaciones.	Comparan bien y confirman todos los analitos.	
Vinculación con los ODS	Solo los mencionan ODS pero no hay datos.	Dan algunos datos pero son incompletos o sin lectura.	Muestran cuadro con todos los datos y explican una forma para reducir residuos.	
Presentación	Supera los 5:30 o no llega a 4:00. No responde preguntas.	Se ajusta aproximadamente al tiempo. Si responde preguntas	Se ajusta al tiempo y responden a las preguntas con claridad.	
			TOTAL	
Mejoras				
Objetivos	Incidentes 0		<250 mL	

Tabla 17. Rúbrica de autoevaluación por grupo.

7.6 Rúbrica de evaluación de las sesiones de laboratorio.

Rúbrica de evaluación de las sesiones de laboratorio					
Criterios	Sobresaliente (10-9)	Notable (8,9-7)	Bien (6,9-6)	Suficiente (5,9-5)	Insuficiente (<5)
Manejo de material y técnica experimental	Maneja con destreza todo el material y reactivos, mostrando autonomía.	Maneja correctamente el material con pequeños fallos no relevantes.	Utiliza el material de manera básica, con dudas que requieren ayuda frecuente.	Tiene dificultades evidentes en el manejo, requiere supervisión continua.	Uso incorrecto del material, compromete la práctica.
Registro de datos y observaciones	Registra datos de manera rigurosa, completa y organizada.	Registra datos de forma adecuada y ordenada, con pocas omisiones.	Registra datos básicos, pero con falta de detalle o cierta desorganización.	Registra datos incompletos, confusos o poco útiles.	No registra datos o lo hace de manera errónea.
Seguridad en el laboratorio	Mantiene en todo momento las normas de seguridad y corrige a otros con actitud responsable.	Cumple todas las normas de seguridad de forma autónoma y constante.	Cumple la mayoría de las normas, con recordatorios puntuales.	Usa medidas básicas de seguridad, pero olvida otras importantes.	No respeta las normas de seguridad y pone en riesgo así mismo y al grupo.
Participación activa	Participa activamente en todo momento, propone ideas y es colaborativo	Participa de manera constante y aporta al grupo cuando se le requiere.	Participa de forma intermitente, contribuye de manera limitada.	Su participación es escasa y poco relevante.	No participa o muestra desinterés evidente.

Tabla 18. Rúbrica de evaluación de la práctica de laboratorio (Marcha analítica simplificada mediante indagación).

7.7 Rúbrica de evaluación del informe de prácticas.

Rúbrica de evaluación del informe					
Criterios	Sobresaliente (10-9)	Notable (8,9-7)	Bien (6,9-6)	Suficiente (5,9-5)	Insuficiente (<5)
Presentación y estructura	Informe perfectamente estructurado, completo, claro y sin errores de presentación.	Informe bien organizado, con estructura clara y con pocos fallos.	Informe con estructura aceptable, aunque algo desordenada o incompleta.	Informe con estructura poco clara, faltan apartados importantes.	Informe desorganizado, incompleto o sin formato.
Registro y presentación de resultados	Resultados completos, bien organizados. Presenta esquema de la marcha e indicadores ODS.	Resultados adecuados y presentados con claridad, aunque no exhaustivos. Presenta esquema de la marcha e indicadores ODS.	Resultados básicos, algunos desordenados o poco claros. Faltan pasos del esquema de la marcha e indicadores ODS.	Resultados incompletos, sin formato adecuado. Faltan pasos del esquema de la marcha e indicadores ODS.	No presenta resultados o son erróneos. No presenta esquema de la marcha o indicadores ODS.
Análisis e interpretación	Analiza críticamente los resultados, establece comparaciones correctas y explica causas con rigor científico.	Analiza e interpreta de forma adecuada, con comparaciones claras y explicaciones correctas.	Análisis limitado, explicaciones superficiales o poco justificadas.	Análisis insuficiente, con errores o sin conexión con la práctica.	No analiza ni interpreta los resultados.
Conclusiones	Conclusiones claras, bien fundamentadas y vinculadas a los objetivos de la práctica.	Conclusiones correctas y relacionadas con la práctica.	Conclusiones básicas, con poca relación con la indagación.	Conclusiones vagas o poco relacionadas con lo realizado.	No presenta conclusiones o son incoherentes.
Rigor científico y uso del lenguaje	Uso excelente del lenguaje científico, sin errores conceptuales ni formales.	Uso adecuado del vocabulario, con algún error leve.	Lenguaje comprensible, aunque con errores conceptuales o de expresión.	Lenguaje poco científico, con abundantes errores.	Lenguaje inadecuado, sin vocabulario científico.

Tabla 19. Rúbrica de evaluación del informe escrito de la práctica (Marcha analítica simplificada mediante indagación).

7.8 Rúbrica de evaluación de la presentación.

Rúbrica de evaluación de la presentación en el aula					
Criterios	Sobresaliente (10-9)	Notable (8,9-7)	Bien (6,9-6)	Suficiente (5,9-5)	Insuficiente (<5)
Claridad y organización	Presentación muy bien organizada, clara, con estructura lógica. Se entiende de principio a fin.	Presentación bien organizada, con secuencia clara y pocos fallos.	Organización aceptable, con algunas repeticiones o falta de fluidez.	Organización poco clara, con saltos de ideas y desorden.	Presentación caótica, sin estructura ni coherencia.
Explicación de resultados	Resultados explicados de manera rigurosa, clara y completa, con excelente uso de recursos visuales.	Resultados explicados correctamente, con apoyos visuales adecuados.	Resultados explicados de forma básica, con pocos recursos visuales.	Resultados incompletos, explicados con confusión.	Resultados erróneos o no se presentan.
Interpretación y conclusiones	Conclusiones muy bien fundamentadas, con razonamiento científico claro y conectado al objetivo.	Conclusiones correctas, justificadas de forma adecuada.	Conclusiones simples, poco justificadas o algo superficiales.	Conclusiones poco relacionadas con la práctica.	No se exponen conclusiones o son incorrectas.
Lenguaje y expresión oral	Lenguaje preciso y fluido, vocabulario científico excelente, sin errores.	Lenguaje claro y correcto, con algún fallo menor.	Lenguaje sencillo, con algunos errores conceptuales o expresivos.	Lenguaje poco adecuado, con errores frecuentes.	Lenguaje inapropiado, sin vocabulario científico.
Participación y actitud	Todos los miembros participan de manera equilibrada y activa, actitud excelente.	La mayoría participa y mantiene buena actitud.	Participación desigual, algunos miembros poco activos.	Participación mínima, actitud pasiva.	No participan o muestran desinterés.

Tabla 20. Rúbrica de evaluación de la presentación en el aula (Marcha analítica simplificada mediante indagación).

7.9 Definiciones: competencias específicas y criterios de evaluación.

Alineamiento curricular: competencias específicas y criterios de evaluación	
Competencia específica	Criterio de evaluación
CE1: Comprender y relacionar los motivos por los que ocurren los principales fenómenos fisicoquímicos del entorno, explicándolos en términos de las leyes y teorías científicas adecuadas, para resolver problemas con el fin de aplicarlas para mejorar la realidad cercana y la calidad de vida humana.	<p>1.1. Identificar, comprender y explicar los fenómenos fisicoquímicos cotidianos más relevantes a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos, de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.</p> <p>1.3. Reconocer y describir en el entorno inmediato situaciones problemáticas reales de índole científica y emprender iniciativas en las que la ciencia, y en particular la física y la química, pueden contribuir a su solución, analizando críticamente su impacto en la sociedad.</p>
CE2: Expresar las observaciones realizadas por el alumnado en forma de preguntas, formulando hipótesis para explicarlas y demostrando dichas hipótesis a través de la experimentación científica, la indagación y la búsqueda de evidencias, para desarrollar los razonamientos propios del pensamiento científico y mejorar las destrezas en el uso de las metodologías científicas.	<p>2.1. Emplear las metodologías propias de la ciencia en la identificación y descripción de fenómenos a partir de cuestiones a las que se pueda dar respuesta a través de la indagación, la deducción, el trabajo experimental y el razonamiento lógico-matemático, diferenciándolas de aquellas pseudocientíficas que no admiten comprobación experimental.</p> <p>2.2. Seleccionar, de acuerdo con la naturaleza de las cuestiones que se traten, la mejor manera de comprobar o refutar las hipótesis formuladas, diseñando estrategias de indagación y búsqueda de evidencias que permitan obtener conclusiones y respuestas ajustadas a la naturaleza de la pregunta formulada.</p>
CE3: Manejar con soltura las reglas y normas básicas de la física y la química en lo referente al lenguaje de la IUPAC, al lenguaje matemático, al empleo de unidades de medida correctas, al uso seguro del laboratorio y a la interpretación y producción de datos e información en diferentes formatos y fuentes, para reconocer el carácter universal y transversal del lenguaje científico y la necesidad de una comunicación fiable en investigación y ciencia entre diferentes países y	<p>3.1. Emplear datos en diferentes formatos para interpretar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada uno de ellos contiene, y extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema.</p> <p>3.3. Poner en práctica las normas de uso de los espacios específicos de la ciencia, como el laboratorio de física y química, asegurando la salud propia y colectiva, la conservación sostenible del medio ambiente y el cuidado de las instalaciones.</p>

culturas.	
<p>CE5: Utilizar las estrategias propias del trabajo colaborativo, potenciando el crecimiento entre iguales como base emprendedora de una comunidad científica crítica, ética y eficiente, para comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente.</p>	<p>5.1. Establecer interacciones constructivas y coeducativas, emprendiendo actividades de cooperación como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.</p> <p>5.2. Emprender, de forma guiada y de acuerdo a la metodología adecuada, proyectos científicos que involucren al alumnado en la mejora de la sociedad y que creen valor para el individuo y para la comunidad.</p>

Tabla 21. Definiciones de las competencias clave y los criterios de evaluación recogidas en el Real Decreto 217/2022 (España, 2022, Anexo II).

7.10 Definiciones: competencias clave y descriptores del perfil de salida.

Competencia Ciudadana (CC)	
La competencia ciudadana contribuye a que alumnos puedan ejercer una ciudadanía responsable y participar plenamente en la vida social y cívica, basándose en la comprensión de los conceptos y las estructuras sociales, económicas, jurídicas y políticas, así como en el conocimiento de los acontecimientos mundiales y el compromiso activo con la sostenibilidad y el logro de una ciudadanía mundial. Incluye la alfabetización cívica, la adopción consciente de los valores propios de una cultura democrática fundada en el respeto a los derechos humanos, la reflexión crítica acerca de los grandes problemas éticos de nuestro tiempo y el desarrollo de un estilo de vida sostenible acorde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados en la Agenda 2030.	
Descriptor del perfil de salida	Definición
CC1	Analiza y comprende ideas relativas a la dimensión social y ciudadana de su propia identidad, así como a los hechos culturales, históricos y normativos que la determinan, demostrando respeto por las normas, empatía, equidad y espíritu constructivo en la interacción con los demás en cualquier contexto.
CC3	Comprende y analiza problemas éticos fundamentales y de actualidad, considerando críticamente los valores propios y ajenos, y desarrollando juicios propios para afrontar la controversia moral con actitud dialogante, argumentativa, respetuosa y opuesta a cualquier tipo de discriminación o violencia.
Competencia en comunicación lingüística (CCL)	
La competencia en comunicación lingüística (CCL) supone interactuar de forma oral, escrita, signada o multimodal de manera coherente y adecuada en diferentes ámbitos y contextos y con diferentes propósitos comunicativos. Implica movilizar, de manera consciente, el conjunto de conocimientos, destrezas y actitudes que permiten comprender, interpretar y valorar críticamente mensajes orales, escritos, signados o multimodales evitando los riesgos de manipulación y desinformación, así como comunicarse eficazmente con otras personas de manera cooperativa, creativa, ética y respetuosa.	
Descriptor del perfil de salida	Definición
CCL1	Se expresa de forma oral, escrita, signada o multimodal con coherencia, corrección y adecuación a los diferentes contextos sociales, y participa en interacciones comunicativas con actitud cooperativa y respetuosa tanto para intercambiar información, crear conocimiento y transmitir opiniones, como para construir vínculos personales.
CCL3	Localiza, selecciona y contrasta de manera progresivamente autónoma información procedente de diferentes fuentes, evaluando su fiabilidad y pertinencia en función de los objetivos de lectura y evitando los riesgos de

	manipulación y desinformación, y la integra y transforma en conocimiento para comunicarla adoptando un punto de vista creativo, crítico y personal a la par que respetuoso con la propiedad intelectual.
CCL5	Pone sus prácticas comunicativas al servicio de la convivencia democrática, la resolución dialogada de los conflictos y la igualdad de derechos de todas las personas, evitando los usos discriminatorios, así como los abusos de poder, para favorecer la utilización no solo eficaz sino también ética de los diferentes sistemas de comunicación.

Competencia en conciencia y expresión culturales (CCEC)

La competencia en conciencia y expresión culturales supone comprender y respetar el modo en que las ideas, las opiniones, los sentimientos y las emociones se expresan y se comunican de forma creativa en distintas culturas y por medio de una amplia gama de manifestaciones artísticas y culturales. Implica también un compromiso con la comprensión, el desarrollo y la expresión de las ideas propias y del sentido del lugar que se ocupa o del papel que se desempeña en la sociedad. Asimismo, requiere la comprensión de la propia identidad en evolución y del patrimonio cultural en un mundo caracterizado por la diversidad, así como la toma de conciencia de que el arte y otras manifestaciones culturales pueden suponer una manera de mirar el mundo y de darle forma.

Descriptor del perfil de salida	Definición
CCEC2	Disfruta, reconoce y analiza con autonomía las especificidades e intencionalidades de las manifestaciones artísticas y culturales más destacadas del patrimonio, distinguiendo los medios y soportes, así como los lenguajes y elementos técnicos que las caracterizan.
CCEC3	Expresa ideas, opiniones, sentimientos y emociones por medio de producciones culturales y artísticas, integrando su propio cuerpo y desarrollando la autoestima, la creatividad y el sentido del lugar que ocupa en la sociedad, con una actitud empática, abierta y colaborativa.
CCEC4	Conoce, selecciona y utiliza con creatividad diversos medios y soportes, así como técnicas plásticas, visuales, audiovisuales, sonoras o corporales, para la creación de productos artísticos y culturales, tanto de forma individual como colaborativa, identificando oportunidades de desarrollo personal, social y laboral, así como de emprendimiento.

Competencia emprendedora (CE)

La competencia emprendedora implica desarrollar un enfoque vital dirigido a actuar sobre oportunidades e ideas, utilizando los conocimientos específicos necesarios para generar resultados de valor para otras personas. Aporta estrategias que permiten adaptar la mirada para detectar necesidades y oportunidades; entrenar el pensamiento para analizar y evaluar el entorno, y crear y replantear ideas utilizando la imaginación, la creatividad, el pensamiento estratégico y la reflexión ética, crítica y constructiva dentro de los procesos creativos y de innovación; y despertar

la disposición a aprender, a arriesgar y a afrontar la incertidumbre. Asimismo, implica tomar decisiones basadas en la información y el conocimiento y colaborar de manera ágil con otras personas, con motivación, empatía y habilidades de comunicación y de negociación, para llevar las ideas planteadas a la acción mediante la planificación y gestión de proyectos sostenibles de valor social, cultural y económico-financiero.

Descriptor del perfil de salida	Definición
CE1	Analiza necesidades y oportunidades y afronta retos con sentido crítico, haciendo balance de su sostenibilidad, valorando el impacto que puedan suponer en el entorno, para presentar ideas y soluciones innovadoras, éticas y sostenibles, dirigidas a crear valor en el ámbito personal, social, educativo y profesional.
CE2	Evalúa las fortalezas y debilidades propias, haciendo uso de estrategias de autoconocimiento y autoeficacia, y comprende los elementos fundamentales de la economía y las finanzas, aplicando conocimientos económicos y financieros a actividades y situaciones concretas, utilizando destrezas que favorezcan el trabajo colaborativo y en equipo, para reunir y optimizar los recursos necesarios que lleven a la acción una experiencia emprendedora que genere valor.

Competencia digital (CD)

La competencia digital implica el uso seguro, saludable, sostenible, crítico y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, para el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas.

Descriptor del perfil de salida	Definición
CD1	Realiza búsquedas en internet atendiendo a criterios de validez, calidad, actualidad y fiabilidad, seleccionando los resultados de manera crítica y archivándolos, para recuperarlos, referenciarlos y reutilizarlos, respetando la propiedad intelectual.
CD3	Se comunica, participa, colabora e interactúa compartiendo contenidos, datos e información mediante herramientas o plataformas virtuales, y gestiona de manera responsable sus acciones, presencia y visibilidad en la red, para ejercer una ciudadanía digital activa, cívica y reflexiva.

Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA)

La competencia personal, social y de aprender a aprender implica la capacidad de reflexionar sobre uno mismo para autoconocerse, aceptarse y promover un crecimiento personal constante; gestionar el tiempo y la información eficazmente; colaborar con otros de forma constructiva; mantener la resiliencia; y gestionar el aprendizaje a lo largo de la vida.

Descriptor del	Definición
----------------	------------

perfil de salida	
CPSAA2	Comprende los riesgos para la salud relacionados con factores sociales, consolida estilos de vida saludable a nivel físico y mental, reconoce conductas contrarias a la convivencia y aplica estrategias para abordarlas.
CPSAA3	Comprende proactivamente las perspectivas y las experiencias de las demás personas y las incorpora a su aprendizaje, para participar en el trabajo en grupo, distribuyendo y aceptando tareas y responsabilidades de manera equitativa y empleando estrategias cooperativas.
CPSAA4	Realiza autoevaluaciones sobre su proceso de aprendizaje, buscando fuentes fiables para validar, sustentar y contrastar la información y para obtener conclusiones relevantes.

Competencia matemática, científica, tecnológica y de ingeniería (STEM)

La competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (competencia STEM por sus siglas en inglés) entraña la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible.

La competencia matemática permite desarrollar y aplicar la perspectiva y el razonamiento matemáticos con el fin de resolver diversos problemas en diferentes contextos.

La competencia en ciencia conlleva la comprensión y explicación del entorno natural y social, utilizando un conjunto de conocimientos y metodologías, incluidas la observación y la experimentación, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas para poder interpretar y transformar el mundo natural y el contexto social.

La competencia en tecnología e ingeniería comprende la aplicación de los conocimientos y metodologías propios de las ciencias para transformar nuestra sociedad de acuerdo con las necesidades o deseos de las personas en un marco de seguridad, responsabilidad y sostenibilidad.

Descriptor del perfil de salida	Definición
STEM1	Utiliza métodos inductivos y deductivos propios del razonamiento matemático en situaciones conocidas, y selecciona y emplea diferentes estrategias para resolver problemas analizando críticamente las soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario.
STEM2	Utiliza el pensamiento científico para entender y explicar los fenómenos que ocurren a su alrededor, confiando en el conocimiento como motor de desarrollo, planteándose preguntas y comprobando hipótesis mediante la experimentación y la indagación, utilizando herramientas e instrumentos adecuados, apreciando la importancia de la precisión y la veracidad y mostrando una actitud crítica acerca del alcance y las limitaciones de la ciencia.

STEM3	Plantea y desarrolla proyectos diseñando, fabricando y evaluando diferentes prototipos o modelos para generar o utilizar productos que den solución a una necesidad o problema de forma creativa y en equipo, procurando la participación de todo el grupo, resolviendo pacíficamente los conflictos que puedan surgir, adaptándose ante la incertidumbre y valorando la importancia de la sostenibilidad.
STEM4	Interpreta y transmite los elementos más relevantes de procesos, razonamientos, demostraciones, métodos y resultados científicos, matemáticos y tecnológicos de forma clara y precisa y en diferentes formatos (gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos...), aprovechando de forma crítica la cultura digital e incluyendo el lenguaje matemático-formal con ética y responsabilidad, para compartir y construir nuevos conocimientos.
STEM5	Emprende acciones fundamentadas científicamente para promover la salud física, mental y social, y preservar el medio ambiente y los seres vivos; y aplica principios de ética y seguridad en la realización de proyectos para transformar su entorno próximo de forma sostenible, valorando su impacto global y practicando el consumo responsable.

Tabla 22. Definiciones de las competencias clave y descriptores del perfil de salida recogidas en el Real Decreto 217/2022 (España, 2022, Anexo I).