


¿El aire es materia? Desarrollo de las prácticas científicas para superar barreras en el aprendizaje de las ciencias

Is air matter? Development of scientific practices to overcome barriers in science learning

Jorge Pozuelo Muñoz  ^{1*}

¹ Dpto. de Didácticas Específicas, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza. c/Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza (España). Grupo BEAGLE de investigación en Didáctica de las ciencias de la naturaleza. Instituto IUCA de investigación en ciencias ambientales de Aragón.

*E-mail: jpozuelo@unizar.es

Recibido el 28 de julio de 2023 | Aceptado el 11 de marzo de 2024

Resumen

Esta investigación presenta una secuencia de actividades para trabajar el concepto de materia en educación secundaria con alumnado del Programa de Aprendizaje Inclusivo en Aragón (España). Este programa acoge a alumnado que ha encontrado barreras para aprender ciencias frente a propuestas usuales. Se plantea una secuencia *ad hoc* con doble objetivo: trabajar los conocimientos vinculados a la materia mediante las prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización; y usar las prácticas como herramienta para facilitar la superación de posibles barreras para el aprendizaje en ciencias. La metodología didáctica ha sido el aprendizaje por indagación. La investigación usa un análisis cualitativo de grabaciones de vídeo. Se han establecido categorías emergentes que permiten concluir las dificultades para identificar magnitudes que definan la materia, en especial, el "aire". La secuencia ha trabajado con estas dificultades mediante demostraciones experimentales diseñadas por el propio alumnado, que después construyeron y expusieron. Se ha observado que trabajar las prácticas científicas ha permitido dirigir el potencial individual, en lo procedimental y conceptual. Ello ha contribuido a superar algunas barreras para el aprendizaje de la ciencia en general y los conceptos de materia y aire, en particular.

Palabras clave: Materia; Aire; Prácticas científicas; Propuesta didáctica; Barreras para el aprendizaje.

Abstract

This research presents a sequence of activities to work on the concept of matter in secondary education with students from the Inclusive Learning Program in Aragon (Spain). This program accommodates students who have encountered barriers to learning science compared to conventional approaches. An *ad hoc* sequence is proposed with a dual objective: to work on knowledge related to matter through scientific practices of argumentation, inquiry, and modeling; and to use these practices as a tool to facilitate overcoming potential barriers to learning in science. The didactic methodology used was inquiry-based learning. The research employs qualitative analysis of video recordings. Emerging categories have been established that allow us to conclude the difficulties in identifying magnitudes that define matter, especially "air". The sequence has addressed these difficulties through experimental demonstrations designed by the students themselves, which they later constructed and presented. It has been observed that working with scientific practices has allowed for the direction of individual potential, both procedurally and conceptually. This has contributed to overcoming some barriers to learning science in general and the concepts of matter and air in particular.

Keywords: Matter; Air; Scientific practices; Didactic proposal; Barriers to learning.

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de materia resulta complejo para el alumnado de educación primaria y educación secundaria. Los mayores problemas surgen por dos motivos fundamentalmente. En primer lugar, cuando el objeto (o fenómeno) de estudio no es visible por su escala microscópica y, en segundo lugar, cuando existen dificultades para entender la composición de la materia a partir de su estructura interna (Cascarosa-Salillas *et al.*, 2022a; Martínez-Torregosa *et al.*, 2022; Sarquis y González, 2022). Estas dificultades se evidencian en la construcción de un modelo mental del aire. A pesar de que en la etapa de educación primaria se han estudiado los estados de la materia (sólido-líquido-gas), el estudio del aire en estudiantes de secundaria genera un fuerte conflicto cognitivo debido a su naturaleza imperceptible (Driver, 1988). También es común que los estudiantes admitan su existencia únicamente cuando el aire está en movimiento (Demirbas y Ertuğrul, 2014; Séré, 1986; Stavy, 1988). Estos modos de comprensión se evidencian cuando el alumnado debe responder a la pregunta si el aire es o no es materia. Los argumentos de los estudiantes en sus respuestas ayudan a los investigadores a conocer cómo el alumnado construye su modelo de materia. En las respuestas del alumnado es habitual encontrar afirmaciones como “el aire no pesa, porque si pesase lo notaríamos” (Mazo Vivar, 2006) o “el aire no es materia porque no tiene masa y no pesa” (Lorenzo Flores *et al.*, 2018; Stavy, 1988,). Existen numerosas propuestas didácticas para el estudio de la naturaleza del aire en las distintas etapas educativas. Muchos de estos diseños proponen una serie de demostraciones experimentales para evidenciar que el aire es materia (Branca *et al.*, 2022; Lorenzo Flores *et al.*, 2018; Mazo Vivar, 2006). La inclusión de demostraciones experimentales para trabajar el concepto de aire, permiten al alumnado enfrentarse al conflicto cognitivo que observa (Eshach y Fried, 2005), y también aumentar su interés al trabajar con hechos perceptibles en su vida diaria (García-Carmona *et al.*, 2014).

Por otro lado, las investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales en general, y de la física en particular, nos llevan a la necesidad de incorporar enfoques didácticos que favorezcan el desarrollo de competencias para una mejor formación científica (Hodson, 2014). Según Adúriz-Bravo (2017), dos de las prácticas científicas con mayor interés para la enseñanza de la física son la modelización y la argumentación. Estas, unidas a la indagación, conforman tres prácticas científicas fundamentales en el aprendizaje de la ciencia (Muñoz Campos *et al.*, 2020). La argumentación se entiende como la capacidad para justificar o refutar una opinión haciendo uso de pruebas (Jiménez Aleixandre, 2010), desarrollar y evaluar argumentos (Duschl y Osborne, 2002) y la capacidad de elegir entre distintas opciones utilizando los criterios más adecuados (Muñoz Campos *et al.*, 2020). Esta práctica se considera fundamental para el desarrollo de ciudadanos científicamente competentes (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008). Por ello, es importante desarrollar actividades que puedan servir como objeto de discusión y una práctica reflexiva (Cutrera *et al.*, 2021). El término indagación puede tener distintos significados. Según Couso (2014), la indagación en el ámbito educativo puede entenderse como una variedad de estrategias de enseñanza y aprendizaje para desarrollar con el alumnado destrezas de indagación y sobre indagación. Esta perspectiva se conoce como Aprendizaje de las Ciencias Basado en Indagación (IBSE por sus siglas en inglés). Muchos autores muestran que esta forma de trabajar en el aula favorece el desarrollo de habilidades, la comprensión conceptual y las actitudes, hacia la ciencia (Aguilera *et al.*, 2018; Bevins y Price, 2016; McConney *et al.*, 2014; Minner *et al.*, 2010). La construcción de modelos es un aspecto fundamental tanto en la ciencia como en la educación científica (Justi, 2006), siendo especialmente relevante en una rama de conocimiento como la física (Valenzuela y Mena, 2019). El término modelización también ha sido objeto de análisis según sus acepciones (Oliva, 2019), aunque en este caso, entendemos la modelización como práctica científica en el ámbito de la educación en ciencias. Esta práctica puede definirse como el desarrollo de conocimientos y destrezas para comprender cómo se construyen las ideas científicas (Acher, 2014).

Además de este enfoque didáctico en el que se desarrolla el contenido trabajando las prácticas científicas de modelización, argumentación y modelización, es necesario tener en cuenta la contextualización del aprendizaje. La contextualización en la educación científica es un factor fundamental para que el alumnado comprenda la importancia y la utilidad de la ciencia (Caamaño, 2005) y que el estudiante también pueda servir como difusor de conocimiento (Sales y Silva, 2023). Para que el contexto sea adecuado, debe ser cercano a la vida diaria del alumnado (Caamaño, 2018) y partir de una situación real (King y Ritchie, 2012). El aprendizaje contextualizado de las ciencias va a propiciar un aumento del interés del alumnado y que pueda aplicar lo aprendido a otro contexto (Gilbert, 2006). Existen publicaciones que muestran diseños didácticos que incluyen el desarrollo de las prácticas científicas y a su vez, han partido de un aprendizaje con un contexto basado en una situación cotidiana. Por ejemplo, los procedimientos seguidos en las propuestas realizadas por de Muñoz Campos *et al.* (2020) o Cascarosa-Salillas, *et al.* (2022b) ha resultado de utilidad para diseñar una secuencia que trabaje conjuntamente las tres prácticas científicas en educación secundaria obligatoria.

Tradicionalmente, el aprendizaje de las ciencias se ha centrado en el conocimiento del contenido. Este conocimiento del contenido, además, viene asociado a metodologías educativas de transmisión-recepción (Carrascosa-Alís *et al.*, (2008). Esto, en muchos casos, provoca que el alumnado que no está habituado a trabajar con este tipo de conocimiento y de metodología, sea catalogado como alumnado con necesidades educativas especiales. La inclusión

educativa es crítica con esta terminología y hace que la responsabilidad de las dificultades recaiga en el alumnado y la especificidad del aprendizaje sea considerada como una limitación del mismo (Cobeñas y Grimaldi, 2021). Sin embargo, es común que las dificultades que experimenta el alumnado vengan determinadas por las formas de enseñar y no por el propio alumnado, siendo esta consideración un principio fundamental en la definición de inclusión (Arnaiz, 2003). En esta línea, existen numerosas investigaciones que proponen cambiar esta manera de interpretar al alumnado (Collet, Naranjo y Soldevilla-Pérez, 2022). Booth y Ainscow (2002) proponen hablar de “barreras al aprendizaje” como alternativa. Estas no focalizan el problema en el individuo, sino que “*surgen de la interacción entre los estudiantes y sus contextos; las personas, las políticas, las instituciones, las culturas y las circunstancias sociales y económicas que afectan a sus vidas*” (Booth y Ainscow, 2002, p.9). Esta nueva concepción, fomenta la inclusión del alumnado que encuentra barreras para el aprendizaje y pretende destacar las capacidades de cada uno de ellos, intentado superar la terminología de necesidades educativas especiales (García-Barrera, 2017).

Este planteamiento en el aprendizaje inclusivo conecta fácilmente con un enfoque metodológico del aprendizaje de las ciencias basado en el desarrollo de las prácticas científicas. El desarrollo de las mismas requiere de destrezas, habilidades y procedimientos diversos. Esta diversidad va a facilitar que todo el alumnado pueda desarrollar todo su potencial para el aprendizaje de las ciencias.

En este trabajo se presenta una secuencia didáctica para trabajar el aire a través del desarrollo de las tres prácticas científicas con alumnado del primer curso del Programa de Aprendizaje Inclusivo.

II. METODOLOGÍA

Esta experiencia pretende diseñar una secuencia didáctica en el aula. Por este motivo, se cree conveniente establecer la separación entre la metodología didáctica (metodología implementada en el aula) y la metodología de investigación (metodología para evaluar la secuencia implementada).

A. Metodología didáctica

La metodología didáctica utilizada ha sido el Aprendizaje de las Ciencias Basado en Indagación. Entre las distintas modalidades de indagación se ha optado por una indagación guiada (Bevins y Price, 2016). De esta forma, en la implementación de la secuencia, se ha sido especialmente cuidadoso con la guía que ha llevado a cabo el profesor.

Por otro lado, para trabajar el concepto del aire con el alumnado, se ha prestado atención a los trabajos de Sarquis y González (2022) y Mazo Vivar (2006). En estos, se exponen algunos errores a la hora de realizar diseños experimentales para demostrar que el aire es materia. Uno de los más habituales es pesar un objeto con una cantidad mínima de aire dentro (un balón desinflado, por ejemplo) y el mismo objeto lleno de aire y observar la diferencia. En el presente trabajo se han tomado como referencia los trabajos mencionados y los resultados que en ellos se han encontrado. Partiendo de esa base, se pide al alumnado que sean ellos mismos quienes diseñen sus propios experimentos manipulativos que permitan confirmar su hipótesis de que el aire es materia o bien de que el aire no es materia.

B. Metodología de investigación

En el ámbito educativo tanto los actores participantes como las interacciones entre ellos presentan gran complejidad, superando los límites que los análisis cuantitativos puedan ofrecer. Ahora bien, la metodología cualitativa nos permite abordar realidades subjetivas e intersubjetivas, permitiendo buscar la dialéctica del pensamiento que guía a los investigados en el desarrollo de sus acciones (Flick, 2004; Massot *et al.*, 2012). Por otro lado, la implicación directa que ofrecen las técnicas cualitativas permite acercarse tanto a los actores investigados (Taylor y Bogdan, 1987). En definitiva, los estudios en los que se utilizan técnicas cualitativas no pretenden elaborar teorías científicas (Pérez Serrano, 1999) sino la interpretación de la acción social y entender su significado (Goetz y LeCompte, 1988). Para ello, no existe un único camino a seguir (Stake, 2005) y las estrategias, metodologías y perspectivas de los estudios cualitativos han desarrollado métodos propios para obtener como resultados concepciones concretas de la realidad y la manera de llegar hasta ellas (Rodríguez *et al.*, 1996). Una de estas concepciones para las investigaciones cualitativas y de indagación son los estudios de caso (EC). Estas nuevas metodologías surgen de la necesidad de aplicar técnicas cualitativas a fenómenos que las técnicas cuantitativas no alcanzaban a entender (Simons, 2011), de forma que podamos afirmar que el estudio de caso surge como una necesidad y no como una limitación. El término EC, fue definido como un término paraguas, que permite abarcar al conjunto de técnicas de investigación cuyo objetivo es la comprensión en profundidad de un determinado caso (Adelman *et al.*, 1984). Aunque el objetivo es analizar un caso en profundidad, este no está exento de poder ser utilizado para intentar dar una explicación que va más allá del marco contextual del propio caso. Por ejemplo, podría seleccionarse una escuela por representativa de muchas otras para poder generalizar

el caso de la escuela como general al resto de escuelas (Stake, 2005). En definitiva, se puede afirmar que los EC se encuentran entre lo particular y lo general, lo específico y lo genérico (Walton, 1992). Es decir, la investigación por EC pretende comprender en profundidad un caso en su contexto (Merriam, 2009; Simons, 2011; Stake, 2005; Yin, 2014) para lo que no alcanza un estudio cualitativo (Cohen *et al.*, 2007). Merriam (2009) otorga tres características fundamentales a los EC: “particularista, heurístico”, “descriptivo” e “inductivo”. Particularista debido al enfoque tan concreto y específico sobre el que se trabaja; es heurístico dado que permite ampliar la experiencia y el conocimiento o por otro lado, confirmar lo que ya se sabía; es descriptivo dado que se busca ofrecer una visión global de los fenómenos a investigar y es inductivo al partir del análisis de los datos obtenidos para generar conceptos o refutar hipótesis. Rodríguez (1996) plantea la elección del EC con base en tres razones fundamentales: carácter crítico, dado que el caso permite confirmar, modificar o ampliar conocimiento (Álvarez y San Fabián, 2012); carácter extremo, al estudiar un caso que tiene un interés en sí mismo (Stake, 2005); y carácter revelador, al poder analizarse un fenómeno relativamente desconocido que puede aportar conocimiento relevante para la educación. El EC da validez a investigaciones en las que la muestra de estudio es reducida y el tiempo de investigación es prolongado. El papel del investigador debe estar acotado (como profesor, como evaluador o como interprete) y debe ser reflexivo (Simons, 2011; Stake, 1994; 2005; Yin, 2014). Así, a fin de garantizar la legitimidad de la investigación, es fundamental dejar constancia nítida de la forma en la que se ha diseñado la investigación, la manera en la que se recogen los datos y posteriormente son analizados.

Para el análisis de esta secuencia didáctica se ha optado por una metodología cualitativa basada en el estudio de caso. Las herramientas utilizadas para la recogida de datos han sido la grabación de audio y vídeo de las sesiones para su posterior transcripción y análisis. El papel del docente se ha limitado cuidadosamente, dado que ha ejercido como profesor-investigador. Este papel dentro del aula y de la investigación ha permitido obtener una visión holística del desarrollo de la experiencia de aula. Por último, es necesario justificar la elección del caso y el contexto en el que se lleva a cabo.

III. CONTEXTO, ELECCIÓN DEL CASO Y OBJETIVOS

La investigación se ha llevado a cabo en un centro de educación pública secundaria de España. Estas instituciones, llamadas Institutos de Educación Secundaria, acogen a entorno al 70% de alumnado del país (MEFP, 2021). El alumnado con el que se ha desarrollado la investigación cursa sus estudios en educación secundaria dentro de un programa diseñado para favorecer la inclusión y la atención a la diversidad. Este programa se llama Programa de Aprendizaje Inclusivo (PAI) y se desarrolla en los dos primeros cursos de la Educación Secundaria Obligatoria. El programa tiene carácter regional, por lo que no se implementa en todas comunidades autónomas de España. En concreto, esta investigación se ha realizado en un instituto de la Comunidad Autónoma de Aragón. Dicho programa tiene como objetivo promover el aprendizaje “*con alumnado que presenta dificultades relevantes de aprendizaje derivadas de desigualdades personales, sociales, culturales o territoriales*”. Para ello, se plantea la implementación de metodologías que faciliten la adquisición de competencias correspondientes a la etapa, atendiendo a sus motivaciones, intereses y capacidades de aprendizaje (Orden ECD/1172/2022; Resolución, 2023). A partir de estas recomendaciones, el alumnado propuesto para este programa son estudiantes que, teniendo interés en superar la educación secundaria, encuentran dificultades para lograrlo. Así, el acceso al programa del alumnado puede decidirse en dos momentos de su etapa educativa. En primer lugar, cuando el estudiante finaliza el último curso de educación primaria sin estar en condiciones de promocionar al primer curso de educación secundaria. En segundo lugar, cuando el estudiante ya ha cursado el primer curso de educación secundaria pero no está en condiciones de promocionar al segundo curso. En ambas situaciones también se analiza si el estudiante podría seguir el plan de refuerzo habitual previsto para estudiantes que no están en condiciones de promocionar de curso.

Por otro lado, es importante aclarar que la decisión de que este alumnado curse el programa, viene determinada por el acuerdo entre equipo educativo y familia o representantes legales. El proceso de la toma de decisión sigue dos fases. Primeramente, es el tutor junto con el equipo docente quien, tras impartir clase durante al menos un curso académico con el estudiante, identifica ciertas barreras que impiden que el alumnado avance como se esperaría y propone la intervención y análisis de la situación al equipo de orientación educativa del centro. De esta forma, y conjuntamente equipo docente y de orientación, proponen al estudiante para cursar este programa educativo. Finalmente, dicha propuesta es informada a las familias, que es quien finalmente acepta o no la incorporación al programa. El número de plazas disponibles para cursar dicho programa es limitado. El programa se diseña para que el grupo de estudiantes sea reducido (hasta un máximo de 15 estudiantes), para favorecer una atención individualizada por parte del profesorado. Por otro lado, el número de profesores que atiende el grupo también es menor, siendo un único

docente para las asignaturas vinculadas a la lengua y las ciencias sociales y otro docente para las asignaturas de matemáticas y ciencias experimentales. De esta forma, un mismo docente compartirá un mayor número de horas a la semana con los estudiantes, lo que va a facilitar la interacción, la cercanía y el conocimiento sobre sus estudiantes.

La elección de los participantes en la investigación son 15 estudiantes de primer curso de Educación Secundaria Obligatoria dentro del Programa de Aprendizaje Inclusivo en un centro público de la provincia de Zaragoza (España). El grupo ya estaba conformado y las edades de los participantes están entre los 12 y 15 años. A su vez, uno de los investigadores también es docente de las asignaturas de matemáticas y ciencias experimentales, lo que permite una observación directa en el desarrollo de la investigación y el conocimiento en primera instancia, de las características del alumnado. Este conocimiento sobre el alumnado y el trabajo que ha venido haciendo con ellos, le ha permitido le ha permitido realizar la elección del alumnado con base en tres motivos. En primer lugar, ha identificado que su aprendizaje de las ciencias ha estado basado fundamentalmente en el modelo metodológico de transmisión-recepción, por lo que nunca han trabajado procedimientos y destrezas científicas como el planteamiento de preguntas, la experimentación o el diálogo. Esto ha provocado rechazo a las materias de ciencias y a una sensación de fracaso al enfrentarse a las mismas. El segundo motivo para elegir el grupo es la heterogeneidad del mismo, motivada por varios factores, relacionadas tanto con los contextos y trayectorias personales como por los conocimientos sobre la asignatura. Por ejemplo, incorporación tardía al sistema educativo e incorporación desde un sistema educativo diferente; desconocimiento pleno del idioma; diagnóstico médico por trastorno de déficit de atención. El último motivo para la elección del grupo es que este alumnado no ha trabajado formalmente el concepto de materia en etapas anteriores y es un concepto de relativa complejidad para estudiantes de secundaria, tal y como se ha analizado en la fundamentación teórica.

El objetivo general de la investigación es diseñar, implementar y analizar una secuencia didáctica para tratar el concepto de materia con alumnado que ha encontrado en las propuestas usuales de enseñanza diversas barreras para el aprendizaje. En concreto, se trabaja el concepto de materia a partir de la controversia generada intencionalmente sobre la condición material del aire, todo ello mediante el desarrollo de las prácticas científicas de indagación, argumentación y modelización. La secuencia diseñada se divide en dos etapas para trabajar las tres prácticas científicas. La primera etapa se centra en la argumentación mediante un debate grupal. En la segunda etapa, se pretende que el alumnado diseñe una pequeña demostración experimental que después debe exponer ante el resto de compañeros. En esta etapa, se ha prestado especial atención al desarrollo de las prácticas científicas de la indagación (diseño experimental y realización del mismo) y de la modelización (recopilación de la información de todo el proceso para la extracción de conclusiones sobre lo que es el aire).

IV. DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

El diseño de la secuencia didáctica cuenta con dos etapas a desarrollar en dos sesiones, de 1 hora y 2 horas respectivamente. La primera sesión se dedica a trabajar la argumentación y en la segunda a desarrollar la indagación y la modelización. Las etapas son las siguientes.

Etapa 1. Debate grupal sobre dos cuestiones en torno a lo que es materia y sobre si el aire es o no es materia. El debate se plantea en torno a estas preguntas y a su vez, se pide al alumnado que exponga ejemplos en ambas situaciones. En el transcurso del debate, se espera que surja la cuestión en torno a la naturaleza material o inmaterial del aire. En cuanto al desarrollo de las prácticas científicas, con esta etapa se pretende desarrollar en mayor medida la práctica científica de la argumentación, ya que, en el debate, el alumnado debe argumentar sus respuestas.

Etapa 2. Diseño experimental por parte del alumnado a partir de materiales aportados por el docente y exposición al resto de compañeros. En la primera parte de esta etapa deben intentar construir pequeñas demostraciones experimentales, que corroboren sus hipótesis iniciales sobre el aire. El papel del docente consiste en aportar unos materiales comunes para que el alumnado pueda experimentar. Los materiales son perchas para colgar la ropa, globos pequeños y grandes, chinchetas, botellas vacías de agua y papeles desechables. También puede usar agua y otros materiales que tuviesen en el aula. Una vez tengan sus demostraciones diseñadas, el alumnado debe realizar una presentación de las mismas al resto del grupo y exponer la forma en la que su experimento demuestra su hipótesis inicial. En la segunda parte de la etapa, los estudiantes deben exponer la demostración experimental que han realizado ante el resto de compañeros. La demostración debe ir acompañada de una explicación. En esta etapa, se trabajan las prácticas científicas de indagación, a través del diseño experimental, la variación del propio experimento y la obtención de resultados, y también la modelización, ya que a lo largo de esta experiencia al alumnado construye su modelo material del aire.

Las etapas y los objetivos asociados a cada una de ellas se exponen en la figura 1.

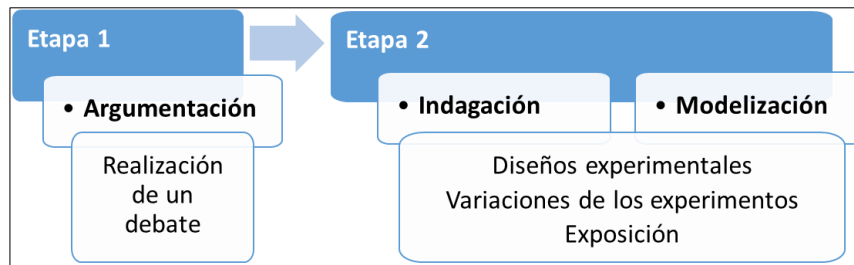


FIGURA 1. Etapas de la frecuencia, las prácticas científicas realizadas y las actividades a realizar en cada etapa.

Una vez expuesto el diseño de la secuencia, pasamos a mostrar los resultados obtenidos.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo de la secuencia en cada una de las etapas y el análisis de los mismos.

A. Etapa 1

En esta etapa se llevó a cabo el debate. Para introducir el debate, el docente planteó una pregunta abierta a todo el grupo sobre lo que es la materia. El alumnado comenzó a responder y a aportar sus ideas, junto con ejemplos de aquello es materia y aquello que no es materia. A partir de las dificultades que suele encontrar el alumnado, expuestas en la fundamentación teórica, las respuestas se han categorizado en tres bloques según su tipología. Estos bloques son respuestas asociadas a los sentidos; respuestas asociadas al uso de que se hace de los materiales; y las respuestas asociadas a la masa. La clasificación de estos bloques, también corresponde con la secuenciación en la que estos aparecieron. Las respuestas y la clasificación se pueden ver en la tabla I.

TABLA I. Resumen de las respuestas del alumnado categorizadas.

Categoría de respuesta	Afirmación de los estudiantes	Ejemplos de materia	Ejemplos de no materia
Asociada a los sentidos	“La materia es aquello que podemos ver y tocar”	“Una mesa, una puerta, el agua...”	“Los sentimientos: la tristeza, el amor...”
Asociada a los tipos de materiales	“La materia es aquello que sirve para construir edificios, o recién clar...”	“El metal, la madera, el cristal...”	
Asociada a la masa*	“La materia es todo lo que pesa”	“Una mesa, el agua, el sol ...”	Dificultad inicial para encontrar ejemplo. “La luz del sol, el sonido... ¿El aire?”

* El alumnado hace referencia al peso y no a la masa. Es el docente el que incorpora el término masa.

En las primeras afirmaciones, la mayoría de los estudiantes afirmaron que “materia es todo lo que se puede ver y tocar”. Esta afirmación puede tener su origen en la forma de exponerlo en etapas anteriores, en las que con la intención de exponer una enseñanza de la ciencia desde la perspectiva sensorial frente a lo experimental. Al mismo tiempo se percibe que el alumnado expone las diferencias entre lo que es materia y lo que no lo es, exclusivamente diferenciando entre el mundo natural y el mundo emocional. Sin embargo, no identifican fenómenos naturales no materiales.

Tras este bloque, se introduce la idea de materia asociada a los usos y tipos de la misma. Por ejemplo, un estudiante dijo “la materia son las materias primas”. En este caso, se observa que el estudiante relaciona ambos términos debido al término *materias* y *materia*, asociando el concepto de materia a aquello que es posible aprovechar y no al concepto en sí mismo.

En el último bloque de respuestas, una alumna afirma que “materia es todo lo que pesa”. A partir de esta idea, el alumnado se animó a exponer multitud de ejemplos de materia usando el argumento “es materia porque pesa”, es decir, el alumnado introdujo la variable de la masa para dar respuesta a la situación. Por otro lado, se matizó la diferencia entre la masa y el peso (sin entrar en profundidad en el concepto, pero aclarando al alumnado que “nosotros nos pesamos en la báscula porque lo que tenemos es masa”. De esta forma, se pasó de usar el término peso al término masa. Sin embargo, se detectó dificultad en el alumnado para exponer ejemplos de “no materia”. Para ello, el docente

debió intervenir para plantear preguntas que permitieran al alumnado encontrar algún ejemplo de aquello que no es materia. Para ello, se aprovechó el ejemplo del Sol. Todo el alumnado tenía claro que el Sol tenía masa, ahora bien, se introdujo una pregunta para abrir el debate:

- Profesor: Cuando sales a la calle y te da el sol, ¿ese Sol tiene masa?
 Estudiante 1: Eso no es el sol, sino la luz del sol
 Alumno 2: ¿La luz tiene masa?
 Varios estudiantes: La luz no tiene masa
 Estudiante 2: Entonces, la luz no es materia
 Estudiante 3: Pero la luz se puede ver, y si pones la mano, te calienta, que es como tocarla
 Estudiante 4: ¿Entonces es materia o no es materia
 Varios estudiantes: Si no tiene masa, no es materia, ¿no?
 Estudiante 5: Si, por ejemplo, el ruido no tiene masa, entonces tampoco es materia

Tras este pequeño debate, todo el grupo de estudiantes llegó a consenso sobre la naturaleza inmaterial de la luz y también a poner en duda la primera afirmación inicial “la materia es lo que se puede ver y tocar”. Una vez encontrado el ejemplo de la luz, surgieron nuevos ejemplos de fenómenos no materiales: el sonido, el calor, la electricidad, el amor. Y entre estos ejemplos surgió el aire como ejemplo de no materia.

Cuando surgió la cuestión sobre el aire, se observó que no hay unicidad entre las afirmaciones de los estudiantes. Por ello, se decide comenzar un debate en el que cada estudiante debía intentar posicionarse sobre si el aire es materia o no lo es, exponiendo sus propios argumentos. En la tabla II se exponen los principales argumentos dados en un sentido y el otro. También se ha realizado una categorización de los mismos, en cuatro bloques, según el tipo de prueba al que alude el argumento.

TABLA II. Ideas del alumnado sobre el aire.

Argumentos sobre el aire como materia	Argumentos sobre el aire como no materia	Categoría
“Sí es materia, porque si pones un ventilador y te da el aire, lo notas y eso es porque el ventilador lo mueve” “El aire es como el humo, pero invisible. Y el humo es materia porque lo podemos ver”	“No es materia, aunque cuando se mueve lo podemos sentir”	Percepción y Movimiento
“Sí es materia, porque si hay una botella llena de aire y la pisas fuerte, el tapón sale disparado y eso es porque algo lo empuja” “Al inflar un globo y lo sueltas, sale disparado por el aire del globo al salir”	“No es materia, porque no se puede ver ni tocar ni coger”	Efectos que produce
“El aire es materia porque pesa. Si coges un globo inflado y un globo desinflado, el globo inflado pesa más”	“Pero si coges un balón de fútbol, desinflado y otro inflado, pesan lo mismo”	Masa
“En un balón de fútbol no se puede diferenciar el peso vacío y lleno de aire, porque de lo que está hecho el balón, pesa mucho”	“No es materia, porque no tiene masa. Si tuviera masa lo sentiríamos todo el tiempo encima de nosotros, nos aplastaría”	
“Al inflar un globo, cambia de forma y se llena. Eso es por el aire que metes dentro, entonces es materia” *		Volumen

* En este momento el docente introdujo el término “porque ocupa espacio” y así introducir la variable del volumen.

Los cuatro bloques en los que se han categorizado los argumentos sobre la naturaleza material o inmaterial del aire son la percepción y el movimiento, los efectos que produce, su masa, y su volumen. Entre los argumentos dados, se ha introducido una nueva variable y es el volumen. También se argumentó el aire como materia debido a los efectos que produce, por ejemplo, “el tapón que sale disparado”. Este tipo de argumentos, permiten inferir que el alumnado explica la naturaleza material del aire, debido a los efectos dinámicos que produce.

Respecto a la participación del alumnado en la actividad, se detecta que los primeros argumentos están propuestos por los mismos estudiantes, sin embargo, el hecho de trabajar con un grupo relativamente reducido y el hecho de que todos tenga un objetivo común, ha facilitado la participación de todo el grupo.

B. Etapa 2

En la primera parte de la segunda etapa se pidió al alumnado diseñar demostraciones experimentales a partir de unos materiales dados de manera que pudieran demostrar experimentalmente sus hipótesis con relación a si el aire es o no es materia. Las demostraciones experimentales diseñadas y realizadas por los estudiantes fueron las siguientes.

TABLA III. Demostraciones experimentales, objetivos de la misma y explicación de resultados de los estudiantes.

Hipótesis inicial	Demostración experimental realizada	Explicación del alumnado	Variación del experimento para validar o desechar la hipótesis
El aire no es materia	Dejar caer un globo vacío y un globo lleno desde una altura fijada	"el aire no es materia porque no pesa. Si se dejan caer un globo lleno de aire y otro vacío, el globo que llega primero es el vacío y el lleno tarda más en llegar al suelo"	El docente pide que realice más pruebas experimentales con otros objetos. Los estudiantes realizan pruebas con objetos con masas muy diferentes (un globo y un libro) y observan que los objetos llegan a la vez.
	Coger una botella de agua con tapa y pisar fuertemente la botella	"el tapón sale despedido porque el aire que hay dentro le empuja al intentar escapar de la botella. Si el aire no fuese materia no podría empujar el tapón"	El docente pregunta/guía a los estudiantes para modificar el experimento y que ocurra algo distinto a lo sucedido. El alumnado realiza distintas pruebas hasta diseñar una en la que la botella está muy arrugada y al pisarla el tapón no sale despedido. Ellos explican que "como hay poco aire dentro, este no empuja al tapón, es decir, si no hay aire, el tapón no sale despedido".
El aire es materia	Inflar un globo y soltarlo	"al inflar el globo y soltarlo, todo el aire que hay dentro tiene que salir y hace que el globo salga disparado. Esto es porque el aire ocupa espacio y quiere salir"	El docente aclara que la magnitud que mide "lo que ocupa algo" es el volumen.
	Coger dos globos inflados en cada lado de una percha y explotar uno de los globos	"si colgamos dos globos inflados en equilibrio en una percha, al explotar el globo de uno de ellos, la percha cae hacia el lado del globo inflado. Eso es porque el globo inflado pesa por el aire"	Un alumno identifica que al explotar parte del plástico cae al lado del hinchado porque en el otro lado se ha caído el globo". El grupo de estudiantes, realiza un nuevo diseño experimental.
	Coger un globo inflado y un globo sin inflar en cada lado de la percha	"al colocar un globo inflado y otro sin inflar en la percha, la balanza cae del lado del globo inflado, porque tiene aire y pesa"	En este caso todos los estudiantes quedan conformes con la explicación. En este momento, los estudiantes modificaron este experimento colocando varios globos pequeños frente a un globo grande; colocando dos globos hinchados de forma desigual; y otros diseños similares. En todos los casos comprobaron que la balanza cayó del lado del globo más inflado.

Con las distintas demostraciones experimentales, el alumnado realizó modificaciones de los experimentos a partir del control de variables como la masa y el volumen. Por otro lado, se observa que mayoritariamente se opta por realizar más experimentos que demuestran que el aire es materia frente a aquellos que no son materia. El experimento que intentaba demostrar que el aire no es materia se aclaró al alumnado afirmando que en ese experimento existía la influencia de otras variables. Esto sirvió para introducir el concepto de densidad (que es el siguiente concepto a trabajar con el alumnado).

En la segunda parte de esta etapa el alumnado expuso sus diseños experimentales. Se expusieron cuatro diseños, todos ellos defendiendo la hipótesis del aire como materia. En la figura 2, se exponen imágenes tomadas durante el proceso del diseño y exposición de las demostraciones experimentales.

Los argumentos dados en las exposiciones se pueden clasificar en dos grupos, asociadas al tipo de experimento realizado. En los experimentos en los que se han utilizado los globos para construir balanzas de comparación, el alumnado define el aire como materia debido a que "el aire tiene masa y pesa". Por otro lado, los experimentos en los que un globo inflado sale disparado cuando se suelta y sale el aire de dentro del mismo o el de la botella que al pisarla, su tapón sale despedido. En estos dos casos el alumnado define el aire como materia debido a que "el aire ocupa espacio, y al intentar salir de donde está hace que se mueva el objeto" (haciendo referencia al globo y al tapón en cada caso).

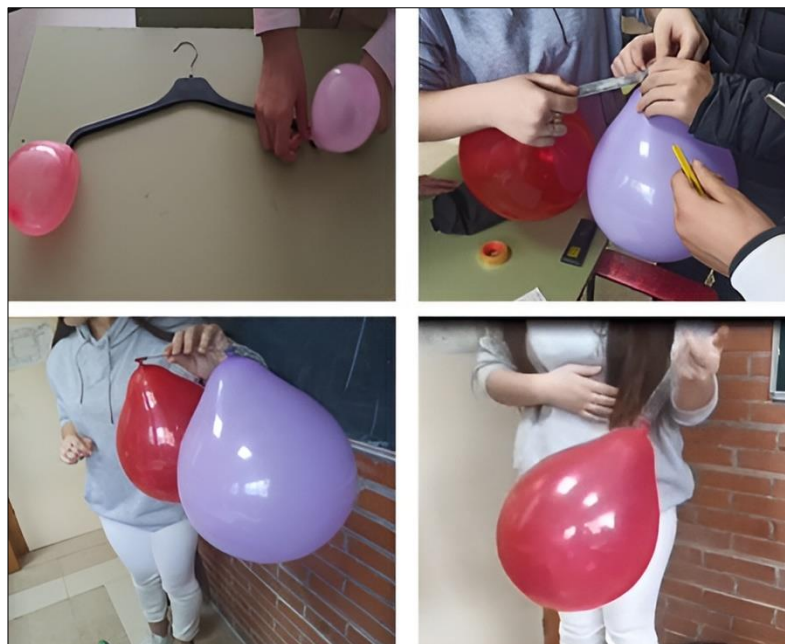


FIGURA 2. Imágenes del proceso experimental

En la realización del diseño e implementación del alumnado, se ha observado que estos han participado activamente y que han desarrollado distintas habilidades, aplicadas al ámbito científico. Una parte de los estudiantes realizó varias propuestas experimentales cumpliendo con los conceptos/modelos físicos que la experiencia requería. Sin embargo, con ayuda del resto de estudiantes, se llegaron a construir algunas de las propuestas. En este sentido, el alumnado ha podido aplicar parte de sus habilidades intrínsecas, como por ejemplo la creatividad o las habilidades manipulativas, a un contexto netamente científico, en el que diseñaron e implementaron un experimento para comprobar una hipótesis inicial que ellos mismos habían propuesto. Este tipo de habilidades aplicadas al ámbito del aprendizaje de las ciencias, conllevan un desarrollo de destrezas propiamente científicas, y que requieren del desarrollo de las prácticas de modelización, indagación y argumentación.

VI. CONCLUSIONES

En la presente intervención se describe una experiencia para trabajar el concepto de materia y aire con alumnado con dificultades para el aprendizaje que cursa un programa de aprendizaje inclusivo. Estas dificultades para el aprendizaje derivan de desigualdades personales, sociales, culturales o territoriales. Se ha decidido trabajar los contenidos a través del desarrollo de las prácticas científicas de indagación, argumentación y modelización. El objetivo de usar estas prácticas científicas es rebajar las barreras para el aprendizaje de las ciencias, al requerir destrezas y habilidades más allá del aprendizaje memorístico o reproductivo.

Los resultados obtenidos muestran las dificultades iniciales que el alumnado tiene para diferenciar lo que es y no es materia. Al igual que ocurre en investigaciones previas, el alumnado encuentra especial dificultad para entender aquello que no es visible, tanto por su escala como por su composición (Cascarosa *et al.*, 2022a; Martínez-Torregosa, 2022; Sarquis y González, 2022). Estas dificultades se constatan cuando el alumnado trabaja el aire. En esta investigación se ha observado que los estudiantes no siempre son capaces de definir el aire como materia y encuentran serias dificultades en establecer criterios o variables para explicar si lo es o no lo es. De esta forma, se constatan las problemáticas sobre la clasificación del aire como materia, expuestas en trabajos previos como los realizados por Demirbas y Ertuğrul (2014), Mazo Vivar (2006) o Lorenzo Flores *et al.* (2018).

Respecto al diseño de la intervención didáctica, se buscaba que los estudiantes trabajasen los conceptos de materia y aire a través del desarrollo de las prácticas científicas. En este sentido, los resultados ofrecen una perspectiva positiva en cuanto al diseño de la secuencia. El alumnado ha podido realizar un debate en el que necesitaba construir argumentos. En la construcción de estos argumentos, los estudiantes hacían alusiones a posibles demostraciones experimentales, cuyos hipotéticos resultados servían como prueba para validar dichos argumentos. De esta forma han podido trabajar la práctica científica de la argumentación (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008). Por otro lado, se les

ha dado la oportunidad de realizar diseños experimentales a partir de unos materiales dados. A través de los materiales, el alumnado ha diseñado sus propias demostraciones experimentales, que ha llevado a cabo y ha podido modificar para corroborar las hipótesis que planteaban inicialmente. Este resultado puede resultar especialmente relevante en cuando a la forma de trabajar una actividad de indagación guiada, sin que la guía del docente sea excesiva y no permita el desarrollo efectivo de la práctica científica de la indagación (Bevins y Price, 2016). Finalmente, los estudiantes han tenido la oportunidad de exponer sus diseños experimentales, recopilando todo el trabajo realizado durante la secuencia. En esta parte, se ha podido observar la forma en la que el alumnado ha construido su modelo de materia y de aire. Cabe destacar, como el alumnado a través de los experimentos que ellos mismos han realizado, han logrado asociar la materia a dos magnitudes: la masa y el volumen. Así, se ha podido trabajar la modelización, entendida como práctica científica (Oliva, 2019), y también, superar lo que se considera una barrera en la comprensión de la materia.

La investigación se ha llevado a cabo intencionalmente con un grupo de estudiantes con trayectorias académicas y personales muy diversas. Esta diversidad no se ha tomado como un impedimento sino como una oportunidad para trabajar en el aula (Cobeñas y Grimaldi, 2021). Al trabajar las prácticas científicas, el alumnado necesita poner en juego habilidades, destrezas y procedimientos, que, a pesar de ser intrínsecos al propio alumnado, no son aprovechados para el aprendizaje de las ciencias, quedando este relegado en muchos casos al aprendizaje memorístico. La realización del debate ha facilitado la construcción de argumentos en todo el grupo. Tener que diseñar un experimento ha permitido que los y las estudiantes utilizaran el modelo de materia que venía construyendo, para hacer propuestas experimentales que cumplieran los criterios físicos necesarios a partir de su propio modelo. También, tener que construir dichas propuestas, ha puesto en juego sus habilidades particulares, pero que, aplicadas a un contexto científico, implican el desarrollo de destrezas propias de este ámbito, asociadas a la práctica de la indagación. Por último, las habilidades comunicativas han podido ser explicitadas mediante la comunicación de los resultados. Por ello, enfocar el aprendizaje de las ciencias experimentales mediante las prácticas científicas, permite dirigir el potencial individual del alumnado hacia el desarrollo de habilidades y/o destrezas que son propias de la competencia científica. De esta forma, dicho potencial que es considerado un pilar fundamental del aprendizaje inclusivo (García-Barrera, 2017), es aplicado a la enseñanza de la ciencia, y en este caso, de la física.

En definitiva, valoramos de forma positiva el diseño de secuencias de aprendizaje que fomenten un ambiente de aprendizaje en el que sean los propios estudiantes los que resuelvan los problemas y diseñen sus propios experimentos. De esta forma, se facilita la superación de barreras para el aprendizaje (Booth y Ainscow, 2002) y se favorece una alfabetización científica a través de un trabajo basado en la adquisición de competencias científicas (Adúriz-Bravo, 2017).

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el apoyo recibido por su grupo de investigación Beagle, de referencia en Didáctica de las Ciencias Naturales y por el instituto IUCA de investigación en ciencias ambientales de Aragón, al que pertenece.

REFERENCIAS

- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 63-75.
- Adelman, C., Jenkins, D., y Kemmis, S. (1984). Rethinking case study. In J. Bell, *Conducting small-scale Investigations in Educational Management*. Harper and Row.
- Adúriz-Bravo, A. (2017). Pensar la enseñanza de la física en términos de competencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(2), 21-31
- Aguilera, D., Martín-Páez, T., Valdivia-Rodríguez, V., Ruiz-Delgado, A., Williams-Pinto, L., Vílchez-González, J. M. y Perales-Palacios, F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259-284. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-381-388>
- Arnaiz, P. (2003). *Educación inclusiva: una escuela para todos*. Aljibe.
- Booth, T. y Ainscow, M. (2002). *Índice de inclusión. Desarrollando el aprendizaje y la participación en las escuelas*. (Trad. A. L. López). UNESCO.

Bevins, S., y Price, G. (2016). Reconceptualizing inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1124300>

Branca, M., Bravo, J.L., Marcos-Merino, J.M., Esteban, M.R., Pilosu, V. y Sale, V. (2022). Pero... ¿cuánto pesa el aire?. *Actas de los XXX Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales*.

Caamaño, A. (2005). Presentación de la monografía: Contextualizar la ciencia. Una necesidad en el nuevo currículo de ciencias. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, 5-8.

Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación química*, 29(1), 21-54

Carrascosa-Alís, J., Martínez-Torregrosa, J., Furió-Más, C., y Guisasola, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 118-133.

Cascarosa-Salillas, E., Pozuelo-Muñoz, J. y Calvo E. (2022a). ¿Plásticos sí o plásticos no? Trabajando prácticas científicas con estudiantes de bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 201-220.

Cascarosa-Salillas, E., Pozuelo Muñoz, J., Jiménez, M. y Fernández-Álvarez, F. (2022b). Analysis of the mental model about the atom concept in Spanish 15- to 18- years old students. *Educación Química*, 33(2), 181-193.

Cobeñas, P., y Grimaldi, V. (2021). Discusiones sobre inclusión educativa: una perspectiva desde la Educación Inclusiva. En: P. Cobeñas, V. Grimaldi, C. Broitman, I. Sancha y M. Escobar (Coords.). *La enseñanza de las matemáticas a alumnos con discapacidad* (pp. 104-1628). La Plata: EDULP. Disponible en: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.4592/pm.4592.pdf>

Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Routledge.

Collet, J., Naranjo, M., y Soldevila-Pérez, J. (Eds.). (2022). *Global Inclusive Education: Lessons from Spain* (Vol. 8). Springer Nature.

Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: Una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 423-428.

Cutrerá, G., Massa, M., y Stipcich, S. (2021). La explicación científica en el aula. Consideraciones didácticas a partir de las explicaciones de los estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(2), 169-177.

Demirbaş, M. y Ertuğrul, N. (2014). A study on preschoolers' conceptual perceptions of states of matter: A case study of Turkish students. *South African Journal of Education*, 34(3), 01-13. <http://doi.org/10.15700/201409161115>

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6(2), 109-120.

Duschl, R. A. y Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39-72.

Erduran, S. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Springer.

Eshach, H. y Fried M. N. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315-336.

Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.

García-Barrera, A. (2013). *Las necesidades educativas personales: un concepto nuclear latente en educación*. Tesis Doctoral. Facultad de Formación del Profesorado, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

García-Barrera, A. (2017). Las necesidades educativas especiales: un lastre conceptual para la inclusión educativa en España. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 25, 721-742.

García-Carmona, A., Cirado, A.M., Cañal, P. (2014). Alfabetización científica en la etapa 3-6 años: un análisis de la regulación estatal de enseñanzas mínimas. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y experiencias didácticas*, 32(2), 131-149.

Gilbert, J.K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>

Goetz, J., y LeCompte, M. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Morata.

Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *Competencias en argumentación y uso de pruebas. 10 ideas clave*. Graó.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.

King, D. y Ritchie, S.M. (2012). Learning science through real-world contexts. En: *Second international handbook of science education*, 69-79. Springer.

Lorenzo Flores, M., Sesto Varela, V., y García-Rodeja Gayoso, I. (2018). Una propuesta didáctica para la construcción de un modelo precursor del aire en la Educación Infantil. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 55-68. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4628>

Martínez Torregosa, J., Faus, I., Urios, R., y Guidea, A. (2002). Ampliando las actividades temáticas en la educación infantil. Diseño, puesta en práctica y evaluación de una secuencia problematizada de actividades sobre el aire para niños y niñas de 5 a 7 años. *Alambique*, 32. 80-91.

Massot, I., Dorio, I., y Sabirón, F. (2012). Estrategias de recogida de información y análisis de la información. En R. Bisquerra (Ed.), *Metodología de la investigación educativa* (pp. 329-366). La Muralla.

Mazo Vivar, A. del (2006). Con el aire a cuestas. *Papeles Salmantinos de Educación*, 6, 213-224.

McConney, A., Oliver, M. C., Woods-McConney, A., Schibeci, R. y Maor, D. (2014). Inquiry, engagement, and literacy in science: A retrospective, cross-national analysis using PISA 2006. *Science Education*, 98(6), 963-980. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.21135>

Merriam, S.B. (2009). *Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation*. Jossey-Bass.

Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2021). *Datos y cifras. Curso escolar 2021-2022*. España.

Minner, D. D., Levy, A.J. y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>

Muñoz Campos, V., Franco-Mariscal, A. J. y Blanco-López, Á. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3201

Oliva, J.M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 37(2), 5-24.

Orden ECD/1172/2022, de 2 de agosto, por la que se aprueban el currículo y las características de la evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. *BOA (Boletín Oficial de Aragón)*, 156, 27832-29022.

Resolución (2023) de la Directora General de Planificación y Equidad, por la que se establecen las condiciones de autorización y de organización del Programa de Aprendizaje Inclusivo en el primer y segundo curso de la Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad Autónoma de Aragón. 12 de abril de 2023.

Rodríguez, G., Gil, J., y García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Aljibe.

Sales, A. y Silva, R. (2023). Los indicadores de los procesos de problematización y contextualización en una clase de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 35(1), 119-125.

Sarquis, N. M. y González, M. M. (2022). Una investigación sobre la enseñanza de la estructura de la materia en el nivel medio. *Revista de Enseñanza de la Física*, 34(Extra), 305-311.

Séré, M. G. (1986). Children's conceptions of the gaseous state prior to teaching. *European Journal of Science Teaching*, 8(4), 413-425. <https://doi.org/10.1080/0140528860080408>

Simons, H. (2011). *El estudio de caso. Teoría y práctica*. Morata.

Stake, R. E. (1994). *Case studies*. En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln, *Handbook of qualitative research* (pp. 236-247). Sage.

Stake, R. E. (2005). *Investigaciones con estudio de caso*. Morata.

Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560. <https://doi.org/10.1080/0950069880100508>

Taylor, S., y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Paidós.

Valenzuela, D. y Mena, J. (2019). El rol de la física experimental en el ciclo de modelación. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(Extra), 715-721.

Walton, J. (1992). Making theoretical case. En Ragin y Becker. *What is a case. Exploring the Foundations of Social Inquiry* (pp. 121-137). Cambridge University Press.

Yin, R. (2014). *Case Study Research. Design and methods*. Sage.