



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Ideas clave para enseñar la luz en primaria

Grau Torre-Marín, Víctor; Pipitone Vela, Carolina

Ideas clave para enseñar la luz en primaria

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 20, núm. 2, 2023
Universidad de Cádiz, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956016>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2602

Ideas clave para enseñar la luz en primaria

Key ideas for teaching light in primary school

Victor Grau Torre-Marín

Departament d'educació lingüística i literària i de didàctica de les ciències experimentals i de la matemàtica, Universitat de Barcelona, Espanya
victorgrau@ub.edu

 <https://orcid.org/0000-0002-3570-912X>

DOI: [https://doi.org/10.25267/](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2602)

Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2602

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92073956016>

Carolina Pipitone Vela

Departament d'educació lingüística i literària i de didàctica de les ciències experimentals i de la matemàtica, Universitat de Barcelona, Espanya
cpipitone@ub.edu

 <https://orcid.org/0000-0002-4008-8727>

Recepción: 12 Abril 2022

Revisado: 02 Mayo 2022

Aprobación: 21 Marzo 2023

RESUMEN:

Este trabajo aborda las principales ideas asociadas a los procesos de enseñanza-aprendizaje de la luz en educación primaria y en concreto en la formación inicial del profesorado. En primer lugar, se presentan las principales dificultades de aprendizaje en los infantes, que suelen ser compartidas por el profesorado en formación inicial. Además, se ha realizado un análisis de varios libros de textos de primaria, identificando en ellos las principales deficiencias de sus propuestas para trabajar la luz. A partir de la revisión y de la experiencia de los autores en la formación del profesorado se plantea una propuesta de ideas clave y su secuenciación para trabajar la luz en educación primaria.

PALABRAS CLAVE: Ideas clave, Luz, Formación del Profesorado, Educación Primaria.

ABSTRACT:

This paper addresses the main ideas associated with the teaching-learning processes of light in primary education and specifically in Pre-service teacher training. First, the main learning difficulties in infants, which are usually shared by teachers in Pre-service teacher training, are presented. In addition, an analysis of several primary textbooks has been carried out, identifying the main deficiencies in their proposals for working with light. Based on the review and the authors' experience in teacher training, a proposal of key ideas and their sequencing for working with light in primary education is presented.

KEYWORDS: Key Ideas, Light, Teacher Training, Primary Education.

TRABAJAR A PARTIR DE IDEAS CLAVE Y MODELOS

En el ámbito de la didáctica de las ciencias uno de los temas más trabajados es de la modelización y el uso de modelos. Diferentes autores proponen desde hace tiempo trabajar con modelos ya que estos son fundamentales para la producción, difusión y aceptación del conocimiento científico (Giere, 1988; Gilbert, 1991). Para Gilbert (2004) funcionan como un puente entre la teoría científica y el mundo experimentado (realidad) es decir, los modelos pueden ser descripciones simplificadas de una realidad observada, las cuales son producidas con fines específicos, en donde se aplican las abstracciones de la teoría científica. También pueden ser idealizaciones de una realidad posible, basadas en las abstracciones de la teoría, producidas

con el objetivo de establecer comparaciones con la realidad observada. Los modelos pueden ser utilizados para: visibilizar entidades abstractas (Francoeur, 1997); como así también para realizar descripciones y/o simplificaciones de fenómenos complejos (Rouse y Morris, 1986); ser la base tanto para las explicaciones científicas como para realizar predicciones sobre determinados fenómenos (Gilbert *et al.*, 1998).

Los diferentes usos que se realicen de los modelos favorecen el trabajo en el aula de ciencias ya que facilita al alumnado la comprensión de la naturaleza y el significado de aquellos modelos que han tenido un rol destacado en el desarrollo del conocimiento científico (Gilbert, 2004). Conseguir esta aproximación entre el modelo erudito y el modelo a enseñar implica realizar una reconstrucción didáctica de los contenidos científicos para poder ser enseñados (Duit *et al.*, 2012; Hernández y Pintó, 2016).

Diferentes autores proponen trabajar a partir de los Modelos Científicos Escolares (MCE) (Adúriz-Bravo, 2012; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003; Sanmartí, 2002). La enseñanza a partir de los MCE implica la adaptación de estos modelos en función de las demandas de cada etapa educativa, como así también y con ellos, la identificación de las ideas clave, aquellas ideas teóricas fundamentales sobre las cuales se sustentan los modelos científicos eruditos. En otras palabras, los principales *saberes* que deberían plantearse en el contexto escolar sobre los diferentes ámbitos educativos.

A la hora de pensar en el propio diseño de situaciones de aprendizaje que impliquen abordar los MCE, es necesario tener en consideración tanto las ideas previas como las principales dificultades asociadas a los contenidos a trabajar, y por supuesto tener un buen dominio de las ideas clave del MCE que se propone. La consideración de estos aspectos favorece la construcción, evolución y complejización del MCE planteado.

Ideas clave para trabajar óptica en primaria

Las ideas clave de luz

Uno de los objetivos que tenemos en el ámbito de la didáctica de las ciencias es ofrecer al profesorado de educación primaria, que no son expertos en ciencia, la identificación de aquellas ideas que permitirán construir un modelo explicativo del comportamiento de la luz en términos físicos.

En la bibliografía revisada detectamos la ausencia de trabajos que ayuden a identificar las ideas clave y que propongan una secuenciación que permita sentar las bases para abordar conceptos de mayor complejidad. Por este motivo se pretende ofrecer una propuesta didáctica útil para la formación inicial del profesorado en educación primaria, propuesta que también puede adaptarse a educación secundaria obligatoria. Esta adaptación es factible ya que previamente se ha comprobado que las dificultades de aprendizaje no están asociadas a una etapa madurativa sino más bien a la capacidad de interpretar bien el fenómeno y a la capacidad de identificar las ideas clave (Heywood, 2005).

La propuesta se plantea en la formación inicial dado que son quienes en su ejercicio profesional realizarán la transposición de lo aprendido a su práctica docente. El profesorado en formación en educación primaria en el contexto que trabajamos habitualmente tiene una base científica equiparable a la del alumnado en educación primaria (Pipitone, y García-Lladó, 2020). Por lo que esta propuesta también es adaptable a educación primaria.

A continuación, presentamos una propuesta justificada de las ideas clave para trabajar los hechos más básicos acerca de la luz, que van desde su propagación rectilínea hasta la reflexión de la luz. Dejamos para otro trabajo los temas más complejos de la refracción y el color.

Esta propuesta parte de la explicación de la luz entendida como partícula, lo que podríamos considerar *la idea clave 0 de contexto de trabajo*. El uso de este modelo favorece la comprensión de su comportamiento y su relación con el modelo corpuscular de la materia (un modelo que es muy trabajado en educación primaria). El modelo de partícula permite aproximar al alumnado a un modelo físico de la luz más tangible, que en

etapas iniciales favorece la apropiación y construcción de conceptos que posteriormente aumentarán en complejidad.

Para trabajar aspectos más avanzados, como la refracción o el color, deben añadirse otras ideas clave que no se contemplan en este artículo, y que implican pasar a un nivel de abstracción superior.

Una vez situada la luz en el contexto del modelo partícula se proponen las siguientes ideas clave a trabajar:

0. Entender la luz como partícula
1. Identificar el lugar donde hay/está la luz.
2. Distinguir entre luz, fuente de luz y objeto iluminado.
3. La luz se propaga a través del espacio.
4. La luz se propaga en línea recta (en un medio homogéneo).
5. Al llegar a un espejo la luz se refleja, esto es, rebota.
6. La reflexión en un espejo sigue una determinada ley.
7. Al llegar a una superficie cualquiera la luz también se refleja, pero solo en parte, y de manera más irregular que en los espejos.

Esta colección de ideas coincide con las propuestas de Anderson y Bach (2005), Solbes y Zacarés García, (1993) y también son fruto del análisis reflexivo de los autores en la formación inicial del profesorado. A partir de la reflexión del trabajo y de los estudios revisados se ha considerado realizar una agrupación causal de estas ideas clave para ser trabajadas (figura 1):

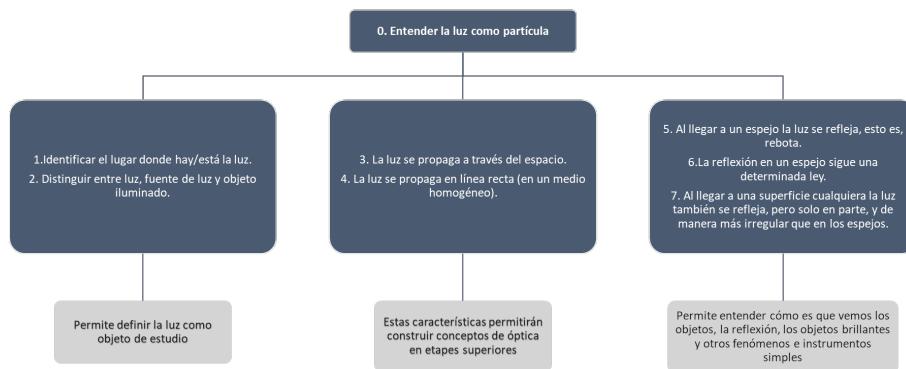


FIGURA 1
Agrupación de ideas clave de la luz para su trabajo en el aula

Tal y como se observa en la figura 1, cada agrupación de ideas clave ayuda a la construcción inicial de los contenidos necesarios para trabajar posteriormente, en etapas superiores, conceptos de óptica de mayor complejidad.

En primer lugar, se propone abordar las ideas 1 y 2 con el objetivo de que el alumnado tenga un contexto de trabajo y pueda asociar a la luz la característica *de objeto de estudio* y todo lo que conlleva esta asociación (es observable, medible, etc.).

A continuación, se propone trabajar las ideas 3 y 4 con el fin de identificar el comportamiento que tiene la luz y así poder caracterizar el objeto de estudio. Este conocimiento favorecerá la construcción de conceptos de óptica más complejos en etapas superiores.

Finalmente se proponen las ideas 5, 6, y 7, que permiten conocer y entender cómo se comporta la luz al interaccionar con los objetos como así también las variables que intervienen, por ejemplo, la tipología y geometría de las superficies.

Según Anderson y Bach (2005) desde el principio es importante abordar la idea clave de que la luz existe (en esta propuesta, ideas 1 y 2) y se propaga a lo largo de líneas rectas entre fuentes y objetos (en esta propuesta,

ideas 3, 4, 6, y 7). Además, sostienen que las ideas clave se deben utilizar como una herramienta para explicar fenómenos del mundo real, como el tamaño y la forma de las sombras y/o las áreas iluminadas.

Dificultades del alumnado asociadas a la luz

Es importante conocer las ideas previas asociadas a la óptica para poder utilizarlas como punto de partida. En trabajos previos algunos autores han identificado las dificultades del alumnado al trabajar la luz en diferentes etapas educativas. Por ejemplo, en la etapa de educación primaria se observa que el alumnado (Nuffield Foundation, 1985; Osborne y Freyberg, 1991; Ramadas *et al.*, 1989; Perales y Nievas, 1991; Solbes y Zacarés García, 1993; Viennot, 2002):

- Asimila la luz con sus fuentes, y que la luz puede alcanzar una distancia que se limita al alcance de sus efectos visibles.
- Suele dibujar la luz como líneas o rayos, localizados alrededor de la fuente o extendiéndose a una corta distancia de ella.
- Aplican la propagación rectilínea a unos fenómenos determinados, pero parece ignorarla en otros similares.
- A edades tempranas está más familiarizado con las sombras que con los reflejos. Sin embargo, hay quienes confunden las palabras reflejo y sombra y pueden usarlas indistintamente como sinónimos.
- Generalmente, a edades tempranas puede describir lo que observa cuando la luz se refleja en una superficie, como la de un espejo. Sin embargo, tiene dificultades para explicar o expresar lo que piensa que le está sucediendo a la luz.
- Con sus ideas intuitivas asociadas a la óptica no consiguen distinguir entre reflexión especular y difusa.
- Presenta más conciencia de las propias sombras y de las de otras personas que de las sombras de los objetos.
- Suele explicar el mecanismo de la visión limitándolo a la relación fuente-objeto, sin considerar que los rayos vayan del objeto hasta el ojo.
- Generalmente desconoce el fenómeno de la refracción y lo atribuyen sólo a propiedades del medio, sin considerar la necesaria interacción de la luz con este.
- En la mayoría de los casos considera que la luz de una fuente tenue, como una vela o una pequeña linterna, se pierde después de recorrer una distancia limitada. No hay una explicación clara de qué sucede con esa luz.
- Concibe la luz como una entidad material, de comportamiento fluido, que está en el espacio, y que por tanto es capaz de sortear los objetos que se le interpongan.
- Ante la pregunta de si la luz se mueve, generalmente afirma que se mueve en tanto que la fuente de luz se mueve, confundiendo luz y fuente de luz.
- Se atribuye tanta entidad material a la oscuridad como a la luz, y en ocasiones expresa que «es la oscuridad la que llega, porque la oscuridad es oscura y después no puedes ver nada».

Trabajos como el de Anderson y Bach (2005) hacen referencia a que el alumnado presenta cierta dificultad a la hora de entender la luz como algo que existe y se propaga en el espacio, entre fuentes y efectos, una dificultad ya descripta por Piaget en 1974 (Piaget y García, 1973). Para las personas con conocimientos en física puede resultar evidente este aspecto y no plantearse esta dificultad, pero estas concepciones también podrían asociarse a la propia historia de la óptica, la cual llegó a formularse firmemente a través del trabajo de algunos filósofos de la naturaleza, en especial los de Kepler sobre la luz y sus propiedades: «Con ellos, la

visión deja de ser una especie de actividad anímico-espiritual, como lo había sido para tantos pensadores del pasado, y se convierte en un asunto relativo a la mecánica» (Zajonc, 2015).

Otro hallazgo, común a muchas investigaciones, es que para el alumnado el hecho de ver se explica por algún tipo de emisión del ojo, al que asignan un papel activo, por ejemplo, miradas o rayos (entre otros: Driver *et al.*, 1985; Piaget, 1973; Viennot y Chauvet, 1997). Se puede decir que para muchos estudiantes, la visión no está integrada conceptualmente con la luz física.

Durante la presentación de las diferentes ideas erróneas y las dificultades de comprensión de los fenómenos asociados a la luz, evidencian la necesidad de que estas sean abordadas con mayor profundidad y tener en consideración aquellos aspectos que pueden favorecer y ayudar al alumnado a apropiarse de las ideas clave de óptica en el aula.

La luz en el currículo de primaria y en los libros de texto

¿Qué ideas clave se incluyen en la propuesta curricular?

En educación formal el currículo es uno de los referentes para la toma de decisiones sobre los contenidos a desarrollar en el aula. En el currículo de educación primaria propuesto por el Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya (2022), hace referencia a la luz la dentro del «área de conocimiento del medio natural y social». En la nueva propuesta curricular se plantea para ciclo inicial de educación primaria:

«Reconocimiento de la luz y el sonido como formas de energía que se pueden percibir y de sus propiedades descubriendo y experimentando su funcionamiento y uso en situaciones de la vida cotidiana»

En ciclo superior no se aborda la luz de manera directa, sino que se plantea relacionada con la energía:

«-Comprensión del funcionamiento de la energía eléctrica en relación con las fuentes, las transformaciones y la transferencia, a través de la experimentación de circuitos eléctricos y estructuras robotizadas, presentes en el entorno cotidiano.

- Análisis de las diferentes fuentes de energía y su influencia en la contribución al desarrollo sostenible de la sociedad»

De esta manera se transmite una visión meramente utilitarista de aquello que se imparte sobre la energía, por lo que parecería dejar en segundo plano la necesidad de enseñar acerca de su naturaleza.

Por lo que podemos observar que los contenidos propuestos acerca de la luz en cada ciclo de la etapa escolar son escasos o prácticamente nulos. El documento incluye una descripción muy ambigua de los saberes a trabajar, que además parecen centrarse más en los efectos o aplicaciones tecnológicas de la luz que en su propio estudio, alejándose de presentar los contenidos asociados a las ideas clave del MCE.

Las propuestas son tan genéricas que dificultan al profesorado el grado de concreción de los diferentes contenidos, por lo tanto, hay una limitación para identificar los contenidos clave, quedando a criterio (dominio de las ideas clave del MCE) del profesorado o del centro, abordar (o no) las principales ideas científicas asociadas a la luz.

Esta presentación general de los contenidos deja de lado aspectos que en el ámbito de la didáctica de las ciencias han estado ampliamente estudiados y documentados, como es el caso del dominio científico de la luz, donde el alumnado (en este caso el profesorado sin dominio del contenido) a menudo encuentra que el tema es confuso y difícil de acceder de manera significativa (Heywood, 2005).

¿Qué dicen los libros de texto?

Dado que uno de los recursos que utiliza el profesorado para organizar y planificar sus clases son algunos libros de texto, sean en formato físico como en digital, se ha realizado una revisión de los libros de texto, de

diferentes editoriales distribuidas en Cataluña en los cuales se ha detectado un tratamiento deficiente de la óptica (tabla 1).

TABLA 1
Editoriales analizadas

Editorial	Año de publicación	Curso	Referencia
Santillana. La casa del saber	2009	6º	[1]
Cruilla. Projecte 3·16	2009	6º	[2]
Galera. Projecte Tram		6º	[3]
Richmond. Essential Science Plus	2007	4º	[4]
Richmond/Santillana. Essential Science	2007	6º	[5]
Richmond/Santillana Top Science	2011	4º	[6]

Estas deficiencias pueden implicar a largo plazo una limitada comprensión de los contenidos básicos por parte del alumnado en los niveles superiores (segundo de bachillerato). Además, se identifican errores conceptuales en algunos de los textos analizados, y esto podría tener un impacto en el profesorado que, sin cuestionar la propuesta del libro, los reproducen en sus clases. Como ejemplos citamos algunos de estos errores: la definición de luz blanca como mezcla de 7 colores ([2] y [6]), la clasificación de las fuentes luminosas en naturales y artificiales ([2] y [3]), el arco iris como un arco con 7 colores ([2]). De manera general en los seis libros de texto analizados se observa que:

- No mencionan ni proponen actividades relacionadas con las ideas previas del alumnado sobre la luz, lo que favorecería su persistencia al no ser estas identificadas.
- No se plantea el uso del modelo de luz adecuado para cada etapa educativa. Esto implicaría abordar en la etapa de educación primaria y educación secundaria la luz como partícula y rayos mientras que, en educación superior y bachillerato se podría introducir el modelo ondulatorio de la luz.
- Se limitan a definir la luz como una forma de energía.
- Presentan una explicación parcial sobre la relación entre el modelo de luz y el proceso de visión (reflexión difusa, absorción, etc.).
- Apenas plantean experiencias, muestran pocas aplicaciones técnicas y hay una ausencia prácticamente total de las implicaciones a situaciones cotidianas.

Respecto a las experiencias propuestas para iniciar el estudio de la óptica observamos, en los textos analizados, algunos déficits:

- Proponen pocas experiencias, solo 4 experiencias en 6 textos, y entre ellas 3 son distintas. Aunque dos de ellas inciden en un par de ideas clave, se trabajan superficialmente y algunas son propuestas como actividades opcionales. El texto [1] propone dos experiencias: la construcción del disco de Newton y la propagación en línea recta de la luz. De ambas experiencias se explica el montaje, pero sólo sobre la segunda se plantean algunas preguntas para ayudar al razonamiento del alumnado. En el texto [2] aparece, como una actividad optativa, la misma propuesta sobre la transmisión rectilínea de la luz que en el texto [1], pero sin ningún tipo de explicación o discusión. En el texto [3] se plantean dos experiencias ilustrativas sobre la reflexión y la refracción de la luz. Los textos [4], [5] y [6] no proponen experiencias.

- Se muestran muy pocas aplicaciones. Hay disparidad en el nivel de demanda cognitiva en las aplicaciones propuestas. Por ejemplo, en el texto [2], para sexto de primaria, se propone colorear un arco iris, en cambio en el texto [6], para cuarto de primaria, se ilustra la aplicación de los colores primarios en los píxeles de la televisión. Las aplicaciones técnicas que se muestran a menudo son de un nivel que escapa a la posible comprensión del alumnado de primaria (tipos de espejos, tipos de lentes, formación y curvatura del arco iris, etc.) y por tanto no favorecen la profundización en las ideas clave. En cambio, podría ser más apropiado e interesante usar situaciones de un contexto cercano, como por ejemplo discutir y entender por qué ponemos pantallas difusoras en las lámparas para conseguir una luz más agradable.

En general las actividades se plantean como complementarias a la explicación teórica que se ha realizado previamente. Son propuestas a modo de exemplificación, pero no como una práctica que promueva la actividad científica escolar, desaprovechando la potencialidad de la práctica para poder movilizar las ideas previas del alumnado.

Hemos identificado algunas actividades que aun pudiendo hacer referencia a las ideas clave, son tratadas de manera superficial. Por ejemplo, se observa que:

- Los objetos son categorizados como opacos, translúcidos y transparentes. A pesar de ser importante conocerlos no se trata de una clasificación fundamental, pero además de limitarse a la evidencia empírica, no se explica qué diferencia el paso de la luz a través de un material translúcido o uno transparente ([1], [2], [3], [4], [6]). Puede encontrarse una gran diversidad de ejemplos de usos cotidianos de los materiales translúcidos que posibilitarían explicar, en un contexto próximo, en qué consiste la dispersión de la luz o qué pasa cuando la luz choca con un objeto opaco, sin embargo, no se hace.
- Se asume como evidente la formación de las sombras. Esto significa que se dan por comprendidas algunas ideas clave nada intuitivas como, por ejemplo: la propagación de la luz y la propagación en línea recta. Sin embargo, algunas de las ideas previas más habituales corresponden a errores graves en la comprensión de la formación de las sombras, a menudo interpretada como producto de la reflexión o proyección o incluso, con una realidad material comparable a la de la luz. Solo el texto [5] explica brevemente qué es una sombra, y los textos [1] y [6] relacionan los objetos opacos con las sombras, pero no se aprovecha para incluir una explicación.
- Las actividades propuestas sobre la reflexión en un espejo se limitan a la observación evidente sin apelar a un razonamiento más complejo del fenómeno observado. Por ejemplo, en [1] y [3], se plantea observar la reflexión en sexto de primaria, sin aprovechar la experiencia para comprobar que los ángulos de incidencia y reflexión son iguales y así construir la ley de reflexión.
- A menudo se obvia la reflexión de la luz en cualquier objeto, y cuando se explica no se diferencia de la reflexión especular. En ninguno de los textos analizados, se ofrece alguna explicación detallada o modelo para entenderla (como el modelo de fotones). Solo el texto [6] hace una breve analogía con el rebote de una pelota de tenis en la reflexión especular. Sin embargo, entender la reflexión difusa es un punto clave para comprender la visión de los objetos.
- Otros textos como por ejemplo *Nuffield Primary Science Light* (1993) utilizan la terminología «fuente de luz secundaria». Esta terminología puede entorpecer la comprensión de porque vemos los objetos. De esta manera, cualquier objeto que refleja luz, sería una fuente de luz secundaria. Esto podría ocasionar confusiones a la hora de distinguir entre emisión y reflexión de la luz.

Los textos, y por tanto el profesorado que los utiliza sin cuestionar las propuestas, parten frecuentemente de unas ideas consideradas importantes pero que no favorecerían la construcción de las ideas clave del MCE. Esta manera de hacer podría llevar a consolidar ideas erróneas. En particular se suele enfatizar en:

- Distinguir entre luz natural y luz artificial. Este discurso da a entender que quizás se trate de dos tipos de luz de diferente naturaleza (la natural como auténtica, la artificial como la manufacturada o no auténtica).
- Se presenta como dato importante el valor exacto de la velocidad de la luz. Sin embargo, su magnitud escapa totalmente a la comprensión del alumnado de primaria. Además, la notación científica no es un contenido que este contemplado en el currículo de educación primaria en el ámbito matemático. En cambio, sí pueden darle significado al hecho cualitativo de que tiene una velocidad muy grande.

A partir de lo presentado con anterioridad, y a nuestro modo de ver las propuestas de los textos analizados muestran ciertas deficiencias:

- (a) se presenta una mirada centrada en los hechos (opacidad, sombras, refracción en el agua, reflexión, ...) que se describen superficialmente sin entrar a fondo en su comprensión;
- (b) a menudo se propone el uso o construcción de dispositivos complejos de entender sin la base adecuada (espejos curvados, lentes, caleidoscopio, periscopio, ...);
- (c) no trabajan las ideas clave, que tampoco se plantean, pero que son la guía necesaria para poder construir conocimiento sobre el tema;
- (d) no se tienen en cuenta las ideas intuitivas del alumnado sobre el tema;
- (e) las dinámicas de aula propuestas se limitan al esquema de explicación teórica seguida por una experimentación ilustrativa. No se proponen unas actividades de orden superior como por ejemplo actividades de indagación o argumentación, prácticas asociadas a la actividad científica escolar.

Estas limitaciones dificultan la identificación y desarrollo de saberes, de las ideas clave fundamentales de la luz en educación primaria y por ende de un abordaje del MCE.

Del mismo modo, el planteo genérico del currículo presupone que el profesorado cuenta con una buena formación en física para poder, en primer lugar, decidir qué contenidos trabajar y luego, asumir y desarrollarlos en el aula.

Una de las características que se ponen en evidencia cuando se coloca al profesorado en la situación de enseñar temas que están fuera de su área de conocimiento es que re-emergen los comportamientos de un profesorado novel (Gess-Newsome, 2002), es decir: dedican más tiempo a la preparación de las clases, la secuenciación de los contenidos tiene menos sentido al igual que la identificación de las ideas clave del tema a trabajar. Esto se debe a que no tienen el conocimiento y dominio de los modelos teóricos básicos y por tanto es muy difícil para ellos establecer conexiones, realizar abstracciones, exemplificar, etc.

Estos escasos conocimientos técnicos son el motivo por lo que el profesorado que no es experto en dichos contenidos necesita tener a su disposición propuestas claras de contenidos e ideas clave a trabajar. Gess-Newsome (2002) plantea la importancia de considerar el impacto de los materiales de enseñanza, como libros de texto, guías curriculares y las evaluaciones estandarizadas. Las oportunidades y limitaciones que representan estos materiales interactúan con la cognición docente al reafirmar o desafiar lo conocido y creído, y en última instancia, determinan la práctica.

Revisión de propuestas didácticas sobre la luz

Haciendo una revisión bibliográfica de las diferentes propuestas didácticas sobre la enseñanza de la luz, se observa una limitada propuesta en lo que a contenidos de física se refiere en las etapas de educación primaria. Tal y como afirma Perales y García (2016) dada la volatilidad de las leyes de educación (situación que continúa manteniéndose en la actualidad), y en consecuencia esto recae en que no se incluya la enseñanza de la luz en el currículo con la misma importancia y presencia que tiene el fenómeno en la actualidad.

A principios de los '90 ya se contaban con estudios relacionados a las ideas previas asociadas a la enseñanza de la óptica (Perales, Nievas, y Cervantes, 1989). Otro trabajo es el propuesto por Beléndez, Pascual Villalobos, y Rosado Barbero (1989), en el que ya se planteaba la enseñanza de la luz utilizando diferentes modelos. En este trabajo también, ya se reclamaba la falta de atención que se dedicaba a este concepto en la enseñanza. Sin embargo, podemos observar que sus estudios no han tenido un impacto en, al menos los libros de texto analizados.

Gagliardi, Giordano, y Recchi, (2006) en su trabajo presentan una propuesta que coincide en parte con la presentada en este trabajo, los autores abordan la enseñanza de la luz y de la visión mediante deferentes propuestas de modelización entre ellas la del modelo de rayos para trabajar con profesorado en formación.

En el año 2015 se celebró el Año Internacional de la Luz y las Tecnologías basadas en la Luz con el objetivo de reconocer la importancia de la luz y la tecnología en la sociedad actual. La FECyT publicó una Unidad Didáctica sobre la luz y sus aplicaciones (García y Soriano, 2016) como propuesta de trabajo para el aula de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, una propuesta interesante con actividades acordes a la etapa de educación secundaria. Otro trabajo que se puede recuperar es el de Franco Mariscal (2016) que propone el uso de dibujos animados para abordar la reflexión de la luz, si bien la propuesta es para secundaria, podría utilizarse en primaria de manera adaptada.

ASPECTOS CLAVES PARA ELABORAR SITUACIONES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE SOBRE LA LUZ PARA EDUCACIÓN PRIMARIA

A partir de lo presentado en los apartados anteriores consideramos la necesidad de tener en cuenta algunos aspectos que puedan contribuir a la formación del profesorado de educación primaria. Entendemos la necesidad de presentar aquellos aspectos que deberían considerarse a la hora de repensar la enseñanza de la óptica. Por ello se presenta una propuesta que facilite al profesorado de educación primaria trabajar a partir de la identificación y secuenciación de las ideas científicas fundamentales para la construcción del MCE de luz. La propuesta realizada con el profesorado en formación es transferible a las aulas de primaria.

En primer lugar, vemos reforzada la importancia de establecer unas pocas ideas clave en óptica que permitan construir un corpus básico desde el principio. Identificar las ideas clave permite luego plantear diferentes situaciones de aprendizaje, contextos, etc. que sirven para darle sentido a la explicación científica en el contexto de la vida cotidiana.

Consideramos necesario ofrecer al alumnado, desde el principio, oportunidades diversas como experiencias, ejemplos o fenómenos de la naturaleza, para que puedan utilizar esas ideas clave como herramientas para explicar el mundo real, como por ejemplo el tamaño de las sombras. Unas propuestas coherentes con las demandas del nuevo currículo, las situaciones de aprendizaje.

Dado que las situaciones de aprendizaje se caracterizan por ir aumentando su complejidad y significatividad en el contexto del alumnado, no se puede descuidar que la visión es un tema que muy probablemente se trate en el aula. Sin embargo, desde el inicio debería insistirse en el proceso de visión como la captación pasiva de la luz por nuestros ojos, que son sencillamente unos receptores. Es importante abordar en la luz como un fenómeno físico independiente de la visión; un fenómeno que puede explicarse según sus características y comportamiento, siendo la visión un contexto de estudio. En esta etapa educativa consideramos que no es necesario entrar en el proceso detallado y mucho más complejo de la visión.

A partir de estas consideraciones generales planteamos una propuesta de trabajo de las ideas clave que contribuyan a una mejora en la enseñanza y en consecuencia aprendizaje de la óptica en educación primaria.

Propuesta de secuenciación

Dado que las situaciones de aprendizaje deben ser diversas y dependerán del contexto en el cual se apliquen. Consideramos oportuno presentar una propuesta de secuenciación de las ideas clave presentadas anteriormente para que luego sean adaptadas a las secuencias que se deseen plantear. Una primera pregunta que surge es en qué momento trabajar cada una de las ideas presentadas en la figura 1, o si deben impartirse en un orden determinado. En la tabla 2 se presenta una propuesta de los momentos a lo largo de educación primaria en que consideramos adecuado introducir esas ideas, lo cual ayudaría al profesorado a pensar en determinadas situaciones de aprendizaje según el ciclo en el que se encuentre y la idea clave que se propone abordar.

Esta propuesta es orientativa, sólo pretende dar un marco de referencia y según el nivel del grupo deberá modularse. Téngase en cuenta que se plantean las posibles etapas de introducción de la idea, así el hecho de que, por ejemplo, las ideas [3] y [4] se propongan para ciclo inicial no significa que no deban ser trabajadas en cursos posteriores: consolidar estas ideas es a menudo un trabajo de fondo, no un trabajo puntual. Un aspecto para tener en cuenta cuando se plantean las situaciones de aprendizaje es que estas deben ser cada vez más complejas, lo cual es coherente con la idea de consolidación de aprendizajes.

TABLA 2
Propuesta de progresión de ideas clave de la luz

	Ciclo inicial	Ciclo medio	Ciclo superior
Ideas clave	Identificar donde hay luz [1] Distinguir entre luz, fuente de luz y objeto iluminado [2] La luz viaja y lo hace en línea recta [3 y 4]. Al llegar a una superficie cualquiera la luz también se refleja, pero sólo en parte, y de manera más irregular que en los espejos [7]	Al llegar a un espejo la luz se refleja, esto es, rebota [5] Al llegar a una superficie cualquiera la luz también se refleja, pero sólo en parte, y de manera más irregular que en los espejos [7]	La reflexión en un espejo sigue una determinada ley [6] Al llegar a una superficie cualquiera la luz también se refleja, pero sólo en parte, y de manera más irregular que en los espejos [7]
Ejemplos de actividades	Visualizar el trayecto de la luz (rayos) a cortas y grandes distancias, con y sin luz ambiente. [1,2,3 y 4] Experiencias para mostrar que vemos sólo cuando la luz nos llega a los ojos. Comparar objetos brillantes y luminosos. Relacionar con el proceso de visión.	Visualizar la formación de sombras con hilos representando el trayecto de la luz. De manera cualitativa: reflexión de la luz en todos los objetos para entender la visión. Reflexión en espejos planos visualizando rayos.	Visualizar la formación de sombras y penumbras. Deducir experimentalmente la ley matemática de la reflexión. Comparar la reflexión en los objetos con la reflexión en los espejos, profundizando en la idea 7 introducida en ciclos anteriores. Reversibilidad del trayecto de la luz.
Modelo de luz recomendado	Rayos y partículas	Rayos y partículas	Rayos y partículas <i>Se podría comenzar a introducir la idea de ondas</i>

Por otra parte, la idea [7] aparece en los tres ciclos porque es importante para entender la visión de los objetos, sin embargo, debería trabajarse de diferente forma según los cursos. Así mientras que en ciclo inicial puede consistir en una explicación cualitativa, simplemente comentando que la luz rebota en los objetos, en ciclos superiores ya se podrían dibujar en detalle las trayectorias de los rayos de luz después de incidir en un objeto cualquiera en comparación a lo que sucede en un espejo.

Argumentos similares son aplicables a la idea [6] que aparece en ciclo superior. La hemos situado en ese ciclo porque en ese momento ya puede trabajarse geométricamente y con relaciones matemáticas la ley de la reflexión, pero de una manera más cualitativa ya estaría incluida en la idea [7] introducida previamente.

En la segunda fila de la tabla se citan brevemente algunos ejemplos de actividades convenientes para trabajar aquellas ideas junto con unas breves indicaciones experimentales para profundizar en los conceptos.

La tabla incluye una tercera fila proponiendo el modelo de luz más adecuado en aquella etapa para abordar esos conocimientos mínimos. El motivo de usar el modelo de rayos en ciclo inicial es que las ideas [3] y [4] son fundamentales y de las primeras que deben introducirse: a ese nivel la idea básica a trabajar es que la luz se desplaza y lo hace en línea recta, de ahí la importancia del concepto de rayo de luz.

El modelo de partículas lo proponemos en ciclo medio para comenzar a construir ya ideas sobre la naturaleza de la luz, podría introducirse también en ciclo inicial si se ve conveniente para ayudar a consolidar las ideas clave. Respecto al modelo de ondas puede evitarse su uso en toda la educación primaria, ya que como no se trata de ondas materiales sino electromagnéticas, conlleva un nivel de abstracción bastante más elevado.

UN EJEMPLO: LAS SOMBRA Y SU MODELIZACIÓN

En la enseñanza de la física en educación primaria los modelos, especialmente los modelos realizados con objetos materiales pueden desempeñar un papel muy importante en el proceso inicial de comprensión. La imagen proporcionada por estos modelos da al alumnado un referente que le ayudará a profundizar en la comprensión del tema, en la construcción de posteriores explicaciones más elaboradas y finalmente en la formulación de modelos matemáticos. Nuestra propuesta de trabajo es ilustrar las ideas clave de la óptica con modelos materiales. Para luego poder movilizar lo aprendido a nuevas situaciones, nuevos contextos que se expliquen a partir de las ideas clave abordadas.

Por ejemplo, para trabajar las sombras es interesante superponer el objeto de estudio (la sombra), el modelo material del rayo de luz (los cordeles) y la representación gráfica de la sombra, de esta forma el alumnado puede comprender mejor qué es y cómo se forma la sombra, ya que ve superpuestos el haz de luz, los rayos que la modelizan y el perfil de la sombra obtenida.

A continuación, recuperamos unas imágenes de una actividad desarrollada en la formación del profesorado de educación primaria (Figura 2), como se puede observar en la primera imagen (izquierda) vemos las sombras.

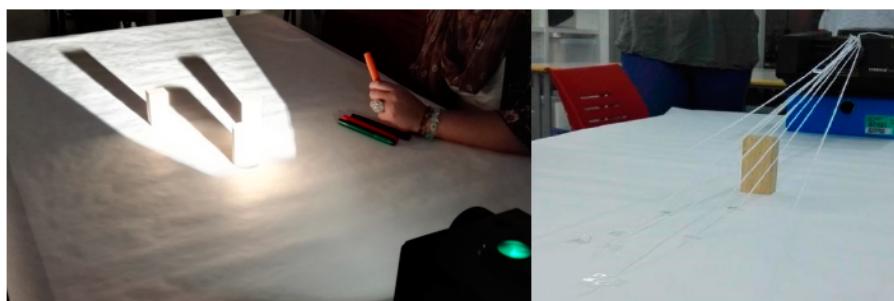


FIGURA 2
Sombras de tres objetos y modelización con cordeles

En la segunda imagen (derecha) el alumnado, sin encender la luz, modelizan los rayos con los cordeles.

En las imágenes de la figura 3, observamos en la imagen de la izquierda, como usando el modelo de cordeles, hacen la representación gráfica del perfil de la sombra.

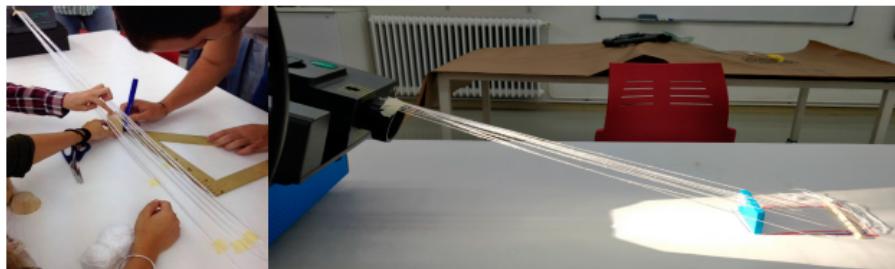


FIGURA 3
Representación gráfica a partir de la modelización con cordeles

Finalmente, en la imagen de la derecha se observa la superposición de los diversos niveles: objeto de estudio, modelo material y representación gráfica.

Este ejemplo puede ayudar al profesorado a repensar sus prácticas de aula, contribuyendo a la construcción de las ideas clave de la óptica. La propuesta pretende ayudar al proceso de enseñanza aprendizaje de la óptica desde las etapas iniciales para así, favorecer la comprensión de los modelos más complejos asociados a la comprensión de la luz y su comportamiento en ciclo superior.

BIBLIOGRAFIA

- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 248-256. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9)
- Andersson, B., y Bach, F. (2005). On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example. *Science Education*, 89(2), 196-218. <https://doi.org/10.1002/sce.20044>
- Beléndez, A., Pascual Villalobos, I., y Rosado Barbero, L. (1989). La enseñanza de los modelos sobre la naturaleza de la luz. *Enseñanza de las ciencias*, 7(3), 271-275.
- Departament d'Educació(2022) *Curriculum. Educació primària*. Departament d'Educació. <https://xtec.gencat.cat/ca/curriculum/primaria/curriculum-175-2022/>
- Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. *Children's ideas in science*, 193-201.
- Duit, R., Gropengiesser, H., Kattmann, U., Komorek, M., y Parchmann, I. (2012). *The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science1*. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2
- Franco-Mariscal, A. J. (2016). Optica con "Peppa Pig". Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales, (83), 57-63.
- Francoeur, E. (1997). The forgotten tool: The design and use of molecular models. *Social Studies of Science*, 27(1), 7-40.
- Gagliardi, M., Giordano, E., y Recchi, M. (2006). Un sitio web para la aproximación fenomenológica de la enseñanza de la luz y la visión. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*.
- García García, J. A., y Soriano, I. M. (2016). Unidad didáctica: " Ciencia con luz propia: Aplicaciones tecnológicas de la Luz". Optica pura y aplicada, 49(1), 57-59.
- Gess-Newsome, J. (2002). Secondary Teachers' Knowledge and Beliefs about Subject Matter and their Impact on Instruction. En J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Ed.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (Vol. 6). Kluwer Academic Publishers. <http://www.springerlink.com/content/j66t4t4m510021u3/>
- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago and London: The University of Chicago.

- Gilbert, J. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Gilbert, J., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97.
- Gilbert, S. (1991). Model Building and Definition of Science. *Journal of research in science teaching*, 28(1), 73-79.
- Hernández, M., y Pintó, R. (2016). The Process of Iterative Development of a Teaching/Learning Sequence on Acoustic Properties of Materials. En D. Psillos & P. Kariotoglou (Ed.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools* (p. 129-166). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_7
- Heywood, D. S. (2005). Primary Trainee Teachers' Learning and Teaching About Light: Some pedagogic implications for initial teacher training. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1447-1475. <https://doi.org/10.1080/09500690500153741>
- Izquierdo, M., y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12(1), 27-43. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1022698205904>
- Nuffield Primary Science. (1993). Light—Key Stage 2 Teachers' Guide. Collins Educational.
- Nuffield Foundation, N. (1985). *Nuffield Primary Science and the SPACE project 1985* (Science Processes and Concept Exploration). <http://www.nuffieldfoundation.org/nuffield-primary-science-and-space-project-1985>
- Osborne, R., y Freyberg, P. (1991). *El Aprendizaje de las ciencias: Influencia de las «ideas previas» de los alumnos*. Narcea Ediciones.
- Perales Palacios, F. J., y García García, J. J. (2016). Por qué, qué, cómo y cuándo enseñar sobre la luz. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 85, 9-14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5581639>
- Perales, F. J., Nievas, F., y Cervantes, A. C. (1989). Misconceptions on geometric optics and their association with relevant educational variables. *International Journal of Science Education*, 11(3), 273-286.
- Perales Palacios, F. J., y Nievas Cazorla, F. (1991). Ideas previas en óptica geométrica: un estudio descriptivo. *Revista Investigación en la Escuela*, 13, 77-84.
- Piaget, J. (1973). *The child and reality: Problems of genetic psychology*. (Trans. Arnold Rosin). Grossman.
- Piaget, J., y García, R. (1973). *Las explicaciones causales*. Barral.
- Pipitone, C., y García-Lladó, A. (2020). Factores que promueven el cambio emocional del profesorado en formación inicial hacia la física y la química en época de pandemia: presencialidad vs virtualidad. *Investigación en la Escuela*, (102), 32-53. <https://doi.org/10.12795/IE.2020.i102.03>
- Ramadas, J., Driver, R., y Project, C. L. in S. (1989). *Aspects of Secondary Students; Ideas about Light*. Centre for Studies in Science and Mathematics, Education, University of Leeds.
- Rouse, W. B., y Morris, N. M. (1986). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological bulletin*, 100(3), 349.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis Educación.
- Solbes, J., y García, J. F. Z. (1993). ¿Qué sucede con la enseñanza de la óptica? *Revista española de física*, 7(4), 38-43.
- Viennot, L. (2002). *Razonar en física la contribución del sentido común*.
- Viennot, L., y Chauvet, F. (1997). Two dimensions to characterize research - based teaching strategies: Examples in elementary optics. *International Journal of Science Education*, 19(10), 1159-1168.
- Wadsworth, P. (1993). *Nuffield Primary Science: Key Stage 2: Light: Pupils' Book - Years 3-4*.
- Zajonc, A. (2015). *Atrapar la luz*. Ediciones Atalanta S.A.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: Grau Torre-Marín, V. y Pipitone, C. (2023) Ideas clave para enseñar la luz en primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(2), 2602. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2602