



Edu@iTS

Grup d'Innovació Docent "Educació Científica, Tecnològica i per a la Sostenibilitat"
(Universitat de Barcelona)

Actividades con narrativa integrada



Didáctica de la materia, la energía y la interacción (DMEI)

Grado de Maestro/a de Educación Primaria

Gregorio Jiménez Valverde

Proyecto de Innovación Docente:

“Crea tu propia aventura: implementación de un ambiente gamificado de aprendizaje centrado en la narrativa”

(2024PID-UB/020)



Presentación

Presentación

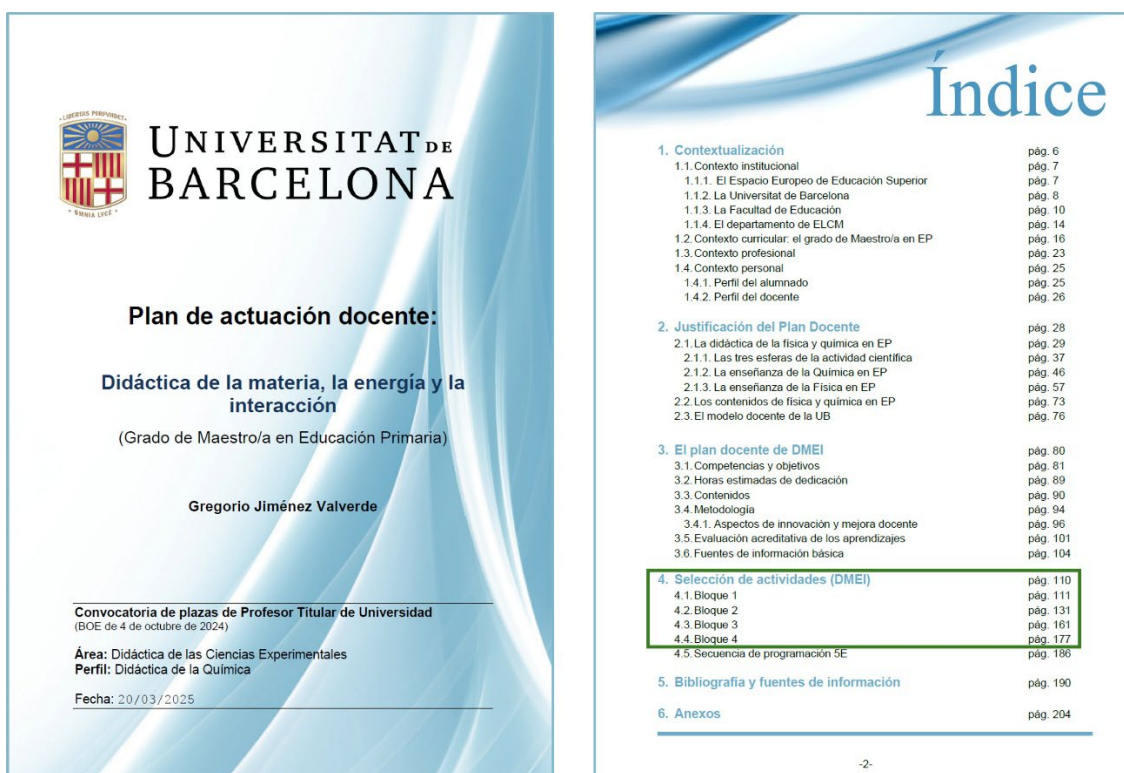
Este documento recoge una selección de actividades didácticas articuladas mediante una narrativa común, diseñadas para la asignatura Didáctica de la Materia, la Energía y la Interacción (DMEI), del Grado de Maestro/a de Educación Primaria, en el marco del proyecto de innovación docente “Crea tu propia aventura: implementación de un ambiente gamificado de aprendizaje centrado en la narrativa” (2024PID-UB/020) de la Universitat de Barcelona. Estos materiales corresponden a la primera fase de implementación del proyecto, centrada en la incorporación de una narrativa común que articula las actividades de aula, los retos propuestos al alumnado y determinadas dinámicas propias de un ambiente gamificado de aprendizaje.

Las actividades incluidas en el documento no se presentan únicamente como materiales narrativos dirigidos al alumnado, sino que cada una de ellas va precedida de una fundamentación teórico-didáctica. Esta fundamentación permite situar la actividad en relación con los contenidos científicos y didácticos de la asignatura, justificar las metodologías empleadas —como la indagación, la modelización, el aprendizaje cooperativo, la argumentación científica o el uso de sucesos discrepantes— y explicitar su conexión con aspectos relevantes de la enseñanza de las ciencias, especialmente con la Naturaleza de la Ciencia, la construcción de modelos, el trabajo experimental y el desarrollo del pensamiento científico en la formación inicial de maestros y maestras. De este modo, el documento combina la contextualización didáctica de cada actividad con el material de aula presentado al alumnado en forma de reto, misión o situación narrativa.

Las actividades se organizan a partir de un universo narrativo presentado al alumnado el primer día de clase. En esta narrativa, el alumnado es invitado a adentrarse en los reinos de DMEI, un mundo formado por cuatro reinos que, en otro tiempo, coexistieron en paz, prosperidad y equilibrio: el Reino de la Didáctica, gobernado por la Reina Clarissa de la Curiosidad; el Reino de la Materia, gobernado por Elixia de la Esencia; el Reino de la Energía, gobernado por Beric el Brillante; y el Reino de la Interacción, gobernado por Morgana la Maquinadora. La armonía entre estos reinos se rompe cuando Morgana, movida por sus ansias de poder, se transforma en una tirana y somete a los demás reinos, provocando la destrucción del equilibrio, la sostenibilidad y la prosperidad del mundo de DMEI.

A partir de este planteamiento inicial, el alumnado asume el papel de un grupo de guerreros y guerreras llamados a superar retos, enfrentarse a obstáculos y contribuir a restaurar la paz y el equilibrio en los reinos. Esta trama común permite contextualizar las actividades de la asignatura, dotarlas de continuidad narrativa y conectar los desafíos planteados con los contenidos, competencias y procesos de reflexión propios de la didáctica de las ciencias. Por ello, a lo largo del documento aparecen referencias a personajes, lugares y acontecimientos de este universo narrativo, como Morgana, Clarissa, los distintos reinos de DMEI o la misión de recuperar la armonía perdida.

Conviene señalar que el material que aquí se presenta procede de un extracto del Plan de Actuación Docente elaborado por el autor de estos materiales en el concurso para optar a una plaza de Profesor Titular de Universidad. Por este motivo, se ha mantenido deliberadamente el formato original del documento del que forma parte: la misma lengua de redacción, la misma numeración de apartados —de ahí que el documento comience en el apartado 4—, la misma numeración de figuras —por lo que la primera figura del extracto es la número 46—, las referencias internas y la organización formal del texto. La presente versión se ofrece, por tanto, como material de difusión de las acciones desarrolladas en el proyecto de innovación docente, respetando la forma en que estas actividades fueron originalmente presentadas en ese contexto académico.



Portada e índice del Plan de actuación docente (20/03/2025) del que procede este extracto de actividades. El recuadro verde identifica el apartado 4, «Selección de actividades (DMEI)», en el que se recogen las actividades con narrativa integrada difundidas en este documento.

Fuente: Plan de actuación docente presentado por el autor.

4.1. Bloque 1

4.1.1. El ladrón ¿inocente?

Esta actividad es una adaptación de la clásica *Tricky Tracks* (Lederman y Abd-El-Khalick, 2002), diseñada para que los estudiantes distingan entre observación e inferencia, dos procesos fundamentales en la construcción del conocimiento científico. En la actividad original, se presentan a los participantes diversas imágenes con huellas y se les pide que realicen observaciones detalladas antes de formular inferencias sobre qué pudo haber sucedido.

Desde el punto de vista de la NdC, esta actividad permite resaltar cómo los científicos construyen explicaciones basándose en evidencia empírica, pero también cómo la subjetividad, el conocimiento previo y el contexto pueden influir en sus interpretaciones (Lederman, 2007). A menudo, los científicos deben inferir eventos pasados o mecanismos invisibles a partir de datos limitados, del mismo modo que los estudiantes en esta actividad deben reconstruir los hechos a partir de las huellas presentadas. Esta tarea refleja fielmente la manera en que los científicos trabajan en disciplinas como la paleontología, la astronomía o la arqueología, donde la observación de vestigios o fenómenos actuales permite hacer inferencias sobre procesos pasados.

Uno de los principales objetivos de esta actividad es que los estudiantes comprendan que las observaciones son directas y objetivas, mientras que las inferencias dependen de la interpretación y pueden variar entre diferentes personas. Aunque dos científicos (o en este caso, dos grupos de estudiantes) pueden estar de acuerdo en los datos observados, sus explicaciones pueden diferir significativamente. Este ejercicio ayuda a los estudiantes a desarrollar una comprensión más sofisticada de cómo se genera el conocimiento científico y de por qué diferentes científicos pueden llegar a conclusiones distintas a partir de la misma evidencia (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000).

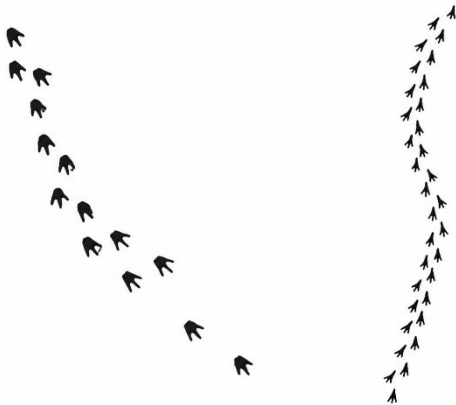
Además, la actividad introduce de manera implícita el carácter tentativo del conocimiento científico, ya que los participantes pueden modificar sus hipótesis a medida que se les presentan nuevas evidencias. Esta dinámica refleja el proceso de la ciencia real, en la que una teoría o explicación puede ajustarse con la aparición de nuevos datos. Al mismo tiempo, se pone en evidencia el papel de la argumentación científica, ya que los estudiantes deben formular y defender su conclusión frente al resto de compañeros. Al situar la actividad dentro de una narrativa de conflicto y justicia, se promueve una analogía con el mundo real, donde las evidencias deben ser analizadas antes de tomar decisiones precipitadas. Esto no solo fortalece las habilidades científicas de los estudiantes, sino que también desarrolla su capacidad para el pensamiento crítico y la toma de decisiones basadas en evidencia, competencias clave tanto en el ámbito científico como en la vida cotidiana.

El ladrón ¿inocente? (material para el estudiante):

Buscando refugio para pasar la noche, os acercáis a una pequeña villa y oís un gran griterío. Cuando os acercáis, veis a la gente enloquecida y furiosa. Y es que las tinieblas y la oscuridad, sacan las peores versiones de cada uno de nosotros. En medio, veis a un muchacho que es abucheado y que implora su inocencia.

- ¡Ladrón, más que ladrón! ¡Has sido tú, no lo niegues!
- ¡No queremos a ningún ladronzuelo en el pueblo, vete de aquí!
- ¡Confiesa, sinvergüenza! Sabemos que has sido tú.

El almacén de alimentos y provisiones del pueblo ha sido saqueado. Y cuando el primer aldeano se ha dado cuenta, era el muchacho quien estaba por los alrededores. Entonces, cuando os acercáis, observáis unas extrañas huellas, propias de las bestias que las penumbras han traído. Tienen una forma curiosa, que os llama la atención:

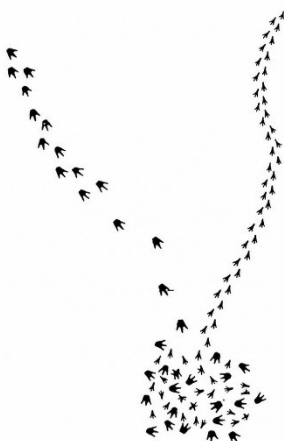


¿Qué observáis?

- No he sido yo, os lo juro... -susurra el pequeño muchacho.

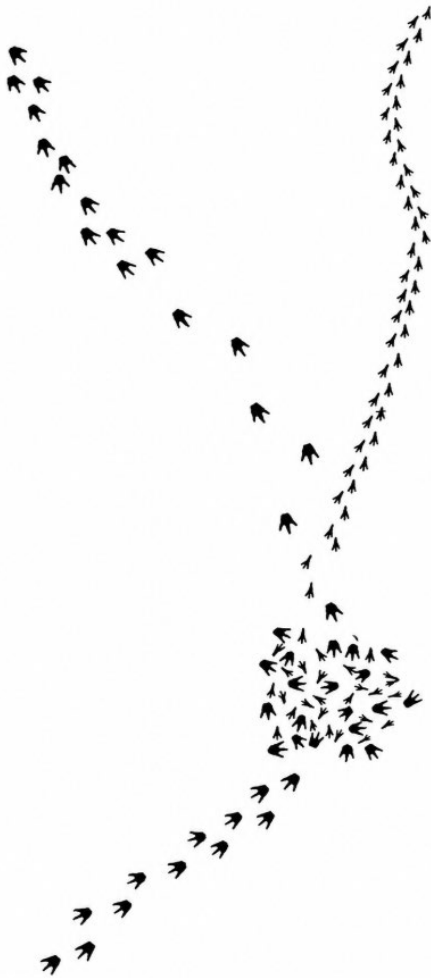
Sin embargo, los habitantes están demasiado enfurecidos.

Pero vosotros, decidís acercaros y descubrís que las huellas continúan:



¿Qué creéis que ha pasado?

La suerte del chiquillo depende de vosotros, ya que no hay nadie más que crea en su inocencia. Así, que entráis en el almacén y echáis un último vistazo. Es cuando veis la imagen completa de las huellas:



¿Qué observáis?

¿Qué creéis que ha pasado?

Entonces, alzáis vuestras voces y os dirigís a la multitud, haciendo un discurso final que pueda salvar al niño. Rápido, pensad en una conclusión y decidla a vuestro profesor.

La suerte o desgracia del chiquillo depende de vosotros y, si lo convencéis, podréis además ganar una recompensa. ¡Espabilad!

Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- ¿Cuál creéis que es la diferencia entre observación e inferencia?
- ¿Cómo creéis que responden los alumnos a preguntas de observación y de inferencia? ¿Cuál puede ser su actitud respecto a cada una de ellas?
- ¿Crees que, en el mundo de la ciencia, la confusión entre observación e inferencia puede llevar a alguna conclusión errónea? Pon algún ejemplo.
- ¿Te ha servido esta actividad para darte cuenta de cuál puede ser la mejor estrategia para preguntar al alumnado? ¿Te ha gustado?
- ¿Cómo ha sido la dinámica de grupo a la hora de expresar lo que observabais o lo que creáis que había sucedido? ¿Ha habido diversidad de opiniones?
- Da tres posibles explicaciones diferentes de lo que puede haber ocurrido. ¿Es posible saber con exactitud qué ha sucedido?

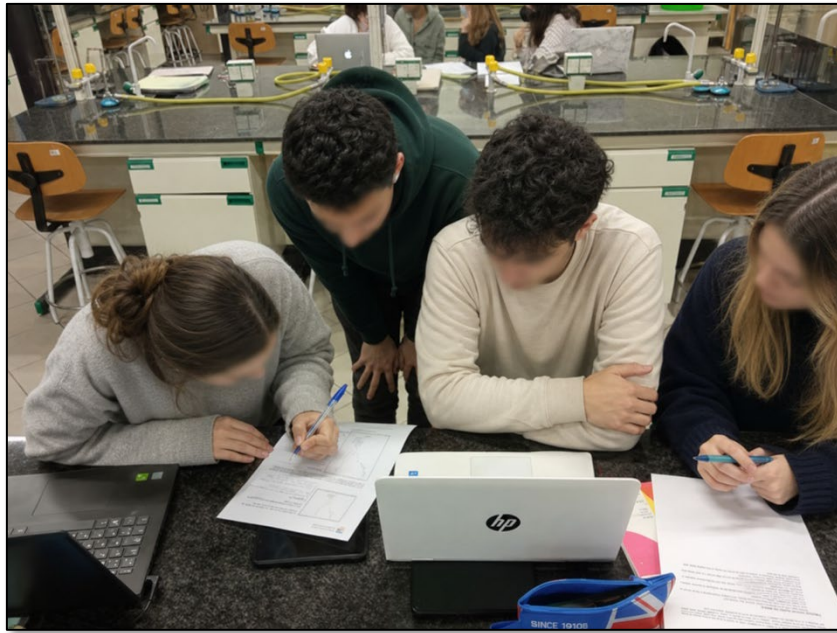


Figura 46. Estudiantes durante la actividad “El ladrón ¿inocente?”

4.1.2. La llave de la muralla

“La llave de la muralla” es una adaptación de otra actividad clásica en la enseñanza de la NdC: la actividad del tangram y la pieza extra. Es una actividad diseñada para ilustrar principios fundamentales sobre la NdC, particularmente el carácter tentativo y dinámico del conocimiento científico. Inspirada en la propuesta original de Choi (2004), esta actividad permite a los estudiantes experimentar una analogía sobre cómo los científicos construyen y revisan modelos a partir de nueva evidencia.

Uno de los principales objetivos de la actividad es ayudar a los estudiantes a comprender que el conocimiento científico no es estático ni absoluto, sino que está sujeto a modificaciones a medida que se obtiene nueva información o se reinterpretan datos previos (Lederman, 2007). La actividad se basa en la construcción inicial de un cuadrado con las piezas disponibles del tangram, representando el conocimiento científico actual. Posteriormente, aparece una nueva pieza que debe tenerse en cuenta para construir un nuevo cuadrado, lo que obliga a los estudiantes a reorganizar su estructura inicial, reflejando el proceso de revisión y ajuste característico de la ciencia.

Esta actividad destaca varios aspectos clave de la NdC:

- El conocimiento científico es tentativo pero duradero: aunque la ciencia busca generar explicaciones confiables, estas pueden cambiar cuando aparece nueva información. Esto se ejemplifica cuando los estudiantes creen haber encontrado la solución final, solo para darse cuenta de que deben reajustarla al recibir la nueva pieza.
- La construcción del conocimiento se basa en evidencias: los estudiantes deben analizar cómo encajan las piezas disponibles antes de llegar a una conclusión, lo que refleja el trabajo de los científicos al interpretar datos y ajustar modelos en función de la evidencia empírica (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000).
- El proceso científico involucra creatividad y resolución de problemas: a menudo se cree erróneamente que la ciencia sigue un único método rígido. Sin embargo, la actividad demuestra que los científicos recurren a múltiples estrategias, incluyendo la colaboración y la prueba y error, para construir explicaciones satisfactorias (Harlen y Qualter, 2018).
- El conocimiento científico puede ser influenciado por marcos previos: en la actividad, los estudiantes inicialmente asumen que solo hay una manera de ensamblar el cuadrado, al igual que los científicos pueden estar influenciados por teorías establecidas hasta que nueva evidencia desafía esas ideas y obliga a reconsiderarlas.

Por tanto, esta actividad no solo proporciona una representación tangible de cómo evoluciona el conocimiento científico, sino que también fomenta en los estudiantes una comprensión más profunda de la ciencia como un proceso dinámico y en constante revisión. Al integrar la NdC de manera explícita en el aprendizaje, se

contribuye al desarrollo de una alfabetización científica más sólida y significativa para los estudiantes de Educación Primaria (EP).

La llave de la muralla (material para el estudiante):

En vuestro camino hacia la capital del Reino de la Didáctica os encontráis una larga y alta muralla de centenares de años de antigüedad. Sus muros muestran el paso de los años y varios arañazos provocados por los ataques de los secuaces de Morgana la Maquinadora. Se respira un aire algo pesimista y la gran mayoría de la población está escondida detrás de los muros de la muralla.

No podéis rodear la muralla. Sólo podéis continuar vuestro camino atravesándola. Afortunadamente, a pocos metros veis una puerta que lo permite. Es una amplia puerta custodiada por dos guardianes de piedra, cortados en la misma piedra de los muros. Cuando os acercáis, con una voz grave y ominosa, pronuncia:



-Sólo las personas dignas de intelecto pueden acceder a la capital del Reino de la Didáctica. De lo contrario, las puertas permanecerán para siempre cerradas para vosotros.

Os fijáis, entonces, que la puerta está cerrada y tiene una cerradura muy rara. No es como las que habíais visto anteriormente. Tiene dibujada la forma del castillo del reino y, en el lugar donde debería introducirse la llave, solo hay un espacio en forma de cuadrado. Es cuando os fijáis que, colgadas, hay unas piezas que pueden ser de gran ayuda.

-Las puertas de nuestras murallas carecen de llaves. Las puertas de la muralla solo se abren de forma análoga al funcionamiento de la ciencia. Solo a aquellos que demuestren saberlo, tendrán el honor de entrar en nuestro reino como habitantes de pleno derecho. -Se escucha hablar al guardián de la muralla.

Fase 1: En grupos, intentad descifrar este enigma. ¿Sois vosotros los elegidos para atravesar la muralla? ¿Puedes formar un cuadrado con las piezas disponibles?

Dibujad la solución que habéis encontrado:



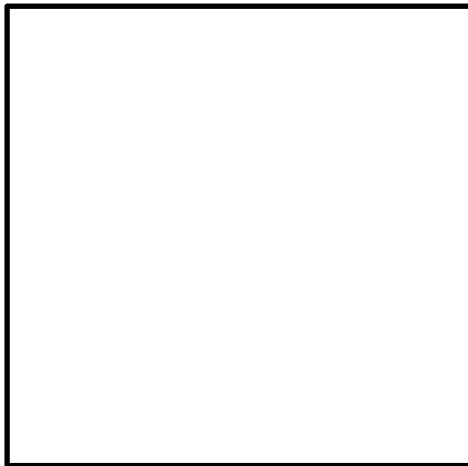
¿Creéis que solo hay una única solución?

Fase 2:

El guardián de la muralla entonces pronuncia:

-Muy bien, pero eso no es más que el principio. Habéis creído que ya se había terminado, ja, ja, ja. ¡No es así! Porque la última pieza la tengo yo.

Entonces, os fijáis que en su mano descansa una última pieza que se os había pasado por alto. Debéis de volver a hacer la forma cuadrada de la cerradura para poder abrir las puertas de la ciudad. Volved a dibujar la respuesta.



Cuando lo conseguís, el guardián pronuncia:

-La verdadera entrada como honorable ciudadano del Reino de la Didáctica, no la hace ni una cerradura ni una llave. La hace un pensamiento crítico y científico. ¡Adelante!

Entonces, la puerta se abre y entráis en la capital del Reino de Didáctica con más preguntas que respuestas. Pero os dais cuenta de algo muy importante, que tener preguntas, no es más que ser un pensador, un científico. Y es por eso por lo que sois dignos de entrar en la capital de la Didáctica.

Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- ¿Qué dificultades os habéis encontrado cuando el guardián os ha dado una nueva pieza?
- ¿Puedes encontrar una analogía entre toda esta actividad y la ciencia, como decía el guardián? ¿Qué representaría, en esta analogía, la última pieza? ¿Por qué ha sido tan importante para poder seguir adelante y encontrar otra solución compatible?
- ¿Qué hubiera pasado si no hubiéramos tenido conocimiento de la nueva pieza?
- ¿Os ha hecho pensar más? ¿Por qué? ¿Habéis tenido que ser creativos? ¿Qué opinas sobre trabajar en grupo para encontrar la respuesta? ¿Y sobre la prueba y error para llegar a la solución? ¿Y sobre el papel de la suerte?
- ¿Qué implica que todas las piezas encajen, en la ciencia? ¿Podemos estar seguros de que la información que tenemos actualmente sobre el mundo es completa? ¿Esta información es inamovible?
- ¿Cómo valoras la actividad? ¿Qué has aprendido con esta actividad sobre cómo funciona la ciencia?



Figura 47. Estudiantes durante la actividad “La llave de la muralla”

4.1.3. El mercado de Overa

El principio central de esta actividad es la idea de que, en ciencia, muchas veces, los científicos no pueden acceder directamente al objeto de estudio y deben recurrir a observaciones indirectas y a la formulación de modelos explicativos (Cavallo, 2007). Un claro ejemplo de ello es el modelo atómico, que ha evolucionado a lo largo de la historia sin que los científicos hayan "visto" los átomos y su interior directamente, sino a través de experimentos y pruebas indirectas.

A lo largo de la actividad, los estudiantes deben enfrentarse a un problema que no pueden resolver de manera inmediata ni sencilla. Al principio, realizan observaciones cualitativas usando únicamente sus sentidos, estableciendo la diferencia entre lo que se observa y lo que se infiere. Esta distinción es clave en la formación del pensamiento científico, ya que, en muchas ocasiones, las inferencias dependen del conocimiento previo y pueden variar entre individuos (Knott y Thier, 1993).

Posteriormente, con la financiación adecuada, tienen acceso a una nueva herramienta, un imán, que permite obtener nueva información. Este momento de la actividad representa el avance del conocimiento científico a medida que se desarrollan nuevas técnicas e instrumentos, que permiten refinar los modelos existentes, pero también que la ciencia necesita financiación, ya que, sin la financiación adecuada no pueden acceder a esta nueva tecnología. Esta restricción fomenta discusiones sobre la desigualdad en el acceso a los recursos científicos, las decisiones que deben tomarse basándonos en el presupuesto disponible y cómo esto puede afectar las investigaciones.

Otro concepto fundamental que se trabaja en la actividad es la colaboración en la ciencia. En la segunda fase, los estudiantes deben discutir y compartir sus hipótesis, replicando el trabajo de los científicos en comunidades de investigación donde se analizan datos, se cuestionan resultados y se proponen explicaciones alternativas.

Un elemento clave de la actividad es la negativa de la anciana a revelar el contenido de la caja. Este aspecto representa la imposibilidad de acceder a una "verdad absoluta" de manera inmediata. En ciencia, muchas veces no podemos simplemente "abrir la caja" y ver la respuesta, sino que debemos formular hipótesis basadas en la evidencia disponible. Esto es análogo a cómo los científicos deben inferir la composición del núcleo terrestre o la estructura del átomo. En este sentido, la anciana simboliza la propia naturaleza de la ciencia: no proporciona respuestas directas, sino que exige a los investigadores construirlas con los recursos y evidencias disponibles.

Por otro lado, la tentatividad del conocimiento científico se ilustra en el proceso de revisión de los modelos elaborados por los estudiantes. A medida que acceden a nuevas herramientas y datos, deben modificar sus hipótesis previas, del mismo modo en que las teorías científicas evolucionan con el tiempo. Esto refleja la naturaleza dinámica de la ciencia y la importancia de mantener una actitud crítica y abierta al cambio.

Esta actividad, por tanto, permite a los estudiantes experimentar de primera mano los principios fundamentales de la Naturaleza de la Ciencia: la diferencia entre observación e inferencia, el papel de los modelos en la explicación de fenómenos invisibles, la importancia de la colaboración y el carácter tentativo del conocimiento científico. Al integrar estos conceptos en una narrativa gamificada, se fomenta una comprensión más profunda y significativa del proceso científico, promoviendo el desarrollo del pensamiento crítico y la argumentación basada en evidencia.

El mercado de Overa (material para el estudiante):

En vuestro camino hacia el castillo de Didáctica, atravesáis la villa de Overa. Sus calles son amplias y bulliciosas, llenas de actividad y comerciantes que ofrecen todo tipo de productos. Mientras exploráis el mercado, os llama la atención un pequeño puesto atendido por una anciana de cabellos largos y blancos que os dedica una sonrisa enigmática. Os acercáis y veis un rótulo sobre su mostrador que dice: "Conocimiento Científico".



Intrigados, preguntáis cuánto cuestan los productos de su puesto.

— "200 monedas de oro", responde la mujer con voz profunda.

— "¿Y qué contienen?", preguntáis con curiosidad.

— "¡Eso no os lo puedo decir! ¿Queréis una caja o no?", responde con un tono desafiante.

Os miráis entre vosotros. Algo os dice que hay un misterio por resolver. ¿Qué habrá dentro de esas cajas negras? Sin querer gastar vuestro oro sin tener certezas, cogéis una de ellas y la examináis cuidadosamente. Al sostenerla en vuestras manos, notáis que no está vacía. Algo hay en su interior, pero la caja está cerrada y no hay manera de abrirla.

Fase 1: Exploración inicial

Cada uno de vosotros toma la caja y, usando únicamente vuestros sentidos, tratáis de imaginar cómo es por dentro. Dibujad lo que creéis que hay en su interior.

Pregunta: ¿Cuál creéis que es su contenido? ¿Por qué?

Fase 2: Puesta en común

En equipo, compartís vuestras ideas y combináis vuestras observaciones. Elaborad un nuevo dibujo grupal con vuestra mejor hipótesis sobre el interior de la caja.

Pregunta: ¿Por qué pensáis que la caja es así por dentro?

Fase 3: Uso de herramientas

En una de las tiendas de al lado venden imanes por 50 monedas de oro. En el caso de tener suficiente oro, podéis decidir comprar un imán y seguir investigando. ¿Podéis dar información adicional de la caja? ¿Modificáis vuestro dibujo?

Cuando le mostráis vuestro dibujo a la anciana y ella lo observa detenidamente. Entonces le preguntáis: “¿Es este el contenido de la caja?”. La anciana exclama con tono indignado:

— “¡Eso no os lo puedo decir! ¿No habéis leído el cartel de ‘Conocimiento Científico’? Lo que pretendéis va en contra del espíritu de la ciencia”, exclama indignada, y de un golpe, os quita la caja de las manos.

Os quedáis pensativos. ¿Qué significa esto? Finalmente, os despedís de la anciana con muchas preguntas en la cabeza.

Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- ¿Qué dificultades habéis encontrado durante el proceso de investigación del interior de la caja?
- ¿Cómo se relacionan la observación y la inferencia en esta actividad? ¿Qué relación puede tener esta actividad con el cartel de "Conocimiento Científico" del puesto?
- ¿Es una ventaja ser creativo/a en situaciones como esta? ¿Y trabajar en grupo?
- ¿Por qué creéis que la anciana no deja abrir las cajas?
- ¿Qué hubiera pasado si no hubierais tenido 50 monedas de oro para comprar el imán? ¿Cómo afecta la falta de recursos en la investigación científica? ¿Cómo podría cambiar el conocimiento si tuvieran acceso ilimitado a herramientas?
- ¿Qué significa que los científicos y científicas trabajen con modelos?
- ¿Creéis que ha valido la pena detenerse en el puesto y realizar esta investigación? ¿Por qué? ¿Qué aprendizajes de esta actividad podrías aplicar a otros contextos fuera de la ciencia?



Figura 48. Estudiantes de DMEI durante la actividad “El mercado de Overa”.

4.1.4. Fiebre puerperal [no incluida en esta recopilación]

4.1.5. La batalla contra Pipetto

En esta actividad, los estudiantes utilizan la técnica del puzle de Aronson (Aronson y Patnoe, 2011). Para su implementación, se aprovecha la distribución habitual de los estudiantes en grupos de trabajo de cuatro miembros (figura 49), cada uno con roles específicos: secretario/a, coordinador/a, supervisor/a y portavoz. Estos conforman los grupos base, de los cuales hay ocho en total, sumando 32 alumnos.

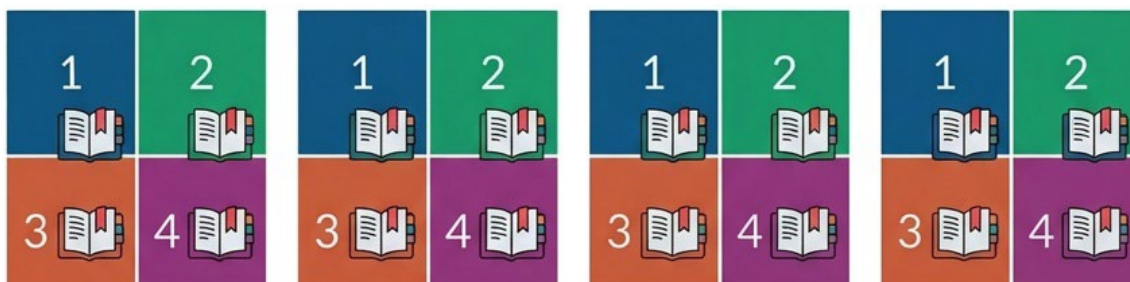


Figura 49. Distribución habitual de los grupos.

El desarrollo de la actividad comienza con la reorganización de la clase en grupos homogéneos (grupos de expertos) según los roles previamente asignados (figura 50). Así, se forman dos grupos de secretarios, dos de coordinadores, dos de supervisores y dos de portavoces, cada uno compuesto por cuatro estudiantes. A cada uno de estos roles se le asigna un tema sobre el que deberán especializarse: los secretarios trabajarán el constructivismo de Piaget, los coordinadores el constructivismo de Vygotsky, los supervisores profundizarán en el estudio de las ideas previas en la enseñanza de las ciencias, y los portavoces se centrarán en la indagación escolar y el modelo de enseñanza de las 5E (Bybee, 2016).

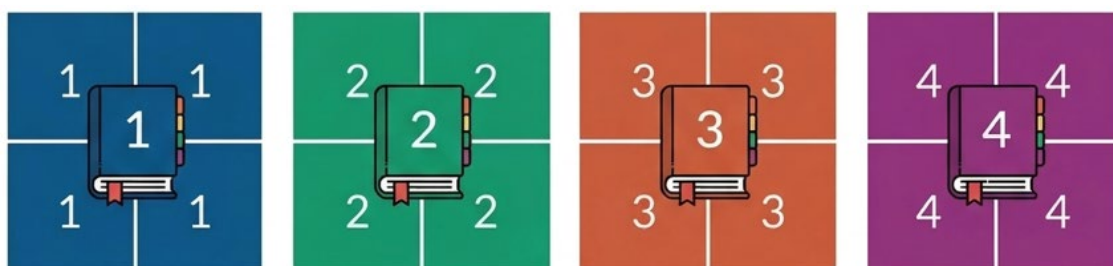


Figura 50. Grupos de expertos.

En la fase de especialización, los grupos de expertos leen un texto sobre su tema durante aproximadamente diez minutos, tras lo cual debaten con sus compañeros del mismo grupo para asegurar la comprensión de la información y resolver dudas en conjunto. Este intercambio dura unos quince minutos y permite que cada estudiante consolide su dominio del tema antes de compartirlo con los demás. Una vez completada esta etapa, los estudiantes regresan a sus grupos base (figura 51), donde cada uno de los cuatro miembros actúa como experto en su respectivo tema y explica su contenido a los demás. Este proceso se lleva a cabo en cuarenta minutos,

asegurando que todos los miembros del grupo base adquieran una comprensión global de los cuatro temas trabajados.



Figura 51. Retorno de los expertos a sus grupos-base.

Para reforzar el aprendizaje y evaluar la comprensión de los contenidos, el profesor activa una *batalla* en FantasyClass, una funcionalidad de la plataforma de gamificación utilizada en la asignatura. En esta dinámica, toda la clase se enfrenta a un monstruo que desafía a los estudiantes seleccionados al azar con preguntas de opción múltiple sobre los cuatro temas (figura 52). Cada alumno dispone de treinta segundos para responder individualmente. Si acierta, debilita al monstruo, y tras diez respuestas correctas, este es derrotado, lo que otorga una recompensa a toda la clase en forma de puntos de experiencia, los cuales reflejan el progreso académico y tienen incidencia en la calificación de la asignatura. En caso de error, ese estudiante pierde puntos de vida en FantasyClass y el monstruo elige un nuevo contrincante. Si la clase acumula tres errores, el monstruo gana la batalla y los estudiantes no reciben ninguna recompensa.

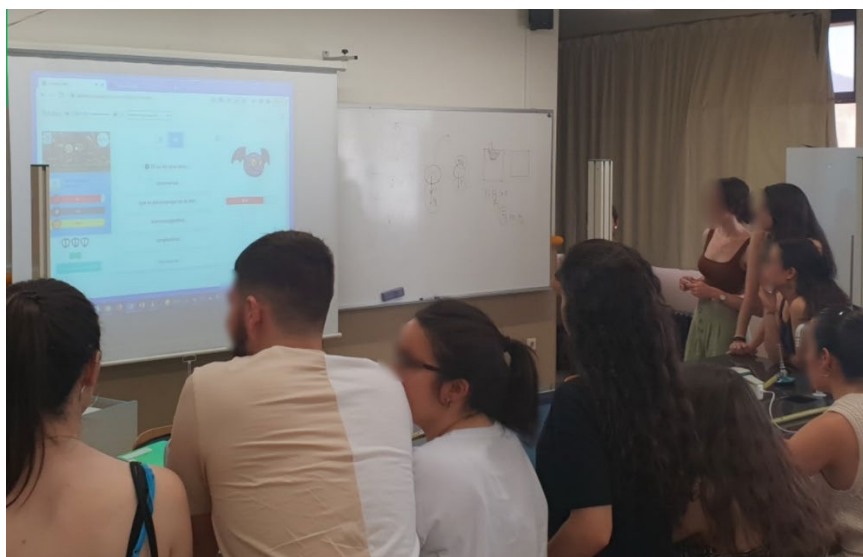


Figura 52. Alumnos de DMEI luchando cooperativamente contra Pipetto en una batalla de FantasyClass (Jiménez-Valverde et al., 2024).

La actividad concluye con una sesión plenaria dirigida por el docente, donde se revisan y discuten los aspectos que pudieron generar dificultades durante la batalla. Este espacio permite reforzar conceptos, aclarar dudas y consolidar el aprendizaje, asegurando que todos los estudiantes logren una comprensión profunda de los enfoques pedagógicos trabajados.

Material para el alumnado (la batalla contra Pipetto)

El alba ilumina los vastos campos del Reino de la Didáctica cuando los guerreros llegan a las puertas de la Gran Academia de Didáctica, un lugar donde el conocimiento es la clave para avanzar en la batalla contra la oscuridad. Sin embargo, un nuevo desafío los espera. Justo cuando creían estar un paso más cerca de la verdad, un mensajero llega corriendo desde la Torre de los Sabios con noticias alarmantes.

— ¡Guerreros! ¡El ejército de Morgana ha movido ficha! —exclama, tratando de recuperar el aliento—. Un nuevo adversario os espera en vuestro camino. Un esbirro de Morgana, nacido de la confusión y la ignorancia, forjado en las sombras de la desinformación: el malvado monstruo Pipetto. ¡Pipetto ha bloqueado vuestro paso en el puente del río hacia las comarcas del sur! ¡Esquivar el monstruo y encontrar una ruta alternativa demoraría el viaje demasiado tiempo!



El Guardián del Conocimiento, presente en la escena, frunce el ceño con gravedad.

— Este monstruo es astuto y cruel. No necesita espadas ni garras para derrotaros, solo aprovechar vuestras dudas y vuestra falta de preparación. Su poder reside en lanzar preguntas que pondrán a prueba vuestro entendimiento sobre los principios de la didáctica de las ciencias. Si respondéis con precisión, lo debilitaréis. Pero si falláis, absorberá vuestra energía y se fortalecerá. Y lo más peligroso de todo... es que elige a sus víctimas al azar.

Los guerreros se miran entre sí. No pueden permitirse fallar. La batalla será intensa, y cualquier descuido los hará retroceder. Entonces, la voz sabia de la Reina Clarissa resuena en la sala:

— No os preocupéis, hay un camino para enfrentar este desafío con garantías. La clave del conocimiento no es la memoria de un solo guerrero, sino la sabiduría compartida entre todos. Si os aseguráis de que cada uno de vosotros domina a la perfección cada aspecto de la enseñanza de las ciencias, no habrá duda de que podáis vencerlo. Pero el tiempo es limitado, y debéis encontrar una estrategia eficaz.

El Guardián del Conocimiento asiente y señala una gran mesa en la sala, donde reposan pergaminos rotos en fragmentos dispersos.

— Haréis uso del antiguo método del Mago Aronson, un artefacto de aprendizaje cooperativo que os permitirá convertirlos en expertos en diferentes áreas. Primero, os dividiréis en grupos según vuestro rol y os especializaréis en un tema: Piaget,

Vygotsky, las ideas previas en la enseñanza de las ciencias y el modelo de enseñanza de las 5E, a partir de la información de la que disponemos en nuestra Gran Biblioteca. Luego, regresaréis con vuestro grupo original y compartiréis vuestro conocimiento, asegurando que todos tengan las herramientas necesarias para el combate.

El Guardián hace una pausa y agrega con una sonrisa desafiante:

— Esta es la única manera de asegurar que Pipetto no os pille desprevenidos. Si lo hacéis bien, estaréis preparados para cualquier pregunta que os lance. Pero si os confiáis y dejáis lagunas en vuestro aprendizaje... entonces sufriréis las consecuencias.

La Reina Clarissa se acerca a los guerreros y, con un gesto solemne, declara:

— Esta no es solo una batalla por la enseñanza, sino por el futuro de la Ciencia. Que vuestro conocimiento sea vuestra mejor espada y vuestro ingenio, vuestro mejor escudo. El destino del Reino está en vuestras manos.

Ahora la decisión es vuestra. ¿Seréis capaces de dominar el conocimiento y derrotar a Pipetto? ¡Que comience la preparación para la batalla!

4.1.6. La candidata a maestra de Cidilia [no incluida en esta recopilación]

4.1.7. Caos en la Escuela de Experimentia

El trabajo en el laboratorio es un aspecto esencial en la enseñanza de las ciencias, ya que permite a los estudiantes conectar la teoría con la práctica, fomentando una comprensión más profunda de los conceptos científicos. A través de la experimentación, los estudiantes pueden cuestionar sus conocimientos previos y confrontarlos con la realidad, lo que facilita un aprendizaje significativo.

Además, el laboratorio ofrece un espacio donde los estudiantes pueden desarrollar habilidades prácticas y técnicas esenciales para la indagación. Al participar en prácticas de laboratorio, los estudiantes no solo aprenden a manejar el material propio de la experimentación, sino que también desarrollan competencias en el diseño experimental, la observación meticulosa y la interpretación de datos. Estas experiencias son fundamentales para comprender cómo se construye el conocimiento científico y cómo se validan las teorías a través de la evidencia empírica.

La seguridad en el laboratorio es otro aspecto crucial que debe ser enfatizado en la educación científica. Es fundamental que los estudiantes comprendan y apliquen las normas de seguridad para prevenir accidentes y garantizar un entorno de aprendizaje seguro. Es en este contexto en el que se desarrolla la actividad propuesta (adaptada de Merino, 2011): los estudiantes son desafiados a identificar errores en representaciones de prácticas de laboratorio, lo que les obliga a reflexionar sobre las normas de seguridad y los procedimientos adecuados. Esta metodología promueve el pensamiento crítico y la capacidad de análisis, ya que los estudiantes deben evaluar situaciones, identificar riesgos y proponer soluciones basadas en el conocimiento científico y las mejores prácticas de laboratorio. A partir de esta observación e identificación de conductas inapropiadas en el laboratorio, tiene lugar una discusión plenaria posterior en la que el docente complementa y detalla las normas de seguridad en el laboratorio.

Además, al realizar esta actividad en grupos, los estudiantes desarrollan habilidades de colaboración y comunicación, esenciales en la práctica científica. La discusión y el intercambio de ideas permiten una comprensión más profunda y la construcción conjunta del conocimiento, alineándose con enfoques constructivistas del aprendizaje.

Caos en la escuela de Experimentia (material para el estudiante)

Tras un largo viaje por los caminos del Reino de la Didáctica, vuestros pasos os llevan hasta la villa de Experimentia, una población cercana al Reino de la Materia y conocida por su antaño prestigiosa Escuela de los Saberes, donde generaciones de alquimistas, naturalistas y estudiosos han aprendido los misterios del conocimiento de la materia, la energía y la interacción. Sin embargo, al llegar, notáis algo extraño: las puertas del

colegio están entreabiertas, y un murmullo de preocupación se extiende entre los habitantes.

Al acercaros, una joven maestra os detiene, con el rostro lleno de preocupación.

— ¡Vosotros! Sois los guerreros que buscan restaurar el equilibrio en la Ciencia, ¿verdad? —os pregunta con urgencia.

Asentís con determinación.

— Algo terrible ha ocurrido. Hace unas semanas, los esbirros de Morgana la Maquinadora se infiltraron en la Escuela y dejaron tras de sí una serie de cuadros... extraños. Desde entonces, nuestros estudiantes están actuando de manera imprudente en el laboratorio, imitando lo que ven en esas imágenes. No siguen las normas de seguridad, no respetan los procedimientos adecuados, y el caos se ha apoderado de nuestras aulas.



La maestra os guía hasta una gran sala donde cuelgan varios cuadros con escenas de laboratorios un tanto... raras.



Entonces, un anciano sabio, el Guardián del Conocimiento Experimental, se acerca con un pequeño frasco de líquido iridiscente.

— Este es el Disolvente de la Ignorancia. Es la única sustancia capaz de romper el hechizo de Morgana. Pero no podemos aplicarlo al azar. Solo vosotros, con vuestra

sabiduría, podréis identificar los errores en cada escena y marcarlos con precisión. Si aplicáis este líquido en el lugar correcto, el engaño desaparecerá y los cuadros volverán a mostrar la realidad: la ciencia debe practicarse con seguridad y responsabilidad.

La maestra os entrega unos pinceles.

— Trabajad en equipo. Observad cada cuadro con atención y marcad los errores con el Disolvente de la Ignorancia. Solo cuando todos los fallos sean revelados, la magia de Morgana perderá su efecto.

Os colocáis frente a los cuadros, pincel en mano, listos para desentrañar cada fallo y restaurar el orden en la Escuela de los Saberes. ¿Seréis capaces de vencer el hechizo y devolver el conocimiento a la villa de Experimentia?

La maestra os mira con esperanza y señala los cuadros. “Identificad los errores, anotadlos en vuestro cuaderno de bitácora y traednos la verdad. ¡Solo así podremos revertir la influencia de Morgana y enseñar de nuevo la verdadera Ciencia!”

Respiráis hondo, afiláis vuestras mentes y os preparáis para el desafío. Es hora de demostrar que la Ciencia no es caos... sino orden y conocimiento.

4.2. Bloque 2

4.2.1. El bar POE

La actividad diseñada en la ciudad ficticia de POE combina la exploración de un fenómeno físico con el desarrollo de habilidades científicas fundamentales. Su principal objetivo es trabajar el carácter corpuscular de la materia, destacando cómo esta propiedad permite explicar fenómenos aparentemente contradictorios, como la contracción del volumen cuando se mezclan agua y alcohol. Este fenómeno —que desafía la idea intuitiva de que los volúmenes son siempre aditivos— resulta de las interacciones moleculares entre las partículas de ambas sustancias, específicamente la formación de enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua y alcohol. Esto ofrece una oportunidad única para conectar la evidencia macroscópica (la reducción del volumen) con una explicación submicroscópica basada en un modelo de partículas para explicar la materia.

Desde una perspectiva pedagógica, la actividad utiliza el enfoque POE (*Predict-Observe-Explain*, Haysom y Bowen, 2010). En la fase de predicción, los estudiantes formulan hipótesis basadas en su conocimiento previo, anticipando lo que creen que ocurrirá al mezclar los líquidos. Esta etapa pone de manifiesto sus modelos mentales iniciales, que en muchos casos se basan en ideas intuitivas, pero incompletas, como la noción de que los volúmenes son siempre aditivos.

En la fase de observación, los estudiantes realizan el experimento y observan qué sucede al mezclar agua y alcohol. Es aquí donde ocurre un *discrepant event* (suceso discrepante, O'Brien, 2011): el volumen final es menor al esperado por la mayor parte de nuestros estudiantes, lo que desconcierta y les sorprende. Este momento de desequilibrio cognitivo es crucial, ya que genera curiosidad y los impulsa a buscar una explicación coherente. Además, al registrar datos sobre la masa, el volumen y la temperatura de la mezcla, los estudiantes no solo recopilan evidencia empírica, sino que también aprenden la importancia de la observación rigurosa y sistemática en la ciencia. Este fenómeno aparentemente contradictorio es clave para estimular el aprendizaje, ya que desafía sus ideas previas y los motiva a revisar sus modelos iniciales.

La fase de explicación se centra en la reconciliación entre las predicciones iniciales y las observaciones realizadas. Aquí, los estudiantes deben interpretar el fenómeno utilizando el modelo corpuscular de la materia, comprendiendo que las moléculas de agua y alcohol interactúan a nivel submicroscópico formando enlaces por puentes de hidrógeno. Estas interacciones permiten que las partículas de una sustancia ocupen los espacios vacíos entre las partículas de la otra, lo que explica la contracción del volumen observado. Este proceso no solo fortalece la comprensión conceptual, sino que también introduce a los estudiantes en el uso de modelos escolares como herramientas fundamentales para explicar fenómenos invisibles.

Una característica relevante de esta actividad es que no se proporciona un procedimiento detallado para llevar a cabo el experimento. En lugar de eso, se pide a los estudiantes que diseñen su propio procedimiento experimental, una estrategia que promueve su autonomía y el desarrollo de habilidades de indagación científica. Además, la actividad destaca la importancia de los modelos en la enseñanza de la ciencia y nos permite trabajar diferentes conceptos alrededor de “modelo” y modelización.

El modelo científico es una representación abstracta que explica fenómenos naturales basándose en evidencia empírica, utilizada por la comunidad científica para describir y predecir comportamientos del mundo real. Sin embargo, debido a su complejidad, estos modelos suelen ser objeto de una transposición didáctica, es decir, una adaptación pedagógica que da lugar al modelo escolar, más simple y accesible para los estudiantes, como el modelo de partículas. En el aula, los estudiantes comienzan con modelos mentales basados en su experiencia personal y conocimiento previo, que a menudo son incompletos o erróneos. Aprender en el contexto de modelos significa ayudar a los estudiantes a confrontar y revisar sus modelos mentales iniciales a través de actividades que los guíen hacia una comprensión más cercana al modelo escolar. En este proceso, podemos utilizar modelos didácticos como herramientas concretas y manipulativas que ayuden a esta progresión del modelo mental inicial hacia el modelo escolar (por ejemplo, utilizar pelotas de ping-pong para representar las moléculas de alcohol y canicas para representar las moléculas de agua y ver que, al mezclarlas, las canicas se colocan en los huecos de las pelotas de ping-pong), facilitando la visualización de conceptos abstractos. La modelización es un proceso dinámico mediante el cual los estudiantes construyen, revisan y evalúan modelos a partir de observaciones y datos experimentales, promoviendo un aprendizaje activo y profundo que conecta teoría y evidencia empírica. Este enfoque no solo desarrolla competencias científicas clave, sino que también fomenta el pensamiento crítico, ya que los estudiantes aprenden que los modelos no son representaciones absolutas, sino herramientas conceptuales que ayudan a explicar fenómenos invisibles y que tienen limitaciones, que han de ser explicitadas. La narrativa gamificada también contribuye a involucrar a los estudiantes emocionalmente, haciéndolos partícipes activos de un desafío científico que exige no solo habilidades técnicas, sino también creatividad.

La actividad también aborda aspectos fundamentales de la NdC. En primer lugar, el carácter tentativo del conocimiento científico se refleja en cómo los estudiantes ajustan sus hipótesis iniciales a la luz de nuevas evidencias. En segundo lugar, la importancia de la evidencia empírica queda enfatizada en la necesidad de basar las explicaciones en observaciones cuidadosas y mediciones precisas. Por último, el enfoque colaborativo de la actividad simula el trabajo en equipo en la ciencia, donde las ideas se enriquecen mediante la discusión y la revisión por pares.

El bar POE (material para el estudiante)

Estáis en la ciudad de POE, una de las ciudades más ilustres del Reino de la Didáctica y famosa por las discusiones que sus habitantes suelen tener. En esta ocasión os llaman para participar en una de sus eternas disputas. Entráis en la cantina de la ciudad y os sorprende que usen probetas en lugar de vasos para servir las bebidas. Además, veis balanzas, termómetros, pinzas, soportes y nueces... ¡qué cantina más extraña!

En la barra, dos hombres, algo perjudicados por la ingesta de alcohol, están discutiendo sobre qué pasaría si se mezclan agua y, precisamente, alcohol. El bullicio de la cantina no os deja entender claramente la discusión. “Te digo que no”, “Y yo te digo que sí”, gritan... ¿Sí? ¿No? Pero, ¿de qué hablan? Uno de los hombres os mira y, tambaleándose un poco, dice: “¡Vaya! Tenemos a uno de esos famosos aventureros aquí, tal vez tú puedas ayudarnos”. ¿Ayudar en qué?



Sobre la barra solo veis dos probetas con la misma cantidad de líquido. Se os acerca una mujer y os dice: “En una probeta hay 50 mL de agua y en la otra, 50 mL de alcohol”. ¿Qué creéis que pasará cuando se mezclen?

Como personas de ciencia, os gustaría poder comprobarlo experimentalmente, pero la mujer, sonriendo, os toma del brazo y dice: “Aquí, en la ciudad de POE, siempre tenemos que hacer una predicción antes de realizar cualquier experimento”. Toda la cantina os observa fijamente... Miráis a los compañeros de vuestro grupo... Es hora de hacer vuestras predicciones y, además, de argumentarlas.

Fase 1: Predicciones (argumenta y apúntalas en tu cuaderno de bitácora)

- Apariencia: ¿Creéis que se observará algún cambio en el aspecto de los líquidos al mezclarlos?
- Temperatura: ¿Creéis que la temperatura de la mezcla será diferente de la que tenían el agua y el alcohol antes de mezclarlos?
- Masa: ¿La masa de la mezcla será igual a la suma de las masas de los dos líquidos, mayor o menor?
- Volumen: ¿Qué volumen tendrá la mezcla (sabéis que estáis mezclando 50 mL de agua con 50 mL de alcohol)?

Manos a la obra: Desarrollo experimental.

Después de discutir las preguntas anteriores, diseñad un procedimiento para comprobar vuestras predicciones. Disponéis de los siguientes materiales: termómetro, probetas de 50 mL y 100 mL, balanza granataria, soporte universal, pinza y nuez, agua destilada y alcohol de 96°. Debes tener en cuenta que:

- a. debes poner 50 mL de agua en la probeta de 100 mL y determinar su masa y su temperatura.
- b. debes poner 50 mL de alcohol en la probeta de 50 mL y determinar su masa y su temperatura.
- c. debes añadir el alcohol a la probeta que contiene el agua, agitar y medir el volumen, la masa y la temperatura de la mezcla. Sabiendo que debes calcular la masa de la mezcla en esta misma probeta, ¿cómo calcularás la masa de los 50 mL que has añadido inicialmente a esta probeta?

(la siguiente tabla puede ofrecerse si el alumnado requiere ayuda del docente)

	Tara probeta vacía (g)	Masa total (probeta + líquido) (g)	Temperatura líquido (°C)	Volumen líquido (mL)
Alcohol				
Agua				
Mezcla				

Fase 2: ¡Es hora de comprobarlo! La mujer se os acerca y os dice: “No pierdas de vista todo lo que observes. La observación es la habilidad científica más importante de todas, anota cualquier observación en tu cuaderno de bitácora”.

Fase 3: Una vez hecha la mezcla, los dos hombres se acercan y os dicen: “¡Queremos explicaciones!”

Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- ¿Por qué crees que esta ciudad se llama POE?
- ¿Qué predicción o predicciones no se corresponden con lo que después habéis observado? Intenta reconciliar la predicción inicial con la observación. ¿Qué pudo haber pasado con la masa, la temperatura y el volumen de la mezcla? ¿Por qué se obtuvieron esos valores? ¿Qué conclusión puedes extraer de esta práctica sobre cómo es la materia a nivel submicroscópico?
- ¿Qué diferencia hay entre el modelo científico y modelo escolar? ¿En qué crees que consiste una actividad de modelización?
- ¿Crees que el modelo didáctico utilizado (las pelotas de ping-pong y las canicas) representa completamente lo que ocurre a nivel submicroscópico? ¿Qué ventajas y limitaciones tiene este modelo?
- ¿Por qué es importante la observación en esta práctica? (Relacionadlo con la Naturaleza de la Ciencia).



Figura 53. Dos instantáneas de la actividad El bar POE con estudiantes de DMEI.

4.2.2. La prueba de flotabilidad del Gran Lago

El concepto de densidad representa un desafío significativo para los estudiantes de EP. A menudo, los alumnos tienden a asociar erróneamente el peso con la flotabilidad, sin considerar que la densidad es una propiedad intrínseca de los materiales y no una simple consecuencia del tamaño o la forma de un objeto (Driver et al., 1994). Por ello, resulta fundamental desarrollar estrategias didácticas que faciliten la comprensión de este concepto y permitan a los futuros maestros de primaria adquirir herramientas efectivas para su enseñanza.

En este contexto, la indagación estructurada emerge como una metodología idónea, ya que guía a los estudiantes en el proceso de descubrimiento a través de preguntas clave y actividades secuenciadas. Además, el uso de simulaciones digitales, como las desarrolladas por PhET, amplía las posibilidades de aprendizaje. Banda y Nzabahimana (2021) en su revisión sistemática de estudios sobre el impacto de las simulaciones PhET en la enseñanza de la física han evidenciado que estas herramientas no solo favorecen la comprensión conceptual de fenómenos científicos, sino que también pueden corregir concepciones erróneas y fomentar el desarrollo de habilidades metacognitivas en los estudiantes

La simulación "Densidad" de PhET que propone la actividad permite a los futuros maestros experimentar con diferentes materiales y volúmenes, visualizar cambios en la flotabilidad y calcular la densidad de manera interactiva, lo que refuerza su comprensión del tema y su capacidad para diseñar experiencias de aprendizaje efectivas para sus futuros alumnos. A través de la manipulación de variables y la formulación de explicaciones basadas en la evidencia, se espera que los participantes comprendan adecuadamente la relación entre masa, volumen y densidad, así como los factores que determinan la flotabilidad de un objeto en un fluido. Además, esta experiencia les permitirá reflexionar sobre el potencial de la indagación estructurada y los recursos digitales en la enseñanza de la física y la química en EP y sobre la importancia de diseñar actividades de indagación que estimulen el aprendizaje activo.

Material para el alumnado (La prueba de flotabilidad del Gran Lago):

Los caminos del Reino de la Materia os han llevado hasta las orillas del Gran Lago, un cuerpo de agua vasto y profundo en el que los sabios alquimistas han estudiado durante siglos los misterios de la materia y sus propiedades. En sus aguas se han realizado experimentos ancestrales, pero también han surgido disputas entre los aprendices sobre qué materiales flotan y cuáles se hunden.

A vuestra llegada, os recibe la Maestra Idrea la Precisa, una de las alquimistas más renombradas del reino. Con una mirada afilada y su túnica



bordada con símbolos de antiguas fórmulas, os observa detenidamente antes de hablar:

— Guerreros del conocimiento, habéis llegado en un momento crucial. Aquí, en el Gran Lago, buscamos comprender el secreto de la flotabilidad y la densidad. Sin embargo, no todos comprenden estos principios, y existen muchos errores entre nuestros aprendices.

Idrea señala un antiguo pergamino extendido sobre una gran mesa de piedra. Sobre él, están grabadas las reglas de una indagación, el método que ha permitido a los sabios del reino desentrañar los secretos de la materia.

— Para convertirnos en verdaderos alquimistas, deberéis investigar la relación entre masa, volumen y densidad. He dispuesto para vosotros una herramienta mágica, una fuente de visión alquímica (una simulación digital), que os permitirá explorar distintos materiales sin riesgo de perder ingredientes valiosos en el lago. A través de este artefacto, podréis ver cómo los objetos interactúan con los fluidos y deducir los patrones que rigen la flotabilidad.

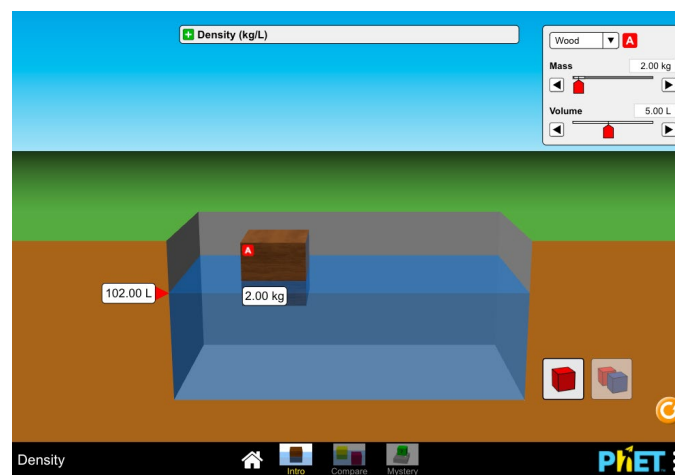
A su alrededor, os organizáis en pequeños grupos, cada uno con un pergamino. La indagación debe ser precisa, pues solo aquellos que logren comprender cómo la densidad gobierna la flotabilidad serán reconocidos como Maestros de los Materiales.

Pero cuidado, Morgana la Maquinadora ha intentado alterar las leyes del reino, sembrando la confusión en algunos textos antiguos. Si no razonáis con precisión, podríais caer en sus trampas y perpetuar errores que han perdurado en la historia.

Así que, guerreros del conocimiento, tomad vuestros pergaminos, preparaos para la investigación y enfrentaos a este desafío. ¿Seréis capaces de descubrir el verdadero secreto de la flotabilidad y dominar la ciencia de la densidad?

Y esto es lo que dice el pergamino...

1. **Juega con la simulación.** “Juega” 5 minutos con la simulación de [densidad](http://phet.colorado.edu/sims/html/density/latest/density_es.html) ¿Qué puedes hacer? ¿Qué ocurre? Coméntalo con tu compañero.
http://phet.colorado.edu/sims/html/density/latest/density_es.html (Introducción)



Nota:
Unicel=Porexpan
(poliestireno expandido)

2. Discusión grupal: Comparte con tus compañeros todo lo que has encontrado que se puede realizar con la simulación.

3. Explorando diferentes materiales y diferentes tamaños.

a. ¿Qué materiales se hunden? _____

b. ¿Qué materiales flotan? _____

c. Sigue explorando ...

Explica con tus propias palabras

¿Qué es volumen? _____

¿Qué es la masa? _____

d. Observa qué pasa cuando aumentas y disminuyes el volumen del bloque:

¿Cambia su masa? _____

Explica por qué esto tiene sentido: _____

¿Cambia su densidad? _____

Explica por qué esto tiene sentido: _____

¿Cambia el hecho de que flote o se hunda?

4. ¡Diseña tu propio bloque!

Experimenta creando tu propio bloque con el material que elijas con la opción

Personalizado ▼

¿Qué propiedades del bloque puedes cambiar?

¿Qué hace que sea más probable que un bloque se hunda? ¿Cómo afecta esto a la densidad del bloque?

¿Qué hace que sea más probable que un bloque flote? ¿Cómo afecta esto a la densidad del bloque?

Intenta crear un bloque con una **densidad MUY ALTA.**

¿Crees que se hundirá o flotará?

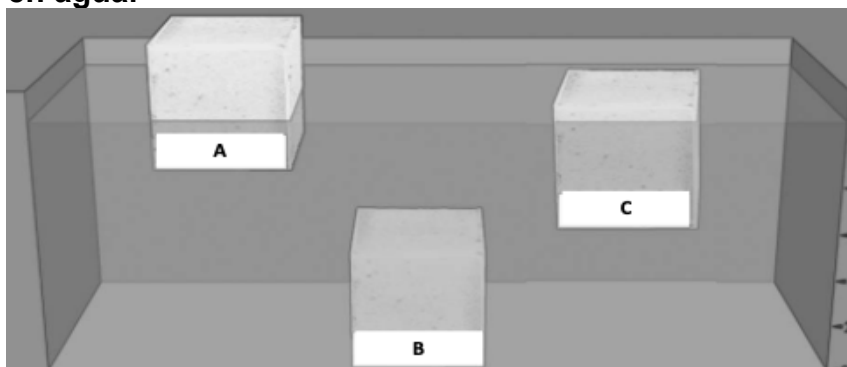
¿Cuál es el volumen de tu bloque? _____ ¿Cuál es la masa de tu bloque? _____

Intenta crear un bloque con una **densidad MUY BAJA.**

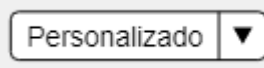
¿Crees que se hundirá o flotará?

¿Cuál es el volumen de tu bloque? ____ ¿Cuál es la masa de tu bloque? ____

5. Tu amigo tiene tres bloques (A, B, y C) del mismo tamaño, pero no flotan todos igual en agua.



a. ¿Por qué crees que no flotan todos igual? _____

b. Empleando la opción de bloque “personalizado”  comprueba tu respuesta jugando con tu bloque para hacer que se comporte como A, luego como B y luego como C.


¿Qué has tenido que cambiar? _____

¿Podrían A, B y C estar hechos del mismo material? ¿Por qué o por qué no?

¿Qué bloque tiene la mayor masa? _____

¿Qué objeto tiene la segunda mayor masa? _____

¿Qué objeto tiene la menor masa? _____

6. Usando la segunda ventana de la simulación (COMPARAR)  Comprueba tus ideas usando la opción bloques “mismo volumen”

Mismo Volumen (arriba, a la derecha)

a. Todos estos bloques tienen el/la mismo/a _____.

b. Además de ser de diferentes colores, los bloques también tienen diferente _____.

7. Explora los bloques de la opción “misma masa” Misma Masa

a. Todos los objetos tienen una masa de _____ kg.

b. Todos los bloques tienen diferentes colores y diferente _____.

c. Observa cómo flotan. ¿Qué te llama la atención? _____

Si todos los bloques tienen la misma masa, ¿Por qué crees que unos flotan y otros se hunden? _____

8. Calculando la densidad

Podemos conocer la densidad de los bloques empleando la fórmula de la densidad, si conocemos su masa y su volumen.

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$



Vamos a practicar con la fórmula usando la ventana 3 de la simulación eligiendo alguno de los sets de bloques ¿Qué set te asignó el profesor? _____

Bloque	Masa (kg)	Volumen (L)	Densidad (kg/L)	¿flota o se hunde?	¿Qué material es?
A					
B					
C					
D					
E					

4.2.3. La hermandad de los nanomaestres [no incluida en esta recopilación]

4.2.4. El aprendiz patoso

En esta actividad los estudiantes deben diseñar su propio procedimiento experimental para separar los componentes de una mezcla desconocida. En lugar de seguir un guion preestablecido, deben analizar las propiedades físicas de cada sustancia y proponer una secuencia de técnicas que les permitan aislarlas de manera progresiva, es decir, solo se separa un componente en cada etapa. Este enfoque fomenta la autonomía, la toma de decisiones fundamentadas y el desarrollo del pensamiento crítico, aspectos clave en la formación de futuros docentes de ciencias.

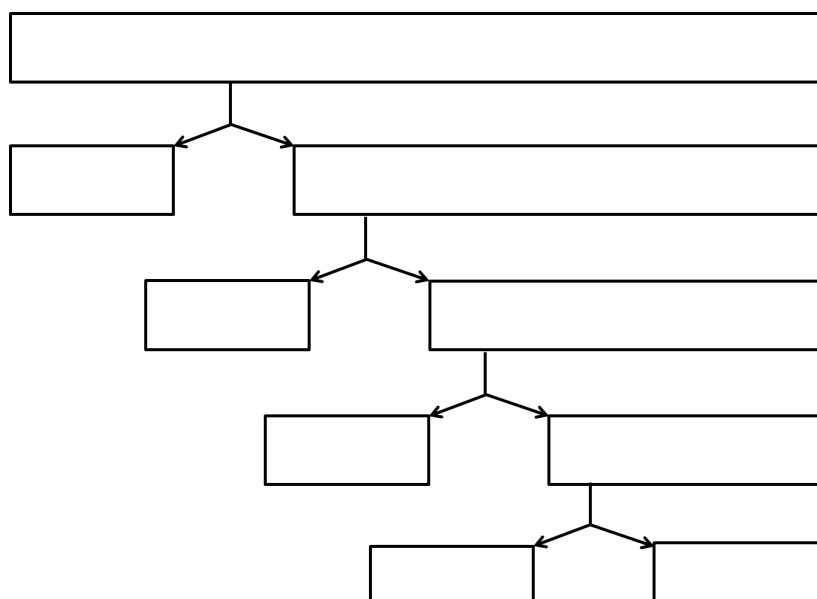


Figura 64. Esquema de la separación secuencial de la actividad.

El desafío propuesto requiere no solo identificar las técnicas de separación más adecuadas, sino también justificar cada elección en función de las propiedades de los componentes. Así, los estudiantes deben analizar si una separación debe realizarse en primer lugar por diferencia de tamaño, por solubilidad o por afinidad magnética, asegurándose de que en cada etapa se aisle únicamente un componente sin alterar los demás. Este tipo de razonamiento se asemeja a la lógica que subyace en los métodos empleados en la investigación científica y permite que los futuros docentes vivan en primera persona la experiencia de diseñar y ajustar un procedimiento experimental. Además, la estructura de la actividad favorece el trabajo en equipo, ya que el éxito del grupo depende de la capacidad de los participantes para argumentar sus decisiones, evaluar sus resultados y, si es necesario, modificar su estrategia. La observación de los resultados en cada etapa y la necesidad de interpretar lo que ocurre en la mezcla les permite desarrollar habilidades esenciales en la enseñanza de las ciencias, como la formulación de hipótesis y la interpretación de datos experimentales.

El concepto de separación de mezclas, aunque fundamental en la enseñanza de la química, puede resultar abstracto para los estudiantes de EP si se presenta de manera teórica o descontextualizada. La práctica experimental les ofrece la oportunidad de comprender cómo diferentes propiedades de la materia permiten aplicar métodos específicos, como la filtración, la decantación o la evaporación, para obtener sustancias puras a partir de mezclas heterogéneas y homogéneas. La actividad permite abordar la importancia de las técnicas de separación en contextos reales y su relevancia en el marco del desarrollo sostenible. El ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) enfatiza la necesidad de garantizar el acceso universal al agua potable y el tratamiento eficiente de aguas residuales, aspectos que dependen directamente del uso de procesos de separación adecuados. En este sentido, la actividad se puede vincular con el funcionamiento de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) y de las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP), donde técnicas como la sedimentación y la filtración permiten eliminar partículas en suspensión, para obtener un agua menos contaminada. Reflexionar sobre estos procesos permite a los futuros docentes comprender que los métodos de separación no son solo un contenido curricular, sino herramientas esenciales para la sostenibilidad y la salud pública.

El planteamiento de la actividad también permite extender la reflexión a otros procedimientos de separación de mezclas que siguen una lógica secuencial y que también pueden llevarse a cabo con nuestro alumnado. Un ejemplo de ello es la extracción y separación de los pigmentos de las espinacas, que combina la extracción y la filtración con la cromatografía en papel (figura 65). En este proceso, los estudiantes pueden comprobar empíricamente que la clorofila, aunque se percibe de color verde, tiene la propiedad de emitir luz roja cuando se expone a radiación ultravioleta, lo que les permite evidenciar cómo la fluorescencia puede ser una herramienta para la identificación de sustancias.

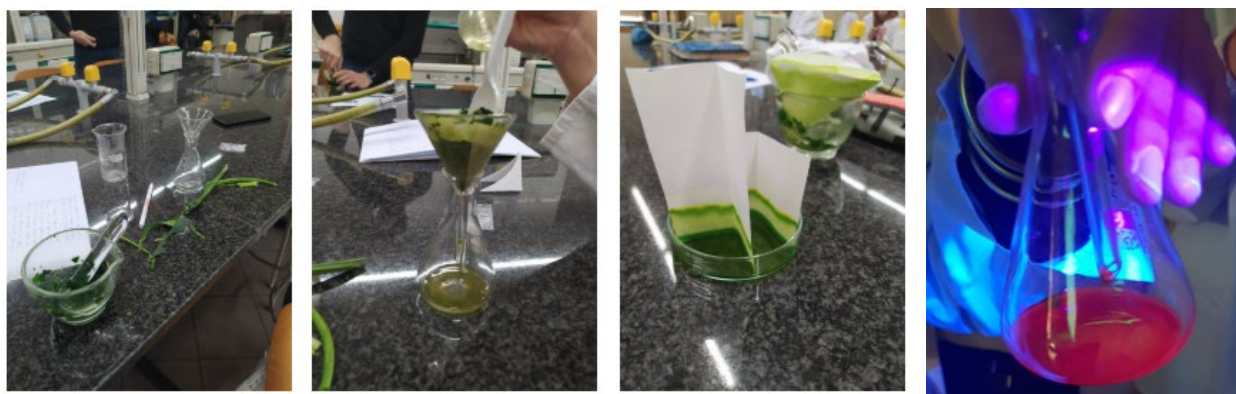


Figura 65. Extracción, filtración y separación cromatográfica de la clorofila y color del extracto al ser iluminado con radiación ultravioleta.

El cierre de la actividad con el visionado de la experiencia en un aula de EP, contextualizada con una narrativa diferente: una “sopa alienígena”, permite a los futuros docentes analizar la dinámica de enseñanza desde la perspectiva del docente (figura 66). Observar cómo los niños formulan sus propias hipótesis, prueban diferentes estrategias y ajustan su procedimiento les ayuda a comprender mejor el

papel del docente como facilitador del aprendizaje. Este ejercicio de reflexión les brinda herramientas para diseñar experiencias de indagación adaptadas a sus futuros alumnos y refuerza la importancia de promover una enseñanza de las ciencias basada en la exploración y el descubrimiento. Al integrar estas conexiones con el desarrollo sostenible y la gestión del agua, los estudiantes no solo aprenden sobre ciencia, sino que también adquieren una visión crítica sobre la relevancia social y ambiental de los conocimientos científicos que enseñarán en el aula.



Figura 66. Sopa alienígena. Fuente: <https://youtu.be/m9ut-q3Ymyk>

El aprendiz patoso (material para el alumno).

Los vientos del Reino de la Materia os conducen hasta Alquimantis, una ciudad legendaria donde los más sabios alquimistas han perfeccionado el arte de la transformación de la materia. Sus torres de piedra albergan antiguas fórmulas y métodos de separación que han sido transmitidos de generación en generación.

Al cruzar la Plaza de la Transmutación, entráis en la Cocina Molecular, donde os recibe la Maestra Heliona, una alquimista de renombre cuya túnica azul oscuro está salpicada de restos de experimentos pasados. Su expresión es seria.



— Guerreros del conocimiento, necesitamos vuestra ayuda —dice con solemnidad—. Un aprendiz de la Cocina Molecular cometió un error al mezclar varios ingredientes sin registrar cuáles usaba ni en qué cantidad. Ahora nos encontramos ante una sopa de componentes desconocidos, y solo los más hábiles en la ciencia de la separación podrán desentrañar su misterio.

Los alquimistas de la ciudad han intentado resolver el problema, pero el caos persiste. Heliona os observa con atención antes de continuar:

— Vuestra tarea será diseñar un método para recuperar los ingredientes de esta sopa. Sin embargo, debéis seguir una norma crucial: cada componente debe ser separado en una fase distinta, sin interferir con los demás. Si actuáis con demasiada prisa o sin pensar, podríais alterar la composición de la mezcla y perder la oportunidad de descubrir lo que contiene.

Sobre una gran mesa de piedra, hay un conjunto de herramientas que os podrán ser de utilidad: coladores, embudos, filtros, imanes, y recipientes variados, entre otros.

— Hay algo más que debéis saber —añade la maestra—. Aunque el líquido parece sabroso, podría contener alguna sustancia inesperada, fruto de los intentos de los esbirros de Morgana de envenenar a la población, por lo que está terminantemente prohibido probar la mezcla, incluso cuando esta parezca ser *solo* agua. Solo mediante vuestra astucia y conocimiento podréis demostrar qué sustancias están realmente presentes.

Los sabios alquimistas os observan con expectación. La misión es clara: descomponer la sopa en sus partes fundamentales, identificar cada ingrediente y revelar si hay algo más de lo que parece a simple vista. Solo aquellos que logren resolver el misterio con precisión serán reconocidos como Maestros de la Separación en el Reino de la Materia.

Así, con el reto ante vosotros, os preparáis para enfrentar el gran desafío alquímico. ¿Seréis capaces de recuperar todos los ingredientes y restaurar el orden en el laboratorio?

Preguntas finales (cuaderno de bitácora)

- ¿Qué factores podrían haber influido en la eficacia de las separaciones que realizasteis?
- ¿Qué técnica considerarías que ha sido la más sencilla de aplicar y cuál la más difícil? ¿Por qué?
- ¿Por qué creéis que la sal no se podía detectar a simple vista en el agua? ¿Qué opciones había para confirmar su presencia sin probar la mezcla?
- ¿Qué otras situaciones utilizan principios similares a los que habéis usado en esta práctica? ¿Cómo creéis que se relaciona esta actividad con los procesos de potabilización y depuración del agua en la actualidad?
- ¿Cómo podríamos diseñar una versión de esta práctica para enseñar a niños la importancia del agua limpia y el saneamiento en el mundo?
- Durante la práctica, habéis tenido que diseñar y ajustar vuestro procedimiento experimental. ¿Cómo refleja esto la manera en que los científicos trabajan delante de un problema desconocido?
- ¿Qué papel ha tenido la comunicación y la colaboración en vuestro grupo? ¿Por qué es importante el trabajo en equipo en la ciencia?

4.2.5. Las burbujas mágicas

Esta actividad permite trabajar conceptos fundamentales sobre los cambios de estado, el modelo corpuscular de la materia y la transferencia de energía térmica. Los estudiantes exploran cómo el agua pasa del estado líquido al gaseoso, observando las características de la ebullición y el efecto de factores externos como la adición de sal. El enfoque POE fomenta el pensamiento crítico al requerir que los estudiantes realicen predicciones basadas en modelos mentales iniciales, contrasten sus ideas con observaciones empíricas y las justifiquen mediante razonamiento basado en evidencia. Esto se complementa con el uso del enfoque C-E-R (*claim-evidence-reasoning*) (Zemba-Saul et al., 2013), que estructura la argumentación científica al conectar afirmaciones con datos experimentales y explicaciones teóricas, en una actividad adaptada de Osborne et al. (2016).

Además, la variabilidad en los resultados experimentales de los estudiantes a la hora de encontrar el punto de ebullición del agua permite trabajar aspectos de la NdC (Bell, 2008), sobre cómo la comunidad científica llega a valores consensuados mediante la estandarización de condiciones (por ejemplo, usando agua destilada y presión controlada, para la determinación experimental del punto de ebullición), la repetición de experimentos y el debate colectivo, reflejando así que el conocimiento científico no surge de verdades absolutas, sino de procesos dinámicos y colaborativos. Esto se puede ejemplificar con la evolución de escalas arbitrarias como Fahrenheit y Celsius —basadas inicialmente en criterios subjetivos— hacia sistemas rigurosos, así como con la revisión histórica de "constantes" como π o la constante de gravitación universal (G), que demuestran cómo la ciencia combina subjetividad inicial con metodología crítica para alcanzar consensos duraderos, aunque siempre abiertos a refinamientos ante nuevos datos o tecnologías, ilustrando así su carácter tentativo, empírico y socialmente construido.

Las burbujas mágicas (material para el estudiante)

Vuestra victoria al derrotar al temido monstruo Pipetto se ha propagado como la pólvora. Vuestra proeza ha llegado incluso a los oídos del mago Hermes, quien os convoca a sus estancias. Intrigados, acudís a su presencia.

— He oído que sois los guerreros que nos liberarán de Morgana —dice el mago Hermes.



Asentís con humildad, ya que aún no sabéis si estáis completamente preparados.

— No basta con ser un buen guerrero para derrotar a Morgana y a sus esbirros. Con mi ayuda, aumentaré el poder de vuestra espada.

— Realmente eso sería de gran ayuda. He escuchado que hay varios clanes en el Reino de la Materia que son realmente muy feroces. ¿Cómo lo haréis? —preguntáis.

— Existe un encantamiento milenario capaz de fortalecer las espadas de los caballeros, un secreto que solo los magos de mi familia conocemos. Pero solo lo realizaré si realmente demostráis ser grandes expertos en la materia, como parece que sois. Estoy sorprendido de vuestras hazañas contra Pipetto y cómo resolvisteis el dilema en el bar POE... Quiero comprobar personalmente que sois dignos de este encantamiento milenario.

— ¿Qué debo hacer? —preguntáis.

— Debes determinar experimentalmente el punto de ebullición de esta agua milagrosa que hay en esta botella y comprobar el efecto que tiene la adición de esta sal. Si lo haces bien y respondes correctamente a mis preguntas, mejoraré tu espada. Piensa cómo lo harás... Dispones de material de laboratorio, una fuente de calor, termómetros... Pero antes de comenzar quiero que hagas tus predicciones, ahora que ya sabes qué son las prácticas POE. Aquí están (recuerda que debes justificarlas):

Predicciones iniciales (cuaderno de bitácora)

(Discutidlo con vuestros compañeros de grupo y anotad vuestras respuestas en el cuaderno de bitácora).

- ¿Qué cambios creéis que se producirán en el agua durante el proceso?
- ¿Cómo creéis que evolucionará la temperatura que mide el termómetro durante la experiencia? ¿Subirá siempre al mismo ritmo?
- Si no apagáramos la placa calefactora, ¿qué creéis que pasará con la temperatura?
- ¿La temperatura que marcará el termómetro cuando empieza a hervir el agua depende de la cantidad de agua que hay en el vaso?
- Si aumentáramos la potencia de la placa calefactora, ¿cómo influiría en el tiempo y en la temperatura del agua cuando empieza a hervir?
- ¿Qué creéis que pasará cuando echemos sal al agua hirviendo y por qué?

Materiales necesarios

Material y reactivos:

- Placa calefactora
- Vaso de precipitados de vidrio (preferiblemente de boca ancha)
- Termómetro o sonda de temperatura
- Trozos de porcelana porosa
- Soporte universal,
- Nuez con gancho (para el caso de termómetros de alcohol teñido)
- Cronómetro (si se utiliza un termómetro manual o digital)
- Agua destilada. Sal común (cloruro de sodio)

Procedimiento experimental

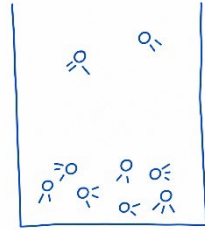
1. Coloca unos trozos de porcelana porosa dentro de un vaso de precipitados y llénalo hasta 2/3 con agua. Realiza el montaje adecuado para calentar el agua en el vaso de precipitados utilizando una placa calefactora. Asegúrate de que el montaje permite medir con precisión la temperatura del agua.
2. Si utilizas un termómetro, mide y registra la temperatura cada 30 segundos, anotándola en papel milimetrado, Excel o similar.
3. Observa qué sucede inicialmente cuando el agua comienza a calentarse. Presta atención al lugar donde se originan las burbujas y si su forma o tamaño cambia al subir.
4. Una vez que el agua alcance la ebullición, continúa midiendo la temperatura durante 4 minutos.
5. Sin apagar la placa calefactora, añade 3 cucharadas de sal al agua hirviendo. Observa lo que sucede y registra las temperaturas durante 4 minutos más.
6. Incluye en el informe una fotografía del montaje experimental, indicando el material utilizado y la función de cada componente.

Recoge los datos de tiempo y temperatura en una tabla y elabora una gráfica que relacione la temperatura en función del tiempo (curva de ebullición).

Preguntas finales (cuaderno de bitácora)

- ¿A qué temperatura hirvió el agua?
- El mago pide un único valor como punto de ebullición del agua. ¿A todos los grupos le hirvió el agua a la misma temperatura? ¿Por qué crees que puede haber diferencias? ¿Son correctos todos los resultados? ¿Cómo saber cuál no lo es? ¿Qué valor le daréis al mago (solo podéis darle uno)? ¿Qué paralelismo hay entre esto y el trabajo de los científicos cuando obtienen resultados diferentes?
- ¿Las primeras burbujas que se forman al inicio (mucho antes de que el agua hierva) son iguales a las que se forman cuando el agua está en ebullición?
- ¿Qué sucede con la temperatura del agua mientras hierve? ¿Crees que en otros cambios de estado ocurre lo mismo?
- ¿Qué hay en el interior de una burbuja cuando el agua hierve? ¿Dónde se originan las burbujas cuando el agua hierve? ¿Cambian cuando ascienden?
- ¿Qué ocurre con las partículas de agua cuando el agua cambia de estado?
- ¿Cómo cambia el proceso al añadir sal?
- ¿Puede seguir hirviendo el agua sin calentarse más?
- Explica cómo crees que influye la energía suministrada en el comportamiento de las partículas de agua.

Uno de los caballeros que os acompaña hace el diagrama de la derecha para representar las partículas de agua y su movimiento relativo (representado por el número de rayitas que acompañan a cada partícula) cuando el agua lleva 1 minuto hirviendo.



¿Cuál sería la representación correcta de las partículas del agua cuando el agua lleve 4 minutos hirviendo? El mago Hermes finalmente os concederá el conjuro si sois capaces de dar vuestra respuesta usando un argumento C-E-R. ¡Suerte!

Opción A Opción B Opción C Opción D

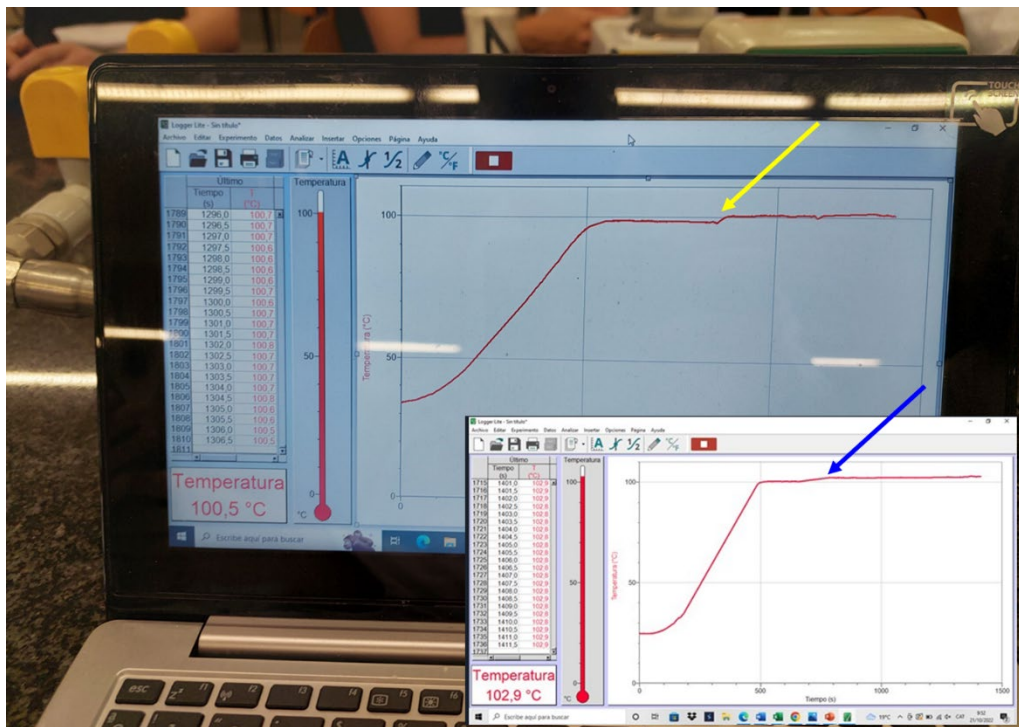


Figura 67. Curva de ebullición de la actividad las burbujas mágicas.

4.2.6. El candado mágico de Morgana [no incluida en esta recopilación]

4.3. Bloque 3

4.3.1. Las montañas inclinadas

Esta actividad permite trabajar conceptos fundamentales de la física, como la energía potencial gravitatoria, la energía cinética, las transferencias y transformaciones de energía, y el trabajo de la fuerza de rozamiento (degradación de la energía en forma de calor).

La interacción de variables como la masa y la altura ilustra cómo estas influyen en la energía disponible y en los efectos observados, en este caso, el desplazamiento de la muralla simulada. Además, introduce el concepto de fricción como una fuerza que actúa en contra del movimiento, lo que permite discutir el papel de las superficies y cómo afectan al resultado final. Estos conceptos son esenciales para comprender la conservación y transferencia de energía.

Desde un enfoque constructivista, la actividad pone énfasis en el aprendizaje activo, ya que los estudiantes no solo realizan experimentos, sino que también diseñan su procedimiento experimental, poniendo a prueba sus hipótesis iniciales. Esto fomenta la indagación científica, desarrollando competencias como la identificación de variables, el control experimental y la recogida sistemática y precisa de datos.

Las montañas inclinadas (material para el estudiante):

Habéis entrado en el Reino de la Energía. Las tierras están secas y no hay vegetación. Es un reino indómito y lleno de peligros. Habéis cruzado desde el Reino de la Materia por el Puente del Saber y, nada más llegar, veis las grandes Montañas Inclinadas, la cordillera que domina todo el reino y rodea el castillo de la Energía.

Lográis llegar a la cima, ya que os han advertido que un pueblo está siendo asediado por los demonios de piedra del ejército de Morgana. Han construido unos muros, obviamente de piedra, y se están preparando para un largo asedio y una guerra inminente.

— ¿Qué podemos hacer? —pregunta una de las matriarcas del pueblo.

— Pues les plantaremos cara. ¡Somos los guerreros que derrotarán a Morgana! — respondéis con contundencia.

— Pero... ellos son más grandes. Son los demonios de piedra... Tienen mucha más fuerza...

— ¡Sí, pero nosotros tenemos más energía!



Entonces, os miran de arriba a abajo y os preguntan:

— ¿Qué queréis decir? ¿Que tenéis más fuerza que los demonios? -dice uno de los lugareños.

— No, han dicho que tienen más energía... ¿pero no es lo mismo fuerza que energía?
— dice otro.

— ¿A qué te refieres?

— Pues que cuando no me siento con fuerza digo que se me ha acabado la energía
— responde uno de los hombres de lugar.

Entonces interrumpes la conversación y explicas que se puede hacer uso de la energía para vencer y destruir los muros que los demonios han construido en la falda de la cordillera. Podéis lanzar rocas hacia abajo, con la precisión adecuada.

— Pero, ¿qué es mejor, lanzar las rocas desde una posición más elevada o menos?
— pregunta la matriarca

— ¿Y rocas más pesadas o más ligeras? – pregunta uno de los jóvenes.

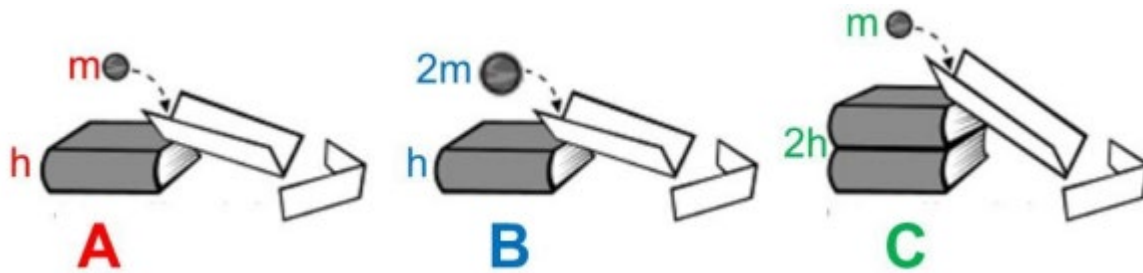
— ¡No importa el peso ni la altura! – dice uno de los lugareños.

— Yo digo que sí, que importan el peso y la altura – replica otro

— La altura sí, pero el peso no – apostilla un tercero

— ¿No será al revés?

Se escucha a los habitantes decir: “Es el momento de hacer vuestras predicciones”. Todas las miradas se dirigen a vosotros. ¿Cuál de las tres situaciones (A, B o C) creéis que hará que la muralla se desplace más? ¿Por qué?



Ahora, ponedlo en común en vuestro grupo y justificar vuestra predicción.

Avistáis la muralla de piedra que han levantado los demonios de piedra al final de la llanura, justo cuando empieza a formarse la montaña inclinada en la que os encontráis. Tras hacer vuestras predicciones, ¡es el momento de comprobarlo experimentalmente!

Haced un montaje como este y proponed un diseño experimental que os permita comprobar si la altura y el peso de la bola influyen en la distancia que recorre el tope (cartón doblado) que simula la muralla, y, por lo tanto, decidir cuáles son las mejores condiciones para que la muralla se desplace lo máximo posible. Antes de empezar, vuestro profesor debe dar el visto bueno a vuestro diseño experimental.



Anotad todas vuestras medidas en una tabla.

Preguntas finales (cuaderno de Bitácora)

- ¿Cuál es la mejor manera de conseguir que la muralla recorra la máxima distancia posible? ¿Por qué?
- ¿Habéis tenido que realizar algún experimento controlado? En caso afirmativo, ¿cuál era la variable independiente, la variable dependiente y las de control?
- ¿Existe, por tanto, alguna dependencia entre la variable d (distancia) y las variables m (masa) y h (altura)?
- Haced una descripción de todo lo que se observa (utilizando todos los sentidos). ¿De dónde proviene el sonido que se escucha durante el experimento?
- ¿Por qué se detiene finalmente la bola? ¿Se habría detenido antes si el carril estuviera recubierto con una alfombra? ¿Y si fuera de vidrio pulido? ¿Por qué?
- ¿Creéis que lo que habéis hecho hoy se parece a los procedimientos que usan los científicos para encontrar relaciones entre variables?

- ¿Una roca (bola) tiene energía antes de ser lanzada cuando está a cierta altura? ¿Y mientras baja? ¿Y al final de la rampa antes de chocar con la muralla? ¿Y cuando está abajo y parada? ¿Qué ocurre cuando la bola está abajo y parada y vosotros la recogéis y la volvéis a colocar al inicio de la rampa, arriba?
- ¿Por qué hablamos de energías? ¿Y qué las relaciona entre sí?
- ¿Qué transferencias y transformaciones se han producido durante el experimento?
- ¿Cómo creéis que esta actividad refleja el carácter sistemático y empírico del trabajo científico? ¿Qué papel juega la experimentación para entender relaciones entre variables?



Figura 69. Indagación sobre la caída de bolas.

4.3.2. El muñeco de nieve de Ventisca

Esta actividad, basada en la viñeta conceptual del muñeco de nieve (Naylor y Keogh, 2013; figura 70) busca promover una comprensión adecuada de la conductividad térmica y cómo trabajar dicho concepto con el alumnado de EP. Al situar a los estudiantes en un contexto narrativo donde deben decidir la mejor manera de conservar un muñeco de nieve una vez empieza a hacer calor, se les invita a explorar cómo diferentes materiales afectan la conducción de calor. Esta exploración práctica permite a los estudiantes observar de primera mano las propiedades de los materiales como conductores o aislantes térmicos, facilitando una comprensión tangible de conceptos abstractos y el abordaje de ideas conceptuales erróneas, como que los materiales que usamos habitualmente para abrigarnos cuando hace frío nos “aportan” calor.

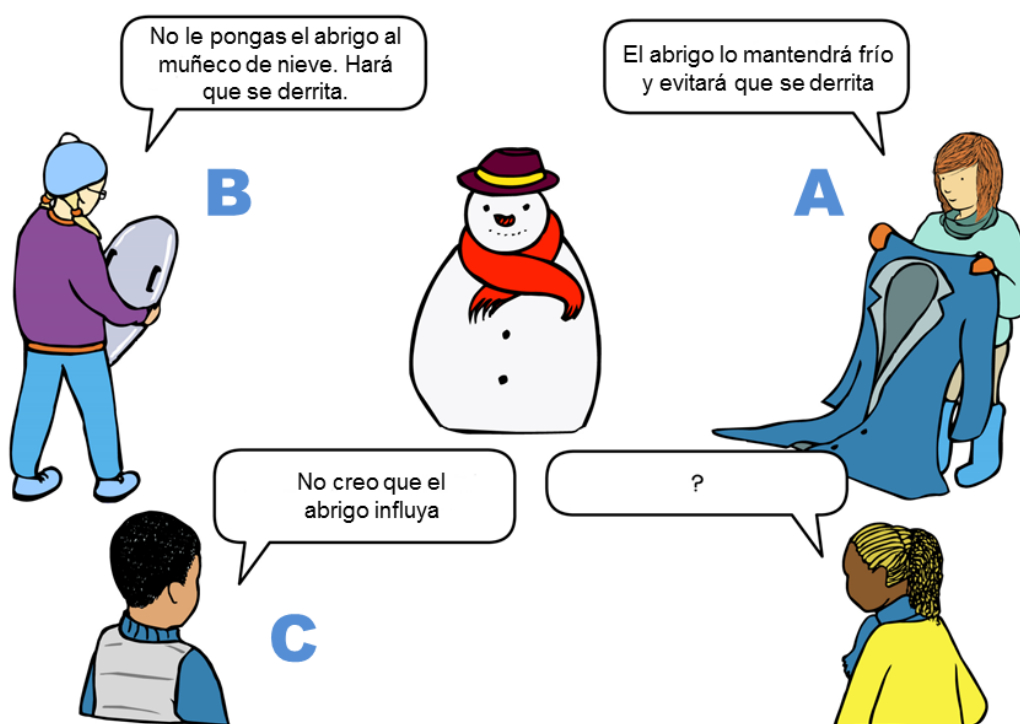


Figura 70. La viñeta conceptual “el muñeco de nieve” (Naylor y Keogh, 2013).

Desde una perspectiva pedagógica, la utilización de viñetas conceptuales (*concept cartoons*), desarrollados por Brenda Keogh y Stuart Naylor en 1991, es una estrategia clave en esta actividad. Estas viñetas presentan situaciones en las que personajes discuten diferentes puntos de vista sobre fenómenos científicos, lo que estimula la reflexión y el debate entre los estudiantes (Keogh y Naylor, 1999). Al iniciar la actividad con una discusión entre tres personajes sobre cómo conservar el muñeco de nieve ahora que empieza a hacer calor, se emplea una viñeta conceptual que sirve para explorar las ideas previas de los estudiantes y confrontar posibles concepciones

erróneas. Esta metodología ha demostrado ser efectiva para involucrar a los estudiantes y promover un aprendizaje más profundo (Keogh y Naylor, 1999).

Además, la actividad incorpora la instrucción entre pares (*peer instruction*), una metodología introducida por Eric Mazur (1997). Este enfoque fomenta la interacción entre estudiantes para discutir y razonar sobre conceptos antes y después de realizar experimentos, lo que ha demostrado mejorar la comprensión conceptual y promover un aprendizaje activo (Crouch y Mazur, 2001). Al pedir a los estudiantes que debatan sus ideas con compañeros que tienen opiniones diferentes, se facilita un entorno en el que pueden confrontar y refinar sus pensamientos, construyendo colectivamente una comprensión más sólida de los principios científicos involucrados.

La actividad también enfatiza la indagación, alentando a los estudiantes a formular hipótesis, diseñar experimentos, recopilar datos y sacar conclusiones basadas en la evidencia. Este enfoque también ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades críticas de pensamiento y resolución de problemas. En este caso, los estudiantes usan dos bloques de hielo iguales que hasta ese momento han estado guardados en el congelador del laboratorio. Se pesan primero ambos bloques y luego uno de ellos se recubre de una tela. Luego, ambos bloques de hielo (el cubierto y el que no está cubierto) se dejan al sol durante aproximadamente 90 minutos, momento en el que se vuelven a pesar ambos bloques (figura 71). Lo que se encuentra sorprende incluso a algunos de nuestros estudiantes:

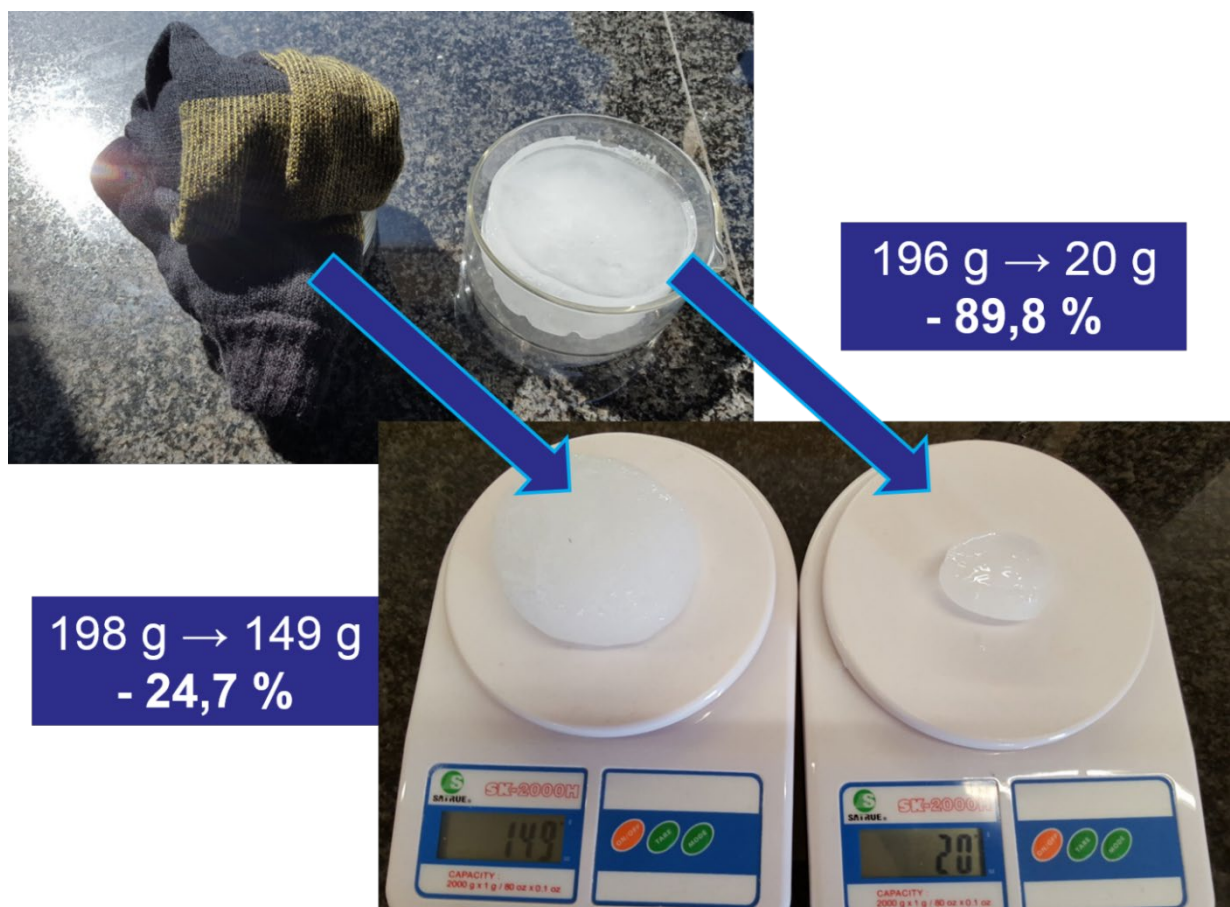


Figura 71. Bloques de hielo antes y después de la experiencia.

El bloque de hielo guardado envuelto en la tela ha registrado una pérdida de masa 24,7%, mientras que el bloque de hielo sin la tela ha perdido un 89,8 % de su masa, con lo cual los estudiantes han comprobado experimentalmente cuál es la respuesta correcta de la viñeta conceptual. En este momento se comparan las ideas iniciales con la evidencia experimental y se comentan los errores conceptuales presentes en las justificaciones iniciales del alumnado.

La actividad acaba proyectando un vídeo en el que nuestro alumnado ve cómo esta actividad se lleva a cabo con estudiantes EP y se analiza la intervención didáctica de la maestra que aparece en el vídeo (figura 72):



Figura 72. Fotograma del vídeo <https://youtu.be/l-kMYFFyoVQ>

El muñeco de nieve de Ventisca (material para el alumnado):

Habéis cabalgado durante días hasta llegar a la región de Ventisca, la zona más fría del Reino de la Energía. Allí, los inviernos son largos y duros, pero el pueblo está acostumbrado a convivir con la nieve y el hielo. Sin embargo, algo extraño ocurría aquel año: después de semanas de tormentas, el sol había aparecido con un brillo implacable, y el deshielo había comenzado.

Los habitantes de Ventisca, preocupados, temían que todo su suministro de agua, almacenado en bloques de hielo y



montañas de nieve, desapareciera antes de lo previsto. Pero lo que realmente desató el debate fue un muñeco de nieve construido en el centro de la plaza. Durante la tormenta, un grupo de niños lo había levantado con esmero, y ahora, con la llegada del sol, se estaba derritiendo poco a poco.

Los aldeanos querían conservarlo el mayor tiempo posible, como símbolo de la resistencia de Ventisca contra los cambios del tiempo. Pero nadie se ponía de acuerdo sobre la mejor manera de evitar su deshielo. Tres sabios de la aldea discutían acaloradamente:

— "¡Rápido, cubridlo con un abrigo grueso! Así evitaréis que el calor lo alcance y lo derretirá más lentamente" —afirmó el anciano Bram, convencido de su sabiduría.

— "¡Eso es un error! El abrigo lo calentará más y hará que se derrita antes" —replicó la joven ingeniera Thalia, cruzándose de brazos.

— "¡No perdáis el tiempo! Ponerle un abrigo no cambiará nada, se derretirá igual" —sentenció el mercader Soren, encogiéndose de hombros.

El alcalde de Ventisca, preocupado por la falta de consenso, os ha reunido y os ha planteado el desafío:

— "Guerreros, en esta aldea valoramos el conocimiento, pero cuando surgen disputas, no nos fiamos solo de las palabras. Necesitamos respuestas. ¿Quién de los tres tiene razón?"

En ese momento reflexionáis. Tras unos momentos de deliberación, cada uno de vosotros indica con una señal qué personaje cree que tenía razón. Sin embargo, la tarea parece no terminar ahí.

— "No podéis tomar esta decisión a la ligera. Encontrad a un guerrero que piense diferente a vosotros y hablad con él. Explicad vuestras razones y escuchad las suyas. Quizá os convenzan... o quizá los convenzáis vosotros. Pero ante todo, debéis razonar y argumentar."

El bullicio se apoderó de la plaza mientras cada guerrero buscaba a quien opinara distinto y compartían sus argumentos. Pasaron unos minutos intercambiando ideas y, finalmente, el alcalde pidió que cada uno volviera a indicar vuestra elección. Algunos mantuvisteis vuestra decisión inicial, pero otros cambiasteis de opinión tras escuchar los razonamientos de sus compañeros.

— "Ahora que habéis debatido, queda un último paso. No basta con hablar, debemos demostrarlo. Diseñad un experimento para averiguar quién de los tres tiene razón. Solo aquellos que trabajen juntos y pongan a prueba sus ideas podrán resolver este dilema de una vez por todas."

El tiempo apremia. Si no actuáis pronto, el muñeco de nieve desaparecería sin dejar rastro. Debéis organizaros, plantear vuestra investigación y encontrar la manera de conservar el hielo antes de que el calor termine con él para siempre...

Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- Describe el experimento que diseñaste para determinar la mejor manera de conservar el muñeco de nieve. ¿Qué materiales utilizaste y cuál fue el procedimiento seguido?
- Anota tus observaciones durante el experimento. ¿Qué diferencias notaste entre las distintas estrategias para conservar el muñeco de nieve?
- Basándote en tus observaciones, ¿qué conclusión puedes extraer sobre la eficacia de cada método propuesto para evitar el deshielo?
- Durante el debate inicial, los participantes tenían diferentes opiniones sobre cómo conservar el muñeco de nieve. ¿Cómo refleja esto la forma en que los científicos pueden tener distintas hipótesis ante un mismo problema?
- Después de discutir con tus compañeros y realizar el experimento, ¿cambiaste de opinión respecto a tu predicción inicial? ¿Qué te llevó a modificar o reafirmar tu postura?
- ¿Cómo muestra esta actividad la importancia de la colaboración y la comunicación en la construcción del conocimiento científico?
- ¿Cómo podrías aplicar lo aprendido sobre conductividad térmica en situaciones cotidianas para conservar o transferir calor de manera eficiente?

4.3.3. El calabozo de los elementos

El uso de un *breakout* educativo en esta actividad se basa en la gamificación como estrategia pedagógica, donde se aplican elementos y dinámicas de juego en contextos de aprendizaje para aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes (Deterding et al., 2011). En concreto, se trata de un ejemplo de gamificación de contenido, en el que los elementos de juego se integran en la propia actividad educativa (Kapp, 2012). La estructura del *breakout* fomenta la resolución de problemas en equipo, promoviendo el aprendizaje colaborativo, una metodología que ha demostrado ser efectiva para mejorar la comprensión conceptual y el rendimiento académico en ciencias (Johnson y Johnson, 1999). Además, al enfrentar desafíos que simulan situaciones reales, los estudiantes desarrollan habilidades de resolución de problemas y aplican el método científico, formulando hipótesis, realizando experimentos y analizando resultados.

Desde una perspectiva conceptual, la actividad aborda fenómenos fundamentales de la luz y el sonido, permitiendo a los estudiantes explorar sus propiedades y comportamientos. Al golpear diferentes objetos y observar las variaciones en el sonido producido, investigan empíricamente cómo las características físicas de los materiales afectan la frecuencia y amplitud de las ondas sonoras. Asimismo, al utilizar un prisma para descomponer la luz blanca, se introduce el concepto de dispersión y su relación con el espectro visible, facilitando la comprensión de la naturaleza ondulatoria de la luz.

Un aspecto clave de esta actividad es su potencial para abordar ideas previas erróneas frecuentes en el alumnado de EP. Por ejemplo, en la experiencia directa con la refracción de la luz en el prisma permite superar la creencia de que los filtros o prismas “añaden” color a la luz en lugar de descomponerla en sus componentes. Del mismo modo, la actividad con las botellas de agua permite a los estudiantes comprobar cómo la frecuencia del sonido varía en función de la cantidad de líquido presente, ayudando a clarificar la distinción entre tono e intensidad. Además, el desafío inicial basado en la transmisión del mensaje a través del teléfono escacharrado ofrece una analogía que permite reflexionar sobre cómo se propaga el sonido y qué factores pueden afectar su transmisión en distintos medios.

Al vincular la actividad con la experimentación, los estudiantes no solo adquieren conocimientos sobre luz y sonido, sino que también desarrollan una visión más científica y fundamentada de estos fenómenos. Al finalizar la actividad, la inclusión de una pregunta que invite a los estudiantes a reflexionar sobre qué ideas previas erróneas en EP pueden ser abordadas con esta estrategia permite consolidar la relación entre la actividad y la enseñanza de las ciencias, promoviendo una enseñanza basada en la evidencia y en la superación de obstáculos conceptuales.

El calabozo de los elementos (material para el alumnado. Incluye notas sobre el desarrollo de la actividad):

Los cielos del Reino de la Energía rugen con tormentas incontrolables. Truenos y relámpagos atraviesan la noche, iluminando las ruinas de una antigua fortaleza en la cima de la montaña. Dentro de ella, en las mazmorras más profundas, un grupo de valientes guerreros despierta desorientado. La última cosa que recuerdan es haber cruzado el Paso del Relámpago, cuando una espesa niebla los envolvió por completo.

— ¿Dónde estamos? —pregunta uno de los guerreros, palpando la fría piedra que lo rodea.

—¡Guerreros, hemos sido capturados! —dice el Guardián del Saber-. Nos encontramos en las mazmorras del castillo del Reino de la Energía. Todo ha sido una trampa. Una niebla nos ha invadido durante la noche, dejándonos dormidos y sin conciencia. Nos estaban esperando, no hay ninguna duda. Tenemos que encontrar la manera de huir de este lugar. Este sitio es muy oscuro, apenas se ve nada. Únicamente la luz de unas pocas antorchas ilumina las esquinas de este calabozo y también a alguna rata que busca algo que comer.



—¿Qué ha sido eso? —dice al oír un fuerte estruendo—. Se han apagado todas las luces. Esto no puede indicar nada bueno. No sé cuánto tiempo nos van a tener aquí encerrados, pero... a lo mejor se han olvidado ya de nosotros. Un momento. ¿Qué es esto? Es como si hubiese aparecido de repente —dice el guardián, cogiendo un fragmento de papel que encuentra en el suelo y lee en voz alta.

“Para escapar del calabozo y salir del Reino de las Fuerzas, debéis encontrar los fragmentos perdidos del Cetro de la Luz y el Sonido. Los fragmentos están escondidos en lugares oscuros y silenciosos de este Reino. Sin embargo, no son fáciles de obtener. Tendréis que resolver retos, pruebas y acertijos relacionados con este Cetro. Si no encontráis los fragmentos antes de que se acabe el tiempo, quedaréis atrapados para siempre en este Reino.”

— Parece que hay otra nota aquí cerca —vuelve a leer.

“El sonido es el primer paso hacia la libertad. Trasladad el mensaje de un calabozo a otro, de compañero a compañero. Entonces, una prueba os aguarda al final de la cadena”.

Primer desafío: Para resolver este primer desafío, debéis transmitir un mensaje de celda en celda, como en el juego del teléfono escacharrado. Uno de los guardianes del castillo de Morgana ha escondido una clave importante en un mensaje codificado. Solo si lográis transmitirlo correctamente podréis avanzar.

Nota: Al finalizar, los guerreros reconocen las limitaciones de esta analogía y encuentran una nueva pista: “Encuentra un objeto que produce un sonido único.”

Segundo desafío: Al analizar su entorno, notáis que uno de los barrotes de la prisión emite un sonido con una frecuencia distinta cuando lo golpeáis con una piedra.

— ¡Este barrote vibra más que los demás! —dice uno de los guerreros.

Nota: los guerreros tiran con fuerza del barrote hasta arrancarlo, logrando así liberarse de la mazmorra. Los guerreros escapan de la mazmorra, pero al salir al patio del castillo se encuentran con los perros guardianes de Morgana. Necesitan encontrar un objeto que emita un sonido único, capaz de inducirlos al sueño.

Halláis diferentes objetos —una botella, una lámpara, un candelabro y un espejo— pero, ¿cuál produce un sonido que duerma a los perros?

Nota: deben descubrir que la botella, al soplarla, produce un sonido.

— Necesitamos encontrar la frecuencia...

Nota: los guerreros llenarán la botella con agua hasta la marca correcta y logran producir la vibración precisa para dormir a los perros.

Tercer desafío: Avanzáis por un pasillo oscuro, en busca de la Lámpara de la Verdad, que irradia todos los colores. Encontráis seis lámparas de distintos colores —violeta, azul, roja, amarilla, verde y blanca— escondidas en el castillo. Al seleccionar la lámpara blanca, observáis un número inscrito en ella: 450.

— ¿Qué significa?

Nota: analizando el espectro visible, comprenden que 450 nm es la longitud de onda del color azul. Siguiendo esta pista, encuentran la Lámpara Azul, que contiene la siguiente pista:

“En la luz soy un mago, dividiendo colores con mi truco acertado. Transparente y angular, soy un objeto especial. Y refracto la luz... ¡de manera fenomenal!”

Entre varios objetos —un vidrio, una esfera de cristal, un espejo y un prisma— debéis seleccionar aquel que sea capaz de descomponer la luz blanca en los siete colores del arcoíris.

Nota: los guerreros seleccionan el prisma, ya que es el único capaz de descomponer la luz blanca en un arcoíris.

Cuarto desafío: “El prisma solo funcionará si lográis encontrar el Silbato del Eco, el último fragmento del Cetro de la Luz y el Sonido” — dice el Guardián del Saber. “Una antigua leyenda dice que:

"El lugar donde las ondas sonoras se acentúan y se controla la seguridad. Allí, hallaréis la llave para desatar el poder del sonido, que os dará la libertad."

Nota: Siguiendo esta pista, los estudiantes encuentran un elemento de seguridad relacionado con el sonido: el dispositivo de alarma de emergencia, que contiene una nota que les otorga la libertad.

Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- ¿Qué factores pueden influir en la claridad y precisión al transmitir un mensaje de una persona a otra? ¿Cómo se relaciona esta actividad con la propagación del sonido en diferentes medios?
- Al golpear diferentes objetos, ¿qué observaste sobre la relación entre el tamaño o material del objeto y el sonido producido?
- ¿Cómo afecta la cantidad de agua en una botella al sonido que produce al soplarla?
- ¿Por qué un prisma puede descomponer la luz blanca en varios colores?
- ¿Qué relación existe entre la longitud de onda de la luz y los colores que percibimos?
- ¿Qué ideas previas erróneas sobre luz y sonido, frecuentes en el alumnado de educación primaria, crees que se pueden abordar con esta actividad? ¿De qué manera los distintos desafíos ayudan a superarlas?
- ¿Cómo influyó el trabajo en equipo en la resolución de los desafíos?
- ¿Qué estrategias utilizaste para superar los obstáculos y cómo se relacionan con la metodología propia de la actividad científica?
- ¿Cómo demuestra esta actividad que el conocimiento científico es construido a través de la observación y la experimentación?
- ¿De qué manera los errores o fracasos durante los desafíos contribuyeron a tu aprendizaje?



Figura 73. Estudiantes realizando el primer (izquierda) y segundo (derecha) desafío.

4.3.4. Guerreros de terracota

La actividad “Guerreros de terracota” se ha diseñado para trabajar conceptos fundamentales de electricidad, incluyendo los circuitos en serie y en paralelo y la conductividad de los materiales. También se abordan la transformación y el transporte de la energía eléctrica dentro de un circuito. Mediante la experimentación con diferentes materiales como conductores, los estudiantes investigan cómo las propiedades de los materiales afectan la eficiencia del transporte de energía eléctrica, estableciendo conexiones con aplicaciones prácticas del mundo real.

Desde una perspectiva pedagógica, la actividad se basa en estrategias constructivistas que promueven el aprendizaje activo, la indagación científica y el uso de modelos y analogías para facilitar la comprensión de conceptos abstractos, ya que durante la actividad, los estudiantes no solo diseñan y construyen circuitos, sino que deben utilizar la analogía de la cuerda para argumentar sus observaciones y explicar el comportamiento de las bombillas en diferentes configuraciones. Este enfoque fomenta la modelización científica, ya que permite trabajar con un modelo conceptual que conecta la teoría con la práctica experimental. De este modo, la actividad no solo refuerza el aprendizaje de los circuitos eléctricos, sino que también promueve el desarrollo del pensamiento científico a través de la experimentación, la argumentación y la construcción de modelos.

Para reforzar estos conceptos, los estudiantes pueden utilizar un applet interactivo de PhET que les permite diseñar y probar diferentes configuraciones de circuitos en serie y en paralelo y diferentes objetos y materiales como conductores (borrador, moneda, clip, billete, mina de lápiz...) observando cómo varía la luminosidad de las bombillas en cada caso.

Los guerreros de terracota (material para el estudiante)

El Reino de la Energía es un reino lleno de peligros, pero, sobre todo, con una naturaleza terrible y violenta, especialmente en la zona en la que os encontráis hoy: Rayia, en pleno valle de los Rayos. Allí cuando el tiempo es adverso, caen rayos y truenos durante días. Es un clima ingobernable. Antes de la oscuridad que trajo Morgana, allí reinaba un clima primaveral. Aun así, la población de esa comarca ha conseguido sobrevivir en estas terribles condiciones.



Hay quienes creen que pueden sacar provecho, ya que los rayos son una fuente de energía eléctrica.

— ¡Necesitamos un ejército! —dice el alcalde de Rayia.

— Pero no somos suficientes... —contesta uno de los aldeanos—. Apenas llegamos al centenar de personas en Rayia.

— Si nos uniéramos todos los pueblos... —concluye el alcalde.

— Aun así, no seríamos suficientes.

— Lo que hace falta es un ejército fuerte, que avance por el reino sin detenerse. Y, a partir de este, que la gente se una sin miedo, hasta llegar al Puerto Pirata, conquistarlo y avanzar hacia el Observatorio de la Energía. Allí, cruzaríamos por el Puente del Conocimiento hasta el Reino de la Interacción, donde se libraría la batalla final contra Morgana.

— ¡Sí! ¡Podríamos ganar de una vez esta maldita guerra! —se escucha decir entre gritos de alegría.

— No tan rápido... Primero necesitamos ese ejército...

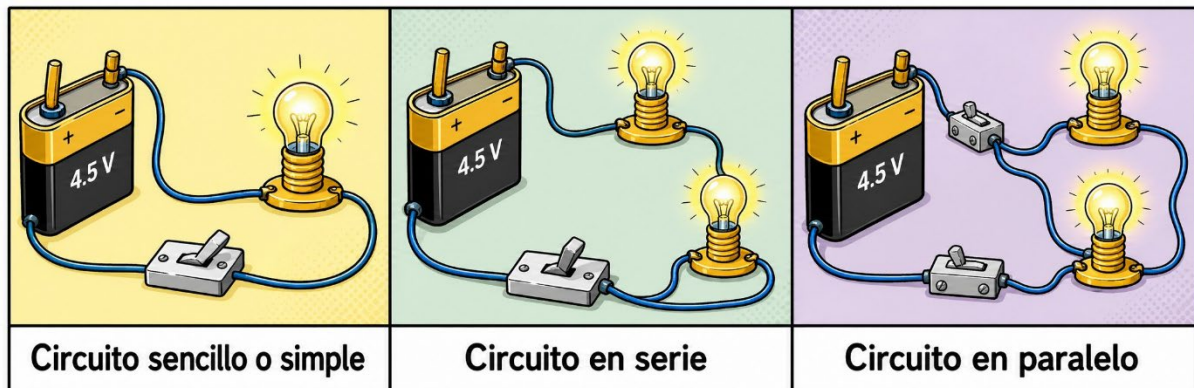
— Yo podría ayudar... —se escucha una voz extraña. Es Bruldi, un artesano y escultor famoso—. Últimamente, he estado trabajando en un proyecto: el Proyecto Bruldinsein.

— ¿No me digas que ya lo tienes listo? —pregunta el mago Hermes.

— Sí, he esculpido un ejército de terracota, escondido en la falda de las montañas. Podemos darles vida con la ayuda de la energía eléctrica y tu magia, mago Hermes. Pero no es tan fácil...

— Debemos aprovechar uno de los rayos que caen en el valle de los Rayos, transportar esa energía y distribuirla —dice Hermes.

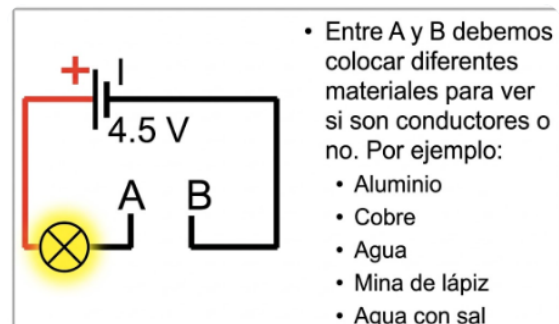
— Sí, tendríamos que calcular bien con qué materiales hacerlo y cómo deberíamos construirlo. Debemos hacer la predicción primero. Y no todos los rayos servirán, solo los más potentes.



Primero, pensad cómo construir los circuitos. Prededid cómo brillarán las bombillas según los diferentes montajes y qué sucederá en el circuito en serie y en paralelo si una bombilla se funde.

En **segundo** lugar, decidid cuál de los siguientes materiales creéis que será el más adecuado y, por tanto, el mejor conductor para transportar la energía eléctrica.

Haced vuestras predicciones argumentadas y anotadlas en vuestro cuaderno de bitácora.



En tercer lugar, experimentad para comprobar las predicciones:

- Utilizando cables eléctricos, una bombilla y el transformador (a 3V), haced el montaje más sencillo que permita que la bombilla (3,5V) se encienda (circuito simple). Dibujad el esquema eléctrico en el cuaderno de bitácora.
- Experimentad cómo el voltaje influye en la corriente (brillo de la bombilla) haciendo un circuito simple, modificando el voltaje a 4,5 V. Escribid las observaciones en el cuaderno de bitácora.
- Probando el circuito con la pila de 4,5 V, usad una bombilla de 3,5 V y otra de 6 V. Anotad vuestras observaciones y explicad por qué creéis que la luminosidad es diferente.

- d) Con el circuito anterior (bombilla 3,5 V), comprobad la conductividad de los materiales disponibles (latón, cobre, madera, agua, agua con sal...). Anotad vuestras observaciones.
- e) Usando las fuentes de alimentación y las regletas, montad un circuito con 2 bombillas en serie y otro con 2 bombillas en paralelo. Comparadlos con el circuito simple equivalente (todas las bombillas deben ser iguales). Dejad un voltaje fijo (p.ej., 4,5 V con bombillas de 3,5 V, o 6 V con bombillas de 6 V).

Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- ¿Cuál es la mejor manera de construir los circuitos para dar vida a los guerreros de terracota? ¿Por qué? Piensa que a todos los guerreros les debe llegar la máxima intensidad (bombillas con más brillo).
- ¿Cómo podrías explicar la respuesta anterior usando la analogía de la cuerda?
- ¿Son importantes los materiales del circuito? ¿Cuál ha sido el mejor conductor?
- ¿Por qué es importante usar un esquema para representar el circuito?

4.4. Bloque 4

4.4.1. Asalto al castillo de Morgana

La actividad de diseño de paracaídas presentada en esta propuesta se basa en una adaptación de la actividad original descrita por Leavy et al. (2021), en la que se implementa una investigación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) en el aula para que los estudiantes comprendan los principios físicos involucrados en la caída de un objeto con paracaídas. En esta adaptación, se ha enriquecido la experiencia de aprendizaje incorporando un estudio más profundo sobre la resistencia del aire y el principio de Bernoulli, lo que permite un análisis más detallado de los factores aerodinámicos que afectan la estabilidad y eficiencia del paracaídas.

El fundamento pedagógico de esta actividad se basa en el enfoque de aprendizaje por indagación, promoviendo la participación activa de los estudiantes en la formulación de preguntas, la experimentación y el análisis de resultados. La actividad sigue una progresión lógica en la que los estudiantes primero experimentan de manera empírica los efectos de la resistencia del aire, luego exploran cómo la velocidad del aire influye en la presión (principio de Bernoulli) y, finalmente, aplican estos conocimientos en el diseño de un paracaídas. Este enfoque fomenta el desarrollo del pensamiento científico, al permitir que los estudiantes construyan su comprensión de los conceptos a partir de la observación y la experimentación, en lugar de recibir explicaciones teóricas de manera directa.

Desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias, esta adaptación fortalece el aprendizaje interdisciplinario dentro de un contexto STEM, permitiendo que los estudiantes combinen conocimientos de física con habilidades ingenieriles de diseño, ya que los estudiantes no solo exploran fenómenos físicos, sino que también aplican sus conocimientos en la creación de soluciones funcionales. A través de la comparación de diseños, la recogida de datos y la optimización del paracaídas, los estudiantes se involucran en un proceso iterativo de prueba y mejora, promoviendo así la alfabetización científica y tecnológica dentro del aula.

Asalto al castillo de Morgana (material para el alumnado)

Tras semanas de batallas libradas en los reinos de DMEI, los guerreros del conocimiento habéis llegado al Reino de la Interacción, donde solo aquellos con verdadera destreza en la aplicación de las leyes de la física y la química pueden superar sus pruebas.

La misión es clara: asaltar el castillo de Morgana la Maquinadora. Un castillo que se eleva sobre el suelo... ¡suspendido en el aire!. Cualquier ataque terrestre sería inútil. Solo hay una manera de entrar: desde el aire. Sin embargo, lanzarse sin un plan significaría una caída desastrosa. Es aquí donde la estrategia y la ciencia se unen: deberéis diseñar los mejores paracaídas posibles para descender con precisión y seguridad tras las líneas enemigas

El Guardián del Aire, un anciano sabio que domina los secretos de los vientos y las corrientes invisibles, os observa con interés.

— No podéis simplemente saltar al vacío y esperar lo mejor. Morgana os espera con sus trampas, y el viento no siempre será vuestro aliado. Si no controláis vuestro descenso, podríais quedar atrapados en los muros del castillo o, peor aún, caer en el Lago de las Tormentas. Debéis comprender cómo el aire os sostendrá en vuestra caída y cómo usarlo a vuestro favor.

Los alquimistas del reino han preparado para vosotros una serie de desafíos previos que os prepararán antes de lanzaros al asalto.



Primer desafío: La Fuerza Invisible

Pregunta investigable: "*¿Cómo afecta la resistencia del aire a la velocidad de caída?*"
Antes de diseñar vuestros paracaídas, debéis comprender cómo el aire puede frenar la caída de un objeto. El Guardián del Aire os entrega diferentes materiales: plumas, hojas de papel, piedras y pergaminos arrugados.

— Observad cómo se comportan estos objetos al caer. No es la masa lo único que importa... es la forma en que interactúan con el aire.

A través de pequeñas pruebas y discusiones, ¿sois capaces de encontrar un patrón?

Segundo desafío: El Secreto del Viento

Pregunta investigable: "*¿Cómo afecta la velocidad del aire a la presión sobre un objeto en movimiento?*"

— Los vientos del Reino de la Interacción pueden ser caprichosos. Si vuestro paracaídas no es estable, podríais quedar atrapados en una corriente errática y ser arrastrados lejos del castillo. Necesitáis entender cómo se comporta el aire al moverse rápidamente.

Para ello, el Guardián os da hojas de pergamino y globos. Os invita a soplar sobre las hojas y ver qué pasa... Intentáis lo mismo con los globos, soplando entre dos globos que penden de un hilo ¿qué descubrís?

Tercer desafío: Diseñando el Paracaídas

Pregunta investigable: "*¿Cómo podemos diseñar el paracaídas más eficiente para el asalto?*"

Con las pruebas superadas, el momento ha llegado. Debéis construir vuestro propio paracaídas. El Guardián del Aire os entrega diferentes materiales: telas ligeras, hilos resistentes y pesos de prueba.

Cada equipo debe diseñar dos versiones de paracaídas con diferentes formas (rectangular y circular) y tamaños, probándolos en una torre de lanzamiento antes del asalto final.

Algunos paracaídas caen demasiado rápido, otros giran sin control, pero poco a poco vais afinando el diseño, aprendiendo a distribuir la masa y la tensión para lograr un descenso lento y estable.

Cuarto desafío: El Descenso Final

Pregunta investigable: *"¿Cómo podemos optimizar nuestro diseño para asegurar el éxito?"*

El Guardián del Aire os lanza una última advertencia: Morgana ha conjurado vientos erráticos alrededor del castillo. Solo aquellos que ajusten bien su diseño podrán aterrizar con precisión. Si falláis, os espera un abismo...

Modificáis vuestros paracaídas considerando el tamaño del dosel, la longitud de los hilos y la distribución del peso, y realizáis una última prueba. Los guerreros que logren un descenso más estable serán los primeros en lanzarse en la incursión contra el castillo.

El destino de los reinos de DMEI está en vuestras manos. ¿Seréis capaces de diseñar el mejor paracaídas y llevar a cabo el asalto con éxito? Morgana os espera, y solo el conocimiento os dará la ventaja en esta batalla final.

Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- ¿Cómo influye la resistencia del aire en la velocidad de caída de un objeto?
- ¿Qué diferencia hay entre los objetos de mayor y menor superficie en términos de resistencia del aire?
- ¿Cómo se relacionan estos principios con el diseño de un paracaídas eficiente?
- ¿Por qué una mayor velocidad del aire puede generar una menor presión en ciertas zonas del paracaídas?
- ¿Cómo influye la forma del paracaídas en su estabilidad durante el descenso?
- ¿De qué manera podríamos mejorar aún más el diseño para aumentar la estabilidad en condiciones de viento fuerte?
- ¿Qué características del paracaídas (forma, tamaño, material, longitud de los hilos) han demostrado ser más eficaces?
- ¿Cómo podríamos aplicar lo aprendido en contextos reales como el rescate aéreo o la entrega de suministros en zonas de desastre?
- ¿Qué factores adicionales deberían considerarse en el diseño de un paracaídas para cargas pesadas o aterrizajes controlados?

- ¿Por qué es importante realizar pruebas experimentales antes de decidir qué diseño de paracaídas es el mejor?
- ¿Por qué la ciencia no se basa solo en el conocimiento teórico, sino también en la indagación y en poner a prueba las hipótesis?

4.4.2. El mercado de Puerto Pirata

Esta actividad sobre palancas responde a un enfoque de enseñanza de las ciencias fundamentado en la indagación y la modelización. Desde una perspectiva científica, el estudio de las palancas permite introducir conceptos fundamentales de la mecánica, como la interacción de fuerzas. En esta actividad, los estudiantes deben deducir la ecuación de la ley de la palanca después de generar diferentes configuraciones en la balanza y así engañar a los piratas.

Esta actividad sobre palancas sigue un enfoque basado en la indagación, lo que significa que los estudiantes no reciben directamente las respuestas, sino que deben formular hipótesis, probar diferentes configuraciones de pesos y analizar los resultados para llegar a conclusiones, entre ellas, la deducción de la ecuación de la ley de la palanca. Este enfoque favorece el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de resolver problemas, habilidades esenciales en la formación de futuros docentes de EP y refuerza la importancia de proporcionar experiencias prácticas que permitan a los estudiantes manipular objetos y observar directamente los efectos de sus acciones (Couso et al., 2020). La indagación no solo favorece la construcción activa del conocimiento, sino que también permite a los estudiantes experimentar la naturaleza dinámica y tentativamente revisable de la ciencia, en la que las explicaciones pueden evolucionar en función de nuevas evidencias y razonamientos (Harlen, 2012).

Otro aspecto clave de la actividad es el uso de la modelización como herramienta didáctica. La balanza improvisada utilizada en la actividad actúa como un modelo físico que permite visualizar y experimentar con la ley de la palanca de manera tangible. La modelización es un enfoque central en la enseñanza de las ciencias, ya que ayuda a los estudiantes a construir y revisar representaciones de fenómenos naturales, permitiéndoles comprender relaciones abstractas a partir de experiencias concretas (Gilbert y Justi, 2016). Además, trabajar con modelos permite introducir la idea de que la ciencia no se basa solo en hechos inmutables, sino en representaciones que pueden ser evaluadas, mejoradas y adaptadas en función de nuevas observaciones y necesidades explicativas.

La actividad también fomenta el aprendizaje cooperativo, ya que los estudiantes deben trabajar en equipo para resolver los desafíos planteados por los piratas. La colaboración es un elemento esencial en la construcción del conocimiento científico, ya que permite contrastar ideas, evaluar explicaciones y negociar significados compartidos. En este sentido, la enseñanza de las ciencias basada en competencias enfatiza la importancia de promover la interacción entre los estudiantes como parte

del proceso de aprendizaje (Pedrinaci, 2012). Además, el uso del método de prueba y error dentro de la actividad refuerza la idea de que el conocimiento científico se desarrolla a través de la experimentación y la revisión constante, acercando a los estudiantes a una comprensión más auténtica de la naturaleza de la ciencia.

El mercado de Puerto Pirata (material para el estudiante)

¡Habéis logrado una de las mayores hazañas: habéis tomado el castillo de Morgana la Maquinadora! Gracias a vuestra astucia y dominio de la aerodinámica, habéis descendido con precisión tras las líneas enemigas, superando las trampas de Morgana y obligándola a huir. Sin embargo, la victoria no es completa. Morgana ha escapado. Sus últimas palabras, antes de desaparecer en una nube de oscuridad, os advierten.

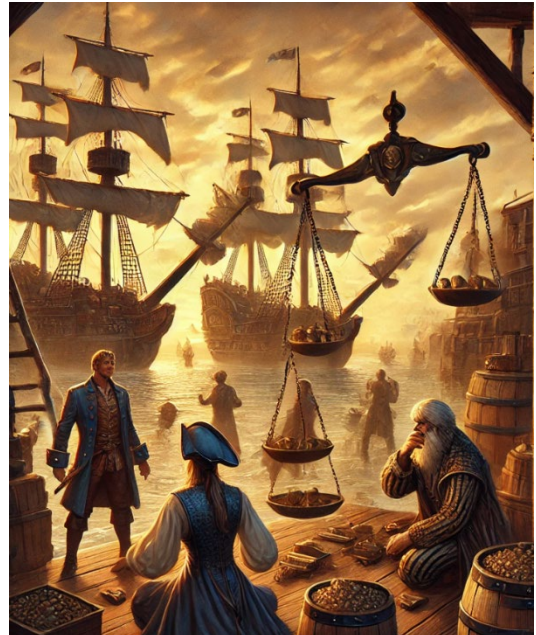
— "Esto no ha terminado. No me atraparéis tan fácilmente."

Y antes de que podáis alcanzarla, se desvanece en el aire. Por suerte, uno de vosotros ha conseguido lanzarle un localizador, que se le ha pegado a la ropa. Gracias a eso, sabéis su nueva localización: Isla Evaluación. Sin embargo, hay un problema: para seguirla, necesitáis una flota, ya que esta isla está perdida en el otro lado del mar...

Así que, tras la toma del castillo de Morgana, emprendéis el viaje hacia el Puerto Pirata, un enclave peligroso donde los comerciantes y corsarios dominan el intercambio de bienes... y de secretos. Necesitáis barcos para llegar a Isla Evaluación.

Habéis llegado hasta el Puerto Pirata, junto a vuestro ejército de terracota, al que disteis vida gracias a la energía eléctrica. El viaje hasta Isla Evaluación será largo y arduo (¡y más con un ejército de piedra!), por lo que necesitáis una flota de barcos para trasladaros. En Puerto Pirata hay cientos de embarcaciones, pero también muchos piratas... y los piratas no son gente de fiar. Lo único que les interesa es el negocio, y ven en vosotros una oportunidad para obtener grandes beneficios. Para negociar, utilizan balanzas, que en realidad son palancas de primer grado con las que pesan los objetos que compran y venden.

No obstante, rápidamente os dais cuenta de que no paran de hacer trampas. Son expertos en el arte del engaño, pero vosotros sois científicos y no os pueden engañar. Antes de negociar con ellos, debéis reflexionar sobre los fundamentos de sus artimañas:



- ¿Qué entendéis por palanca?
- ¿Cómo expresaríais la ley de la palanca con vuestras propias palabras?

- ¿Podéis dar varios ejemplos de herramientas o dispositivos de uso cotidiano en los que intervengan palancas?
- ¿Qué entendéis por equilibrio? En una situación de equilibrio, ¿intervienen fuerzas? Si es así, ¿cómo deben ser? ¿Qué ocurre cuando se pierde el equilibrio?

Los piratas os plantean el precio del viaje:

"Subir al barco rumbo a Isla Evaluación cuesta una moneda de oro por cada diez tripulantes, ¡incluyendo a vuestros guerreros de terracota!", os dicen con una sonrisa burlona.

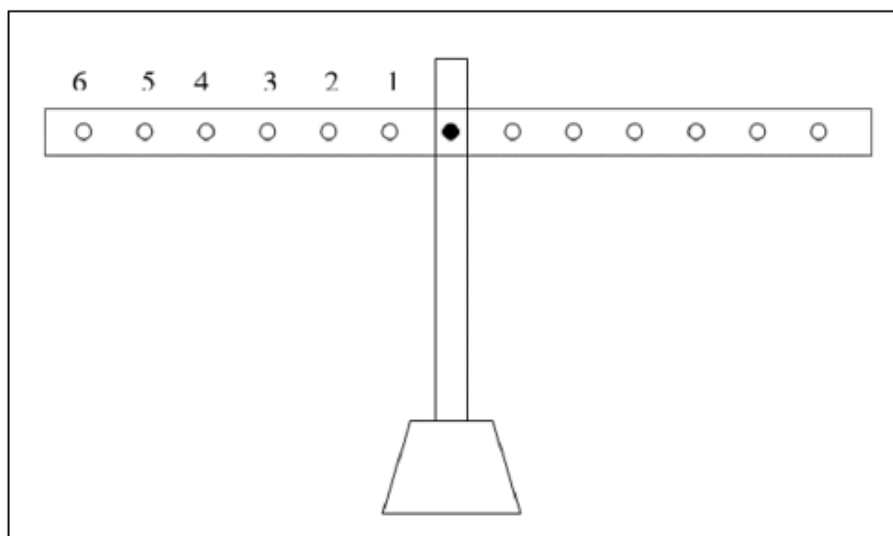
— Pero no tenemos suficiente oro si contamos a los guerreros... — murmura un soldado preocupado.

— En ese caso, podéis largaros por donde habéis venido — responde el pirata con una mirada desafiante.

— ¡Sí que tenemos suficiente oro! — respondéis con seguridad, guiñando un ojo.

— ¡Traed la balanza! O mejor, no hace falta que la traigáis, ¡yo os haré una en un momento!

Con la ayuda de un soporte, una nuez con agujero, una aguja, una barra con perforaciones, clips y plastilina, montáis una balanza improvisada. Colocáis el soporte y la nuez como en la imagen adjunta, permitiendo que la palanca quede suspendida en equilibrio.



— Nuestro oro es de la mejor calidad. ¡Pesa más que el vuestro! Mira, colgaré un trozo de oro (clip) en el sexto orificio de la barra. Nuestro oro es tan puro que pesa igual que seis piezas de oro vuestras.

Dibuja en tu cuaderno cómo deben colocarse los clips para engañar al pirata.

Pero el pirata empieza a sospechar, así que intentáis otra estrategia:

— Ya no nos queda más oro de tanta calidad, pero aún sigue siendo mejor que el vuestro. Ahora, cada trozo de nuestro oro equivale a tres de los vuestros.

Dibuja en tu cuaderno cómo deben colocarse los clips para seguir engañando al pirata.

— Y este otro oro sigue siendo superior, aunque no es tan bueno como el primero. Un solo trozo de nuestro oro equivale a dos del vuestro.

Dibuja en tu cuaderno cómo deben colocarse los clips para continuar con la trampa.

Finalmente, el pirata estalla de rabia:

— ¡No quiero saber nada más de vosotros! ¡Me habéis engañado suficiente! — grita, alejándose malhumorado.

Sin embargo, un segundo pirata se acerca cojeando. Lleva un parche en el ojo y una pierna de madera.

— A mí no me engañaréis... He visto vuestros trucos. Pero me gustan los retos y las apuestas. Os haré una propuesta:

Si lográis superar cada uno de mis desafíos en un minuto, no solo os dejaré subir a mis barcos, sino que os regalaré 100 monedas de oro.

— ¿Y qué quieres a cambio? — preguntáis con cautela.

— ¡Vuestro ejército de terracota! Con él, me erigiría como rey de los mares.

— ¡Pero sin ejército no podremos ganar la guerra! — advierte un soldado.

— ¡Aceptamos! — decís con seguridad.

— ¡Empecemos entonces!

Anota en tu cuaderno las distintas situaciones de equilibrio usando la siguiente codificación:

- 6(1) → 1 clip en el sexto orificio a la izquierda del fulcro (punto de apoyo).
- 4(2) → 2 clips en el cuarto orificio a la izquierda del fulcro.

Situaciones a resolver:

- 💰 Con dos piezas de oro (solo puedes colgar los clips en una única posición):
1. ¿Cómo equilibrar la balanza si el pirata coloca su oro en el cuarto orificio?
 2. ¿Cómo equilibrar la balanza si el pirata coloca su oro en el segundo orificio?

situación	lado izquierdo	lado derecho
1		
2		

- 💰 Con tres piezas de oro:
3. ¿Cómo equilibrar la balanza si el pirata coloca su oro en el sexto orificio?
 4. ¿Cómo equilibrar la balanza si coloca dos piezas en el tercer orificio?
 5. ¿Cómo equilibrar la balanza si coloca dos piezas de oro en el sexto orificio?
 6. ¿Cómo equilibrar la balanza si coloca una pieza en el cuarto orificio y otra en el segundo orificio?

situación	lado izquierdo	lado derecho
3		
4		
5		
6		

💰 Con cuatro piezas de oro:

7. ¿Cómo equilibrar la balanza si el pirata coloca su oro en el sexto orificio?
8. ¿Cómo equilibrar la balanza si coloca dos piezas en el cuarto orificio?
9. ¿Cómo equilibrar la balanza si coloca dos piezas oro en el segundo orificio?
10. ¿Cómo equilibrar la balanza si coloca una pieza en el cuarto orificio y dos trozos en el sexto orificio?

situación	lado izquierdo	lado derecho
7		
8		
9		
10		

— Parece que has ganado este primer reto, pero... ¿y si te propusiera uno nuevo?

—¿Qué gano a cambio? —preguntáis.

— Sé cómo vencer a Morgana. Conozco su punto débil. Si respondéis correctamente, os lo diré. Si no... recuperaré todo lo que habéis ganado.

—¡Adelante!

— Tengo otras piezas de oro de diferentes tamaños. Propón una manera distinta de equilibrar la balanza cuando cuelgue:

- Siete piezas de oro en la posición 3 (debes utilizar diferentes clips con relaciones de peso de 1, 2 y 4).
- Tres piezas de oro en la posición 5 (debes utilizar diferentes clips con relaciones de peso de 1, 2 y 4).

Anota en tu cuaderno cómo resolverías cada situación.

¡Habéis ganado todos los retos! Así, el pirata os dice:

— El secreto no es luchar contra Morgana. El verdadero secreto es demostrar que ya estáis capacitados para ser maestros de física y química en un colegio. Cuando lleguéis a Isla Evaluación, solo tenéis que lanzar un hechizo 5E. Eso acabará con su maldad. Pensad en ello.

Entonces, cuando el pirata se aleja cojeando, subís a los barcos, junto con el ejército de terracota y empezáis a reflexionar sobre las palabras del pirata...



Preguntas finales (cuaderno de bitácora):

- ¿Qué fuerzas intervienen en este experimento? Haz un dibujo de una situación de equilibrio con dos clips y representa las fuerzas actuando.
- A partir de los datos recogidos, intenta inferir la ecuación matemática que relaciona las distancias de los clips al fulcro con el equilibrio de fuerzas.
- ¿Qué importancia ha tenido el método de prueba-error en esta determinación? ¿Crees que los científicos emplean el método de prueba-error en sus experimentos?
- Arquímedes dijo: "Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo". ¿Qué quería decir con esto?
- ¿Qué debería hacer un niño de 30 kg para equilibrarse en un balancín con su profesora de 60 kg? Comprueba tu predicción con el simulador de PhET: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_es.html

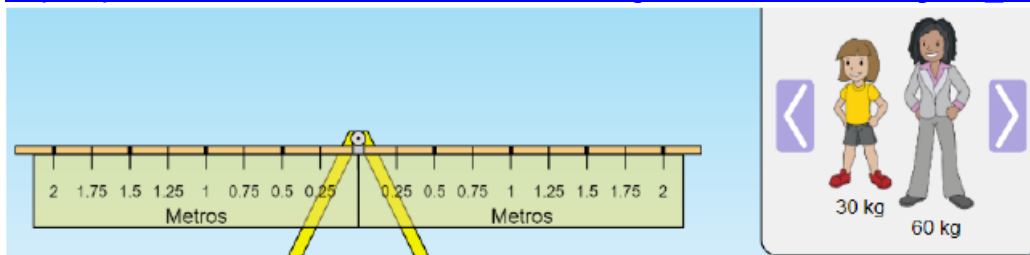


Figura 74. Estudiantes realizando la actividad del mercado de Puerto Pirata.

Bibliografía y fuentes de información

Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.

Aronson, E. y Patnoe, S. (2011). *Cooperation in the Classroom: The Jigsaw Method*. Pinter & Martin.

Banda, H. J. y Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: a review of literature. *Physical Review – Physics Education Research*, 17, 023108.

Bell, R. L. (2008). *Teaching the Nature of Science through Process Skills. Activities for Grades 3-8*. Pearson.

Bybee, R. W. (2016). *El modelo de enseñanza 5E del BSCS. Creando momentos de enseñanza*. NSTA - ISTF.

Cavallo, A. (2007). Draw-a-Scientist/Mystery Box. *Science and Children*, 45(3), 37-41.

Choi, J. (2004). *The Nature of Science: An Activity for the First Day of Class*. Recuperado de <http://www.scienceteacherprogram.org/gen-science/Choi04.html>

Couso, D., Jiménez-Liso, M. R., Refojo, C. y Sacristán, J. A. (Coords) (2020). *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT & Fundación Lilly. Penguin Random House.

Crouch, C. H. y Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. y Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining "gamification". *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9-15.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. y Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.

Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Springer.

Harlen, W. (2012). Principios y grandes ideas para la Educación en ciencias: competencias de ciencias para la escuela. Editorial Popular.

Harlen, W. y Qualter, A. (2018). *The teaching of Science in Primary Schools* (7ª ed). David Fulton Publishers.

Haysom, J. y Bowen, M. (2010). *Predict, Observe, Explain. Activities enhancing scientific understanding*. NSTA Press.

Jiménez-Valverde, G., Heras-Paniagua, C., Fabre-Mitjans, N. y Calafell-Subirà, G. (2024). Gamifying Teacher Education with FantasyClass: Effects on Attitudes towards Physics and Chemistry among Preservice Primary Teachers. *Education Sciences*, 14(8), 822. <https://doi.org/10.3390/educsci14080822>

Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1999). *Aprender juntos y solos. Aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista*. Aique.

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.

Keogh, B. y Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: An evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431-446.

Knott, R. C. y Thier, H. D. (1993). *Science Curriculum Improvement Study 3 (SCIS 3) series*. Delta Education.

Leavy, A., Hourigan, M., O'Dwyer, A., Carroll, C., Corry, E. y Hamilton, M. (2021). How slow is your parachute? Reflections on a STEM activity from an Irish classroom. *Science and Children*, 58(6), 38-45.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Lawrence Erlbaum Associates.

Lederman, N. G. y Abd-El-Khalick, F. (2002). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 83-126). Kluwer Academic Publishers.

Mazur, E. (1997). Peer instruction: Getting students to think in class. *AIP Conference Proceedings*, 399(1), 981-988.

Merino, M. A. (2011). Didàctica de la seguretat: les normes. *Ciències. Revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 19, 18-21.

Naylor, S. y Keogh, B. (2013). *Concept Cartoons in Science Education Set 1* (revised ed.). Millgate House Publishing Ltd.

O'Brien, T. (2011). *More brain-powered science. Teaching and learning with discrepant events*. NSTA.

Osborne, J. F., Donovan, B. M., Henderson, J. B., MacPherson, A. C. y Wild, A. (2016). *Arguing from evidence in Middle School Science*. Corwin.

Pedrinaci, E. (2012). *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Graó.

Zemba-Saul, C., McNeill, K. L. y Hershberger, K. (2013). *What's your evidence? Engaging K-5 students in constructing explanations in science*. Pearson.