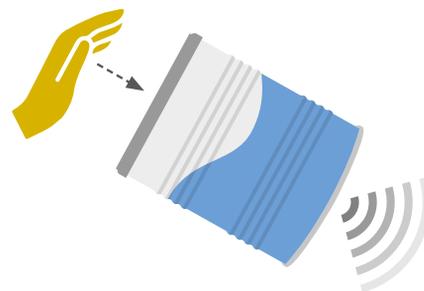
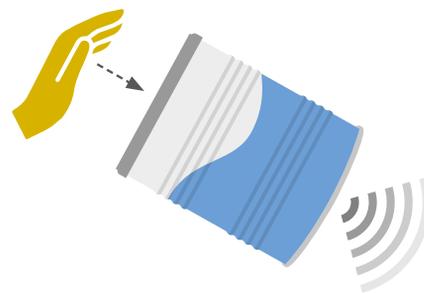


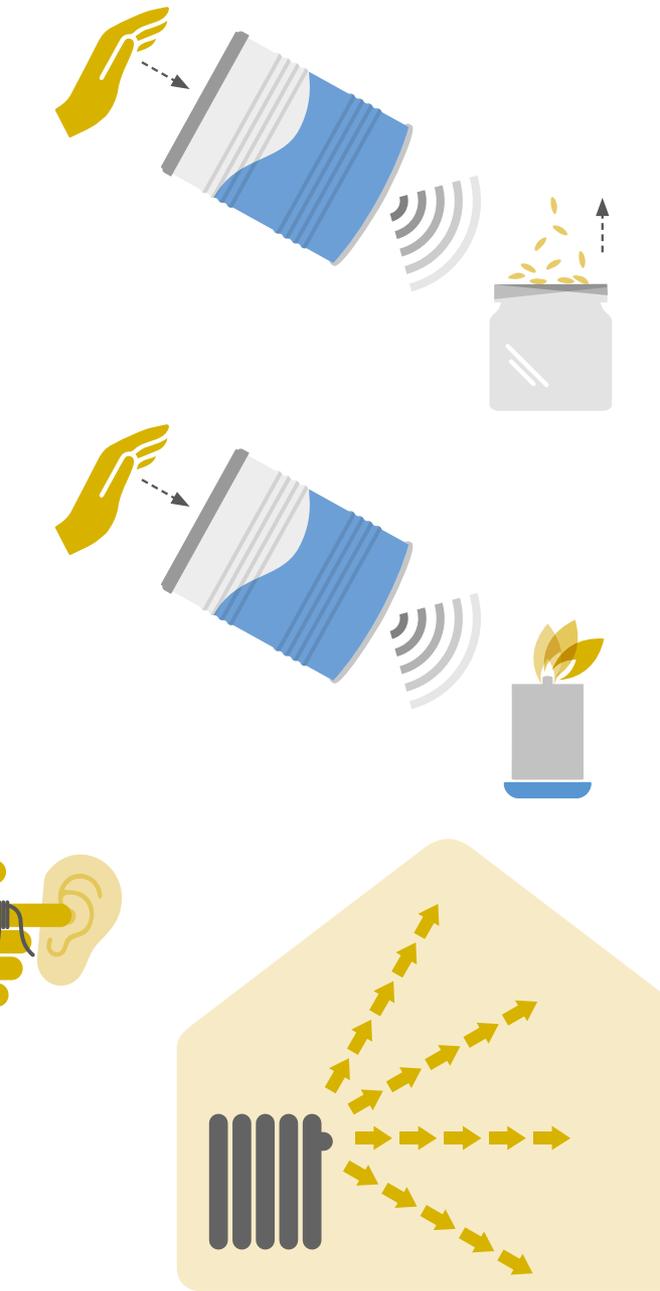
Investigamos la luz, el sonido y el calor

Víctor Grau, Jordi Martí, Laura Martín y Judit Verdaguer



Investigamos la luz, el sonido y el calor

Víctor Grau, Jordi Martí, Laura Martín y Judit Verdaguer



Presentación

Pequeños Talentos Científicos es un programa de actualización científica y didáctica que quiere fomentar la investigación en el aula como enfoque metodológico para el aprendizaje de las ciencias en infantil y primaria.

El objetivo es proporcionar a los centros educativos una serie de recursos y orientaciones para que el profesorado pueda aplicar metodologías más participativas y creativas en el aula y que permitan al alumnado implicarse en procesos de investigación auténticos que les permitan construir ideas científicas clave.

El programa Pequeños Talentos Científicos se inició el curso 2013-2014. A partir del curso 2015-2016, los contenidos se han ido centrando cada año en un área temática concreta: primero fueron la materia, el cuerpo humano y los fenómenos astronómicos, las relaciones entre los seres vivos y los fenómenos geológicos y el paisaje, y ahora la luz, el calor y el sonido.

En este libro se reúnen los contenidos y las propuestas de trabajo práctico sobre el estudio de la luz, el sonido y el calor. Los y las profesoras de primaria encontrarán orientaciones didácticas para trabajar estas tres temáticas: desde la información científica básica para presentar cada uno de los temas al alumnado hasta propuestas concretas de trabajo para investigar aspectos clave sobre cómo se transmite la luz y cómo interactúa con diferentes objetos; sobre la relación entre la producción de sonido y la vibración de los materiales y sobre la transmisión del sonido desde la fuente que lo produce; y sobre qué es el calor y cómo se transfiere de un cuerpo a otro a través del mecanismo denominado *conducción*. En todos los casos, se abordan conocimientos científicos que es necesario saber, las ideas intuitivas que el alumnado suele manifestar sobre estos temas, las actividades que se proponen y las orientaciones didácticas para poder sacarles el máximo beneficio pedagógico.

Pequeños Talentos Científicos está organizado conjuntamente por el Instituto de Educación del Ayuntamiento de Barcelona, la Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación, y la Fundación "la Caixa".

Esperamos que este material sea de utilidad para la comunidad educativa.

Investigar en el aula para ayudar a adquirir cultura científica

El nuevo currículum, que actualmente se está implementando en las escuelas de educación primaria en Cataluña, indica, en relación con el área de conocimiento del medio natural, social y cultural, que “la relación de los diferentes saberes y destrezas de esta área favorecen el desarrollo de una cultura científica basada en la indagación y el pensamiento crítico”. Además, identifica la cultura científica como uno de los bloques de saberes del área, describiéndolo de la manera siguiente: “El bloque Cultura Científica pretende que el alumnado desarrolle destrezas y estrategias propias del pensamiento científico, investigando sobre una amplia variedad de temas. De este modo, se inicia en los principios básicos del método científico que propicia la indagación y el descubrimiento del mundo que los rodea” (Departamento de Educación, 2022).

Así pues, el nuevo currículum se alinea claramente con una tendencia general en la mayoría de países que ya viene de antiguo, y que plantea que una de las finalidades del sistema educativo para la educación básica es contribuir a la alfabetización científica de la ciudadanía. Este planteamiento lo podríamos resumir con el lema: “aprender a investigar e investigar para comprender” (Martí, 2012).

Aprender a investigar, porque aunque los niños y niñas de 6 a 12 años, por naturaleza, son buenos exploradores de la realidad y tienen las capacidades cognitivas necesarias para interpretar y dar sentido a la multitud de fenómenos naturales que se producen en su entorno, no lo hacen espontáneamente a la manera de la ciencia. Lo hacen poniendo en marcha las estrategias de que disponemos todos los humanos para interpretar la realidad y que conducen a lo que los psicólogos denominan “aprendizaje implícito o intuitivo” (Pozo, 2014). A pesar de su utilidad en la vida cotidiana, el aprendi-

zaje implícito, junto con nuestra capacidad perceptiva, tiene muchas limitaciones. Es por eso por lo que la ciencia ha hecho que, en muchas ocasiones, tengamos que cambiar nuestra visión del mundo: solo hay que pensar en el heliocentrismo, la teoría de la evolución, la tectónica de placas, etcétera. Por eso, la ciencia se ha convertido en un patrimonio cultural de primer orden, al que deben tener acceso las nuevas generaciones. En resumen, niños y niñas son muy buenos explorando el mundo, pero hay que enseñarles de manera explícita a investigarlo a la manera de la ciencia.

La segunda parte del lema, **investigar para comprender**, hace referencia al hecho de que el producto de la investigación científica es el conocimiento. Por lo tanto, aprender ciencias quiere decir aprender nuevas maneras de mirar la realidad y aprender nuevas maneras de construir conocimientos, para que ambas cosas nos ayuden a dar sentido a los fenómenos naturales de una manera diferente a como cotidianamente los comprendemos desde nuestro conocimiento implícito. En el aula, eso supone partir de las ideas implícitas iniciales que tienen los niños y las niñas sobre los fenómenos naturales y usarlas para llegar a construir conocimientos nuevos, en forma de nuevas ideas, nuevas formas de razonar y nuevos modelos teóricos que les sirvan para explicar la realidad de forma cada vez más sofisticada y próxima a como lo hace la ciencia.

Adquirir estos nuevos conocimientos no se puede hacer desde un modelo simple de transmisión-recepción (vía profesores, libros, internet o expertos), ni tampoco desde un modelo de descubrimiento libre, sino que se tiene que hacer trabajando desde las ideas de los alumnos, *con* las ideas de los alumnos y sobre las ideas de los alumnos, es decir, trabajando sobre los conocimientos y experiencias que el alumnado aporta en el aula y sobre

cómo los usan para interpretar la realidad. Eso supone diseñar las intervenciones en el aula pensando en la necesidad de favorecer la evolución conceptual de las ideas del alumnado, y no la simple sustitución de sus ideas intuitivas por las ideas “correctas” de la ciencia.

La investigación en didáctica de las ciencias de estos últimos treinta años ha puesto claramente de manifiesto que alcanzar las dos facetas del lema anterior no es posible sin implicar directamente a los niños y las niñas en las prácticas y las formas de razonar que la comunidad científica lleva a cabo cuando investiga la realidad. Ahora mismo, más que de método científico se habla de prácticas científicas, porque las formas de investigar y adquirir conocimiento sobre la realidad de la ciencia son muy diversas y no siguen un único método, pero sí que implican un mismo conjunto de prácticas. Por lo tanto, hay que hacer ciencia en el aula, una ciencia que, como dice Izquierdo (2005), “no puede ser como la ciencia de los científicos, pero tiene que ser ciencia”.

Actualmente, en las aulas de educación primaria conviven muchos enfoques didácticos diferentes para abordar los contenidos científicos que corresponden al área de conocimiento del medio natural: espacios de ciencia, ambientes, cajas de aprendizaje, proyectos, modelos tradicionales, etcétera. Si bien esta diversidad no es mala en sí misma, sí que es importante que, más pronto que tarde, el profesorado y los claustros nos planteemos dos interrogantes: ¿realmente todo lo que hacemos en el aula es ciencia?, ¿la ciencia que se hace en el aula la hacen sobre todo los alumnos? Y, sobre todo, ¿la ciencia que hacemos ayuda realmente a construir nuevas ideas clave que puedan competir con las ideas intuitivas que todos los niños y niñas ya tenían? Si analizando los enfoques metodológicos de nuestra es-

cuela, la respuesta a alguna de estas preguntas es “no”, entonces habrá que cambiar de enfoque.

En el marco del programa de formación de profesores y profesoras Pequeños Talentos Científicos, se propone un modelo de ciencia escolar basado en la idea de *itinerarios de investigación*. Los itinerarios de investigación los entendemos como recorridos que van desde un fenómeno natural inicial sobre el que nos interrogamos hasta la explicación final del fenómeno. Así pues, los itinerarios de investigación se alinean claramente con uno de los tipos de situaciones de aprendizaje que aparecen en el nuevo currículum: la explicación de fenómenos naturales del entorno a través de la investigación científica. Se puede encontrar más información sobre los itinerarios de investigación, así como ejemplos de itinerarios con sus orientaciones didácticas, en mon.uvic.cat/fem-ciencia.

Las propuestas de actividades que se proponen en este libro son una muestra de las actividades que se pueden incluir en un itinerario de investigación aunque, por la limitación de espacio de una publicación como esta, no siempre representan un itinerario de investigación completo.

El libro se estructura en dos apartados. En el primero se justifica la importancia de investigar sobre los ámbitos temáticos que lo configuran (luz, sonido y calor) y se identifican algunos de los retos y dificultades de aprendizaje que tendremos que afrontar. En el segundo apartado se presentan doce actividades, organizadas en tres problemas de investigación y que están relacionadas con las actividades presentadas y llevadas a cabo a lo largo del curso 2021-2022. El primer conjunto de actividades hace referencia a cómo investigar sobre el comportamiento de la luz y la formación de

sombras; el segundo, a la naturaleza del sonido y a su transmisión; y el tercero, a la naturaleza del calor y la forma en que se transfiere entre materiales que están a diferentes temperaturas, lo cual permite distinguir entre materiales conductores y materiales aislantes del calor.

Cada uno de estos tres bloques de actividades se ha organizado del mismo modo. En primer lugar, se introduce la información científica necesaria para que el profesor o profesora adquiera más confianza o amplíe su conocimiento sobre los contenidos científicos que se proponen en dicho bloque. En la segunda parte se describen las ideas y las formas de razonamiento más habituales entre los niños y las niñas cuando están aprendiendo en dicho ámbito de problemas. En la tercera parte se presentan las ideas científicas clave que, desde el punto de vista de los autores, hay que trabajar con el alumnado sobre aquel ámbito. Finalmente, se describen detalladamente cuatro actividades dirigidas a niños y niñas de ciclo medio o superior. La descripción de cada actividad contiene los materiales necesarios para llevarla a cabo, la identificación de las ideas clave que se trabajan con aquella actividad y, finalmente, la exposición de un conjunto de orientaciones que las profesoras y profesores deberían tener en cuenta para llevar a cabo la actividad en el aula y para gestionar las ideas y los razonamientos del alumnado durante la actividad.

Investigar sobre la luz, el sonido y el calor

Habitualmente, relacionamos la luz, el sonido y el calor con el concepto de energía, y los libros de texto también han tendido tradicionalmente a relacionar estos tres fenómenos con la energía. Sin embargo, el concepto “energía” es una construcción humana abstracta que los propios científicos tardaron tiempo en definir y saber trabajar cotidianamente. Por eso, en este libro hemos optado por no referirnos al concepto de energía y tratar cada uno de los grandes temas que incluye de manera independiente: luz, sonido y calor.

Esta opción responde a un objetivo pedagógico principal: ayudar al alumnado de primaria a comprender y dar sentido a muchos fenómenos físicos que se producen a su alrededor y en los que la luz, el sonido o el calor están implicados. Así, por ejemplo, veremos que la luz interactúa de maneras diferentes según los objetos con que se encuentra; que, cuando cocinamos, la cuchara de madera no quema pero la olla de la sopa, sí; que oímos la música de los vecinos aunque puertas y ventanas estén cerradas. Todos ellos (y muchos otros) son fenómenos próximos a los niños y niñas, cuya comprensión pide un cierto nivel de comprensión sobre la luz, el sonido o el calor como fenómenos físicos.

Aunque luz, sonido y calor están implicados en muchos fenómenos físicos cotidianos, en ningún caso podemos ver qué son. El cuerpo humano está adaptado a percibir los efectos a través de la visión, el oído y la sensación térmica, pero eso no nos da una información directa sobre la naturaleza de cada entidad. Eso genera una de las dificultades más importantes para el aprendizaje sobre el sonido y el calor (no tanto sobre la luz), que es el hecho que los niños y niñas razonan sobre estos fenómenos sustanciándolos, es decir, pensándolos como si fueran una cosa, una entidad material, de modo que explican su comportamiento como si fueran

una cosa. Por eso, por ejemplo, la mayoría de niños y niñas creen que el sonido nos llega del exterior porque pasa por los agujeros de la pared o por las rendijas que dejan las ventanas y las puertas, o bien piensan que la cuchara de acero no se calentará tanto como la de madera porque “el calor no puede pasar por la primera tan fácilmente”.

La experiencia cotidiana que los niños y niñas tienen con los fenómenos relacionados con la luz, el sonido y el calor, así como los usos cotidianos de términos como *reflejar*, *frío*, *calor* u *onda*, entre otros, aportan elementos para que los niños y niñas elaboren concepciones sobre estos fenómenos, que en la gran mayoría de casos son alternativas a las de la ciencia.

Estas concepciones alternativas, que no pueden considerarse adecuadas desde el punto de vista científico, son las que los niños y niñas utilizan en la interpretación que hacen de los fenómenos vinculados con la luz, el sonido y el calor. Así, por ejemplo, la investigación en didáctica de las ciencias ha permitido documentar que los niños y niñas suelen pensar que el sonido se puede transmitir en el vacío y que, en cambio, no se puede transmitir por los líquidos o por los sólidos. También piensan que la luz solo se puede reflejar en superficies brillantes, como los espejos. Muchos niños y niñas también piensan que la temperatura es una propiedad particular de los materiales u objetos, y eso les hace pensar que los objetos metálicos son más fríos que los objetos de plástico, o que determinados objetos (jerséis, abrigos, guantes, mantas, etcétera) son fuentes de calor (“la chaqueta me abriga”).

Es muy importante que cuando los profesores y profesoras decidamos investigar con los niños y niñas sobre la luz, el sonido y el calor, tengamos en cuenta todas es-

tas ideas intuitivas de los niños y niñas, porque es desde estas ideas desde las que construyen sus explicaciones, y es con estas ideas y sobre estas ideas con las que tenemos que actuar. Por este motivo, las investigaciones que proponemos en este libro siempre se inician con actividades que permitan explorar cuáles son las ideas que los niños y niñas usan para explicar un fenómeno concreto para, a partir de ahí, plantearnos varios problemas que conduzcan a recoger evidencias que nos permitan poner a prueba estas ideas y valorar el poder explicativo. Aparte de eso, los breves itinerarios de investigación que presentamos también dedican algunos momentos a promover que los niños y niñas construyan nuevos modelos mentales sobre la luz, el sonido y el calor, ayudándolos a imaginar nuevas formas de representarse mentalmente estos fenómenos, para que así puedan razonar de una manera más coherente ante fenómenos que muy a menudo interpretan como completamente diferentes.

Detenemos a reflexionar sobre las características y los comportamientos de la luz, el sonido y el calor, ayudará a los niños y niñas a acercarse al concepto de energía. Observar hechos y obtener datos y evidencias a partir de la experimentación supondrá el primer paso para ir construyendo unas ideas y unos modelos cada vez más coherentes con las ideas y modelos científicos aceptados.

Cuando el problema es comprender cómo se forman las sombras

Tradicionalmente, los contenidos relacionados con la luz se han abordado de manera poco efectiva para comprender qué es la luz y cómo se producen algunos fenómenos básicos relacionados, como son la formación de sombras, la reflexión o la propagación, entre otros.

Aunque algunas veces los currículums y los materiales que de estos se derivan proponen trabajar conjuntamente sonido y luz, consideramos que no es conveniente mezclarlos, porque son dos fenómenos de naturaleza absolutamente diferente que responden a leyes diferentes. Así, el sonido es un fenómeno mecánico, y lo podemos entender y estudiar como vibraciones del medio que se transmiten por un medio material (sólido, líquido o gas), mientras que la luz es un fenómeno electromagnético, que no necesita de ningún medio material para su propagación.

A veces, la unión responde al hecho de que sonido y luz se propagan a través de ondas, pero, desde un punto de vista científico, el argumento es muy débil, ya que se trata de dos tipos de ondas que físicamente son totalmente diferentes y, por otra parte, tiene poco sentido didáctico, ya que el alumnado no tiene aún claro qué son las ondas. Por el contrario, si queremos hablar sobre la naturaleza de la luz, es más conveniente hablar de partículas (Grau y Pipitone, 2023), porque la luz también puede concebirse como un conjunto de partículas denominadas *fotones*. Utilizando el modelo de luz como conjunto de partículas proporcionamos al alumnado un modelo mecánico sobre el que empezar a razonar, porque pueden pensar sobre los fotones como si fueran pelotas, y esta analogía es suficiente para explicar muchos de los fenómenos en los que la luz está implicada, especialmente la formación de sombras, que es el fenómeno que proponemos investigar en este apartado. El modelo ondulatorio de la luz se puede reservar para cursos posteriores, ya en la ESO.

Hay muchas ideas y conceptos relacionados con la comprensión de la luz como fenómeno físico, pero en la educación primaria lo que sería conveniente es centrarse en proponer a los niños y niñas investigaciones que les permitan llegar a comprender y saber explicar, de una manera cada vez más sofisticada, algunos fenómenos básicos en que la luz está implicada. En este sentido, nos podemos plantear investigaciones para identificar el lugar donde está la luz, para distinguir entre luz, fuente de luz y objeto iluminado; para constatar que la luz se propaga en línea recta en un medio homogéneo; para entender qué son las sombras y cómo se producen; para constatar que la luz se refleja en un espejo manteniendo el mismo ángulo de incidencia y de reflexión; o bien para saber que la luz blanca está compuesta por todos los colores (Couso y Márquez, 2016; Grau y Pipitone, 2023).

El conjunto de actividades que se presentan en este bloque conforma una propuesta para trabajar uno de estos fenómenos: qué son las sombras y cómo se forman. Aunque las sombras son un fenómeno muy cotidiano del que niños y niñas tienen muchas experiencias directas —solo tenemos que pensar en los típicos juegos de sombras chinescas, o cuando hacemos sombras grandes y pequeñas—, no es un fenómeno fácil de explicar. Dos ideas son clave para comprenderlo: en primer lugar, la idea de que las sombras son zonas de ausencia de luz que se producen porque la luz que incidiría queda obstaculizada por un objeto opaco en que la refleja pero no la deja pasar a través de este; en segundo lugar, la luz siempre se propaga en línea recta, lo que nos ayuda a predecir qué forma tendrá la sombra de un objeto y a explicar por qué las sombras cambian de tamaño cuando modificamos la distancia que hay entre el objeto que las produce y la fuente de luz que ilumina a dicho objeto.

Las ideas de los niños y las niñas sobre la luz

Una de las principales dificultades al abordar los temas de óptica con los niños y niñas es que la luz es invisible y se propaga a una velocidad extraordinariamente alta, lo que nos obliga necesariamente, para comprender bien la luz, a imaginárnosla, usando la capacidad que todo el mundo tenemos de representarnos la realidad a través de modelos mentales.

Los niños y niñas en general no saben identificar la diferencia entre foco de luz, rayo de luz y objeto iluminado. En este sentido, algunos estudios han mostrado que cuando se pide a un grupo de niños y niñas de entre 10 y 14 años que identifiquen dónde hay luz en una sala iluminada con luz artificial, algunas de las respuestas son: “por todas partes” o “por el espacio”, pero las más habituales hacen referencia al foco productor de luz: “en el techo, la luz está allí pero no está encendida”, señalando la bombilla (Driver *et al.* 1999). Otros identifican la luz solo allí donde ven objetos iluminados, por ejemplo, “allí [señalando al suelo], la luz es un brillo”.

Por otra parte, al preguntar si creían que la luz de una linterna llegaría a la pared del final del pasillo en un ambiente iluminado, algunas respuestas se posicionaban en contra, ya que muchos niños y niñas mantienen la concepción de que la luz no puede recorrer una distancia muy larga porque se gasta o se acaba (p. ej., “yo creo que no llegará al final porque está muy lejos”). Como bien sabemos, la luz se propaga en línea recta hasta que se encuentra con materia que la refleje, la refracte o lo absorba. En este sentido, si la luz de la linterna no se encontrase con ningún obstáculo podría llegar al otro lado del pasillo, y seguiría más allá hasta que no fuese interceptada por algún objeto sólido, líquido o gaseoso.

Si en la experiencia anterior planteamos cerrar el foco de luz del pasillo, a menudo piensan que la luz de la linterna puede llegar más lejos que si el foco de luz está encendido. Esta concepción probablemente es debida a la gran intensidad de la luz ambiente comparada con la luz de la linterna. También está la idea de que con una linterna más grande, la luz puede llegar más lejos.

Para acabar, Drive *et al.* (1999) muestran también que el alumnado entiende la luz como una entidad material que se mueve por el espacio como si fuera agua, cuando en realidad la luz no necesita de ningún medio material para su propagación.

Ideas que hay que trabajar sobre la luz y las sombras

En el estudio sobre la luz y las sombras que se plantea en el conjunto de actividades del itinerario de investigación que se presenta a continuación, se pretende ayudar a los niños y niñas a construir las siguientes ideas clave:

Idea 1. Luz, fuente de luz y objeto iluminado no son lo mismo.

Idea 2. La luz se propaga a través del espacio y lo hace en línea recta.

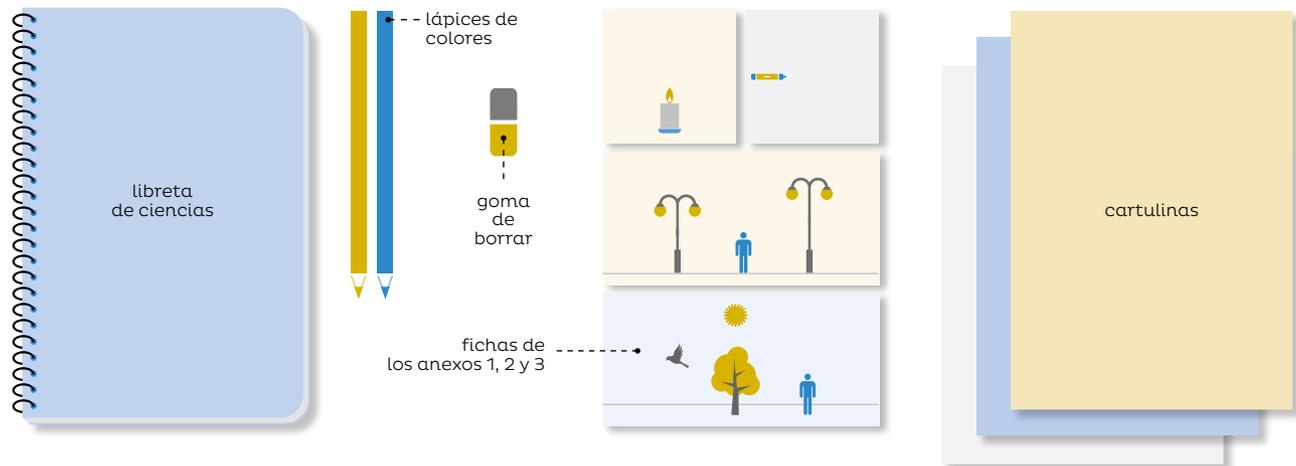
Idea 3. La luz se propaga a través del espacio hasta que choca con algún objeto, y si no lo puede atravesar será absorbida o reflejada.

Idea 4. En un espacio iluminado, denominamos *sombra* a la porción del espacio a la que, a causa de algún obstáculo material, no llega la luz.

	Actividad 1. Exploramos las ideas de los niños y las niñas sobre la luz y las sombras	Actividad 2. La luz se propaga, y lo hace en línea recta	Actividad 3. Representamos la trayectoria de la luz	Actividad 4. Qué es una sombra
Idea 1. Luz, fuente de luz y objeto iluminado no son lo mismo				
Idea 2. La luz se propaga a través del espacio y lo hace en línea recta				
Idea 3. La luz se propaga a través del espacio hasta que choca con algún objeto, y si no lo puede atravesar será absorbida o reflejada				
Idea 4. En un espacio iluminado, denominamos sombra a la porción del espacio a la que, a causa de algún obstáculo material, no llega la luz				

Actividad 1

EXPLORAMOS LAS IDEAS DE LOS NIÑOS Y LAS NIÑAS SOBRE LA LUZ Y LAS SOMBRAS



Material para un grupo de cuatro personas

Fichas con los dibujos de los anexos 1, 2 y 3, folios o libreta de ciencias, lápices de colores, goma de borrar y cartulinas o pizarras pequeñas.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. Luz, fuente de luz y objeto iluminado no son lo mismo

Idea 2. La luz se propaga a través del espacio y lo hace en línea recta.

Idea 4. En un espacio iluminado, denominamos *sombra* a la porción del espacio a la que, a causa de algún obstáculo material, no llega la luz.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Iniciaremos la investigación presentando una situación que provoque que los niños y las niñas tengan que usar y expresar sus ideas y modelos mentales referentes a cómo se propaga la luz. Con el fin de introducir el fenómeno, empezaremos la actividad planteando estas preguntas al grupo: “¿Dónde hay luz?; ¿creéis que la luz se mueve?; ¿cómo os parece que lo hace?”. Con estas preguntas, se pretende empezar a explorar las ideas de los niños y niñas sobre cómo la luz se propaga a través del espacio y ver si diferencian la luz del foco de luz que la produce y del objeto iluminado. Podemos recoger en la pizarra las ideas iniciales que sean diferentes entre ellas, pero teniendo en cuenta que no hay

que llegar a ningún consenso, porque lo que nos interesa en este momento es acoger todas las ideas que los niños y niñas aportan.

A continuación daremos la ficha del anexo 1, y pediremos que, individualmente, dibujen hasta dónde creen que llegará la luz de la vela y la luz del láser. Dejaremos un rato para que los niños y niñas piensen y escriban sus respuestas individuales. Esta actividad nos servirá para explorar las ideas iniciales de los niños y niñas sobre la propagación de la luz, y el análisis de los dibujos y las explicaciones que los niños y niñas hayan hecho nos permitirá saber si los niños consideran que la luz se propaga en línea recta sin fin y en todas direcciones, o se imaginan la propagación de alguna otra manera.

Después, pediremos que dibujen las sombras de dos paisajes (anexos 2 y 3), con el fin de ver qué saben sobre la formación de las sombras. En el caso del dibujo del anexo 2, para poder analizar las producciones de los niños y niñas debemos tener en cuenta que, como hay dos focos de luz, el personaje de la ilustración debería tener una sombra por cada foco de luz.

Una vez hecho este trabajo individual, propondremos a los niños y niñas que compartan los dibujos y debatan las diferentes respuestas para favorecer una construcción colectiva del conocimiento. Para ello, podemos seguir la estructura 1-2-4 (o simplificarla a 1-4). La dinámica 1-2-4 es una estructura cooperativa en que primero los niños y niñas piensan y responden individualmente a las preguntas planteadas, después lo hacen en parejas y, finalmente, con los cuatro miembros del equipo cooperativo. Les explicaremos que el objetivo final es recoger las diferentes ideas que hayan aparecido en el debate en pequeños grupos, y los argumentos a favor o en contra de cada una de las

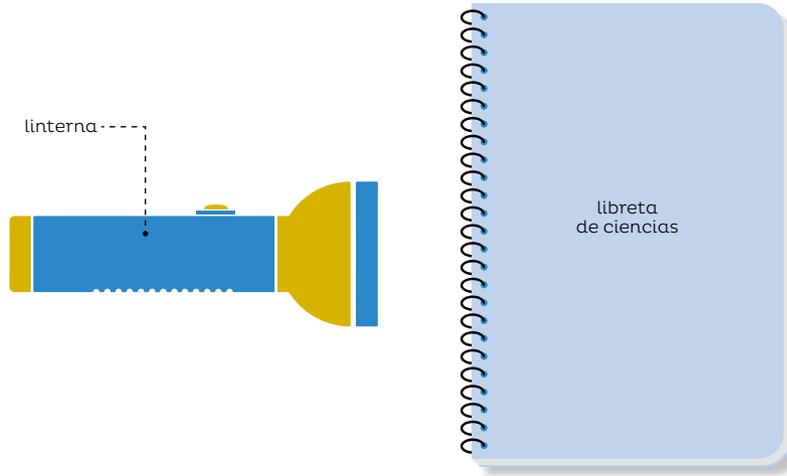
ideas diferentes que querrán compartir en la puesta en común. También recordaremos que, para la posterior puesta en común, tendrán que mostrar los diferentes dibujos que hayan hecho en una cartulina o en una pizarra pequeña.

A lo largo de toda esta actividad nos fijaremos en los tipos de elementos que incluyen los niños y niñas en sus dibujos, especialmente cómo representan la luz, y la relación entre foco de luz, rayo de luz y objeto iluminado. Les pediremos que nos aclaren las ideas que no se entiendan y velaremos por que la dinámica se lleve a cabo correctamente. No obstante, no introduciremos nueva información ni daremos explicaciones que puedan orientar la respuesta de los niños y niñas, ya que nos interesa que se hagan explícitas sus ideas y no las de la ciencia. Como mucho, ayudaremos a aclarar el significado de las ideas que los niños y niñas expresen si consideramos que no son lo suficiente comprensibles para el conjunto de alumnos de la clase, usando expresiones como: “Entonces, lo que estás diciendo es que [...]”; “si lo he entendido bien, vuestro grupo estáis diciendo que [...]”.

Una vez hecha la exposición oral de los dibujos, guiaremos una conversación que: (a) ayude a poner de manifiesto las diferencias y las semejanzas entre las diferentes ideas y representaciones; (b) haga énfasis en los aspectos en que parece que hay un consenso y aquellos en que parece que no (p. ej., “parece que todos estamos de acuerdo en que [...], en cambio, solo unos cuantos creen que [...]”); (c) identifique las ideas o palabras que posteriormente pueden servirnos para seguir construyendo conocimiento (p. ej., “habéis dicho que cuando la luz encuentra un objeto no puede pasar y rebota”); y (d) ponga de manifiesto las dudas que van apareciendo y las preguntas que necesitan más investigación para poder responderlas mejor.

Actividad 2

LA LUZ SE PROPAGA, Y LO HACE EN LÍNEA RECTA



Material para un grupo de cuatro personas

Una linterna, folios o libreta de ciencias.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. Luz, fuente de luz y objeto iluminado no son lo mismo

Idea 2. La luz se propaga a través del espacio y lo hace en línea recta.

Idea 3. La luz se propaga a través del espacio hasta que choca con algún objeto, y si no lo puede atravesar será absorbida o reflejada.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Esta actividad nos ayudará a comprender de forma progresiva que la luz se propaga a través del espacio en línea recta y sin fin, a menos que se encuentre con un objeto. Para averiguarlo, llevaremos a cabo una experiencia que nos permitirá entender que la luz no es visible, y que lo que vemos son los objetos iluminados a través de la luz que nos llega directamente a los ojos.

Antes de empezar a trabajar en pequeños grupos y sietuarnos, pediremos que piensen si la luz de la linterna puede llegar al otro extremo del pasillo. Una vez hayan aportado sus ideas, empezaremos la experiencia iluminando con una linterna sobre la mesa. A continuación, pediremos a los niños y niñas si pueden ver que la luz llega a la mesa y por qué lo pueden ver. Seguramente,

nos responderán que sí pueden ver que la luz llega a la mesa porque en esta ven un círculo que la ilumina.

A continuación, con el aula iluminada, nos colocamos a un extremo de esta en paralelo a los niños y niñas, desde donde no puedan ver si la linterna está encendida o apagada, y les pediremos si pueden ver si la luz de la linterna que sostenemos llega al otro lado del aula, y si pueden ver el camino que recorre desde la linterna hasta la pared. En esta ocasión, los niños y niñas no habrán podido ver si cuando hemos encendido la linterna la luz ha llegado al otro extremo del aula y tampoco su camino, porque la luz no es visible, a no ser que se refleje en un objeto o que nos llegue directamente a los ojos. Si el aula no es demasiado grande, podemos repetir la misma experiencia con el aula a oscuras y hacerles las mismas preguntas. De este modo, podrán comprobar que la luz de la linterna sí que llega al otro extremo del aula, porque verán la pared iluminada, pero no habrán podido ver el “camino” de la luz, desde la linterna hasta la pared.

Para que puedan comprobar que la luz puede recorrer distancias más largas, buscaremos un espacio con más distancia, como puede ser el pasillo, y plantearemos la siguiente cuestión a los niños y niñas: “¿Creéis que la luz llegará al otro extremo del pasillo?, ¿cómo podemos saberlo?”.

Para resolver el reto, distribuiremos una linterna para cada grupo de cuatro, colocaremos a uno de los miembros del grupo en un extremo del pasillo y al resto del grupo, en el otro. Estos últimos tendrán la linterna y desde su extremo tendrán que iluminar los ojos de su compañero o compañera. Repetiremos la experiencia hasta que todo el mundo haya podido pasar por el rol de estudiante iluminado. A continuación, repetiremos la misma experiencia, pero ahora a oscuras.

Una vez finalizada la experiencia, pediremos a los niños y niñas que con su grupo reflexionen y den una respuesta a la pregunta “¿creéis que la luz llegará al otro extremo del pasillo?”. Dejaremos un rato para que cada grupo piense cómo pueden saber que la luz ha llegado al otro extremo del pasillo. Durante ese tiempo facilitaremos la tarea a los niños y niñas resolviendo dudas y haciendo preguntas que permitan concretar la respuesta. A continuación, empezaremos una conversación que nos permitirá poner en común los hechos que hemos observado y las ideas de todos los grupos. Al final de la conversación deberíamos poder llegar a establecer una conclusión empírica que nos permita afirmar que sabemos que “la luz ha llegado al otro extremo del pasillo porque nos ha iluminado los ojos”.

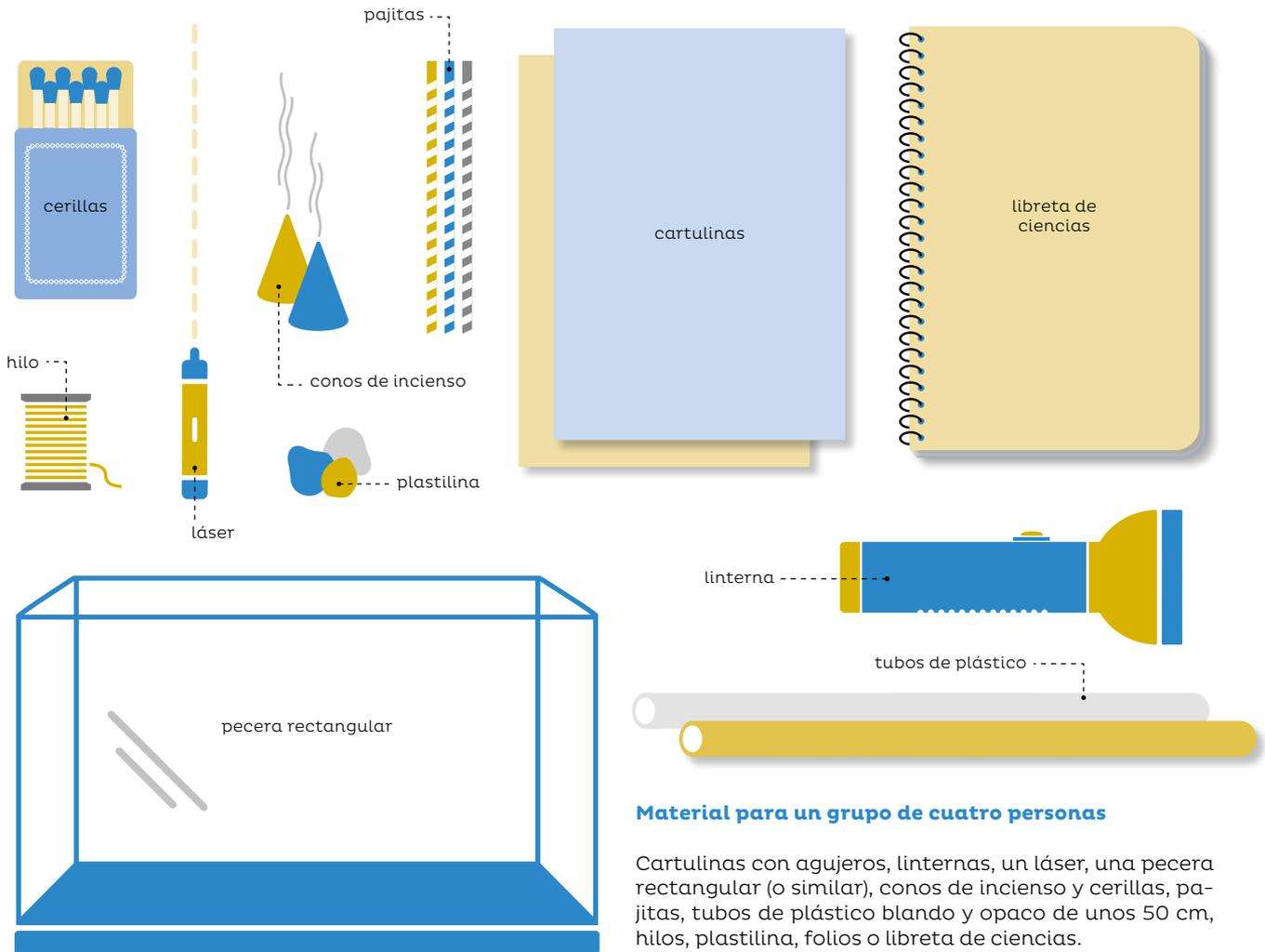
Por débil que sea la luz, los niños y niñas iluminados lo habrán podido ver, porque la luz les habrá llegado directamente a los ojos, aunque no hayan podido ver que a aquella distancia una parte de la luz se habrá dispersado, y porque la linterna también les habrá iluminado todo el cuerpo, aunque si no llevamos a cabo la experiencia a oscuras este hecho no se podrá identificar.

Durante la conversación podemos ayudar a los niños y niñas a compartir sus ideas con preguntas como las siguientes: “¿Cómo lo hemos sabido?; ¿cuál es el hecho que nos ha permitido confirmar que la luz ha llegado al otro extremo del pasillo?; ¿qué hemos descubierto sobre la luz en esta experiencia?”.

Una vez finalizada la experiencia, les pediremos que la documenten en su libreta de ciencias mediante un dibujo, un esquema, etcétera, acompañado de un breve redactado donde queden claras las ideas principales que dan respuesta a la pregunta de investigación.

Actividad 3

REPRESENTAMOS LA TRAYECTORIA DE LA LUZ



Material para un grupo de cuatro personas

Cartulinas con agujeros, linternas, un láser, una pecera rectangular (o similar), conos de incienso y cerillas, pajitas, tubos de plástico blando y opaco de unos 50 cm, hilos, plastilina, folios o libreta de ciencias.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. Luz, fuente de luz y objeto iluminado no son lo mismo

Idea 2. La luz se propaga a través del espacio y lo hace en línea recta.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Al inicio de esta actividad facilitaremos una serie de cartulinas, en el centro de cada una de las cuales habremos hecho un agujero de un centímetro. Con la ayuda de la plastilina haremos un pie para mantener las cartulinas verticales encima de la mesa.

Pediremos a los niños y niñas que con una linterna hagan pasar la luz a través de varias cartulinas y les pediremos que observen bien cómo tienen que poner las cartulinas y los agujeros para que la luz pueda pasar por todas las cartulinas. La respuesta tendría que ser que la única opción es que los agujeros estén en línea recta, lo cual es una clara evidencia de que la luz siempre sigue una trayectoria recta.

Una vez acabada esta experiencia podemos reforzar este hecho representando el rayo de luz mediante un hilo que salga de la linterna, pase a través de los agujeros de las cartulinas y llegue hasta el otro extremo.

Para visualizar aún más que la luz sigue una trayectoria en línea recta podemos poner una pecera (o similar) boca abajo y, en su interior, pondremos un cono de incienso de modo que la pecera se vaya llenando de humo. Es importante que mantengamos levantado uno de los extremos de la pecera para permitir una mínima entrada de aire. Cuando la pecera esté llena de humo

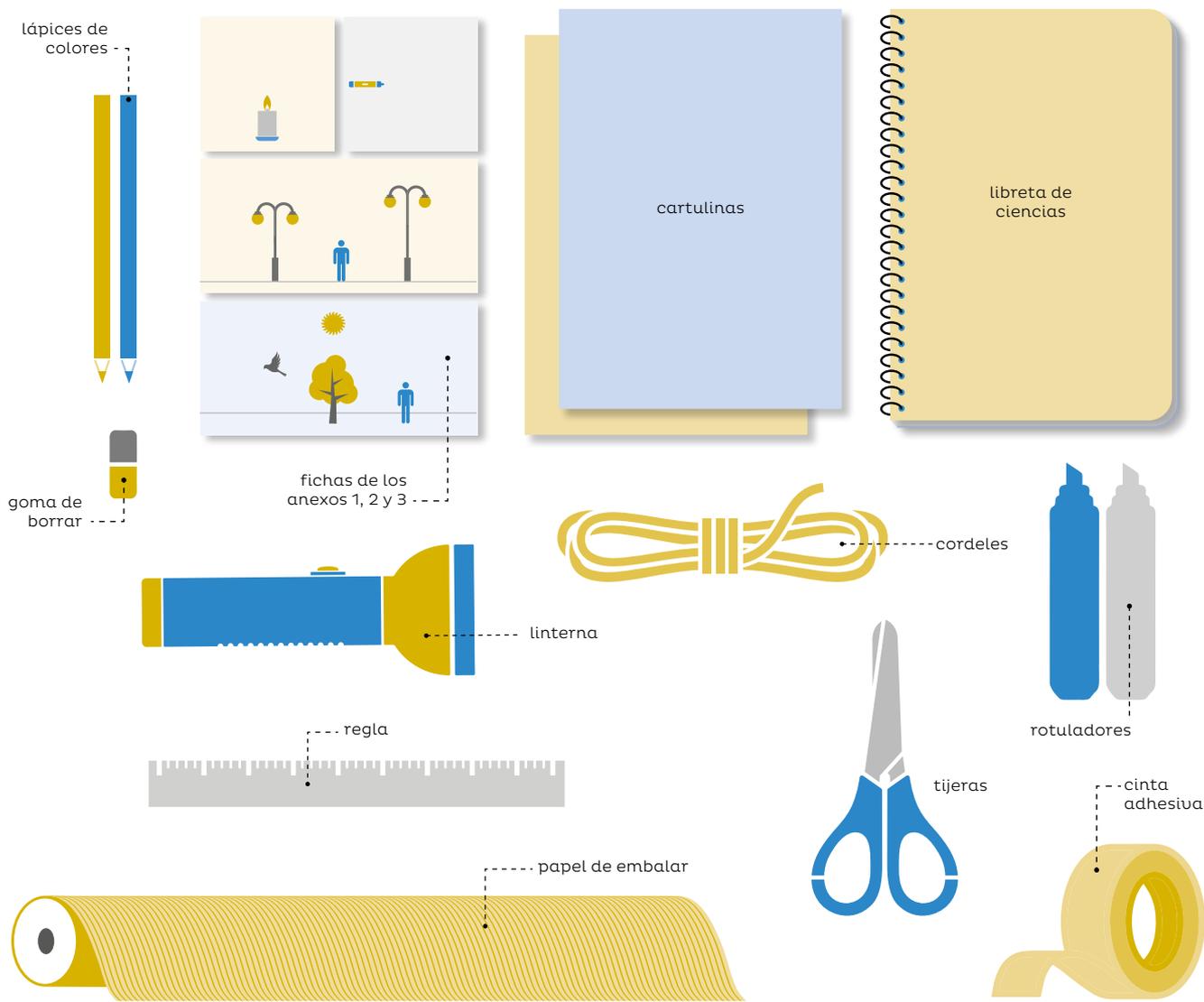
haremos que los niños y niñas se coloquen en uno de los laterales, mientras uno de los miembros del grupo enciende un láser y lo apunta de modo que pase por el humo de la pecera. Indicaremos que hay que observar qué pasa con la luz del láser. Lo que pasará es que el humo permitirá que se pueda ver perfectamente una línea recta del color del láser que cruza de un extremo a otro de la pecera. Esta línea finita es la representación de un rayo de luz. Es mejor hacerlo con un láser porque si lo hacemos con una linterna, el haz de luz se abrirá demasiado y no parecerá un rayo de luz. Esta experiencia también se puede llevar a cabo llenando un vaso de agua y disolviendo unas gotas de leche.

Finalmente, podemos proponer una última observación que nos permita comprobar de nuevo que la luz siempre se propaga en línea recta. En este caso, se trata de repartir linternas y un juego de pajitas y de tubos de plástico a cada uno de los grupos de niños y niñas. Las pajitas de bebida tienen que ser de las que se pueden doblar por uno de los extremos. Se les pedirá que manipulen las pajitas y los tubos de manera tal que, iluminando con la linterna por un extremo, puedan ver la luz por el otro extremo. Los niños y niñas tendrán que anotar en qué posición de las pajitas o los tubos es posible esta observación.

Para finalizar del todo la actividad les pediremos que expliquen a qué conclusión han llegado en relación con la dirección de propagación de la luz. Para ello, les pediremos que respondan a las siguientes preguntas: “¿En qué dirección viaja la luz?; ¿qué evidencias tenemos de que eso es así?, es decir, ¿cómo hemos llegado a saberlo?”. Pediremos a los niños y niñas que escriban sus respuestas en su libreta de ciencias y las acompañen de los dibujos o esquemas que consideren pertinentes.

Actividad 4

¿QUÉ ES UNA SOMBRA?



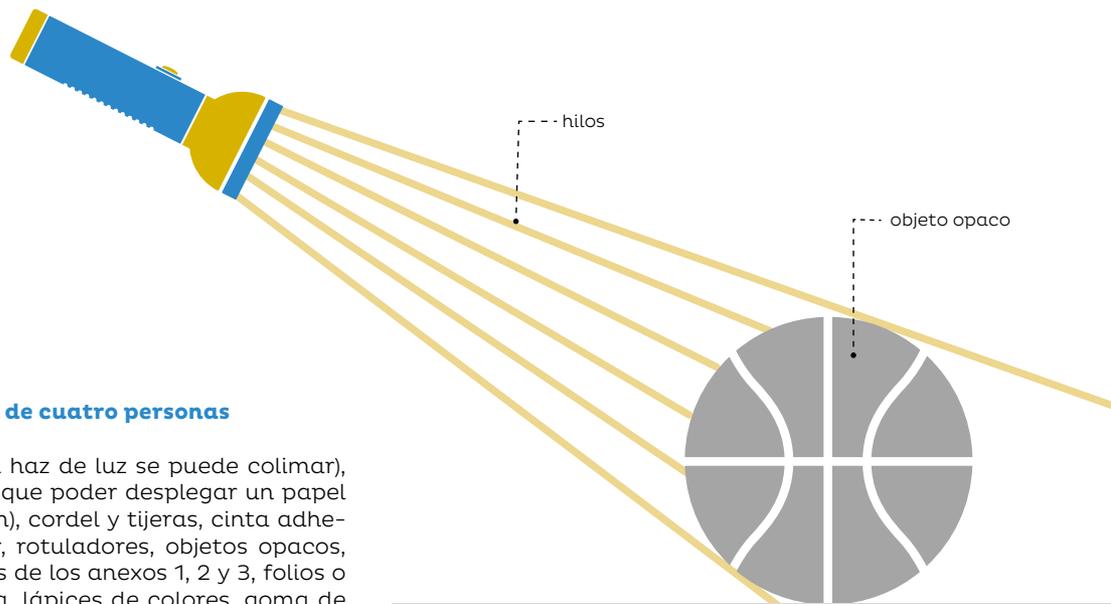


Figura 1. Dibujo de cómo tendrían que quedar dispuestos los hilos

Material para un grupo de cuatro personas

Una linterna (mejor si el haz de luz se puede colimar), una meda grande en la que poder desplegar un papel de embalar (de unos 2 m), cordel y tijeras, cinta adhesiva de papel de pintor, rotuladores, objetos opacos, fotocopias de los dibujos de los anexos 1, 2 y 3, folios o libreta de ciencias, regla, lápices de colores, goma de borrar y cartulinas.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. Luz, fuente de luz y objeto iluminado no son lo mismo

Idea 2. La luz se propaga a través del espacio y lo hace en línea recta.

Idea 4. En un espacio iluminado, denominamos *sombra* a la porción del espacio a la que, a causa de algún obstáculo material, no llega la luz.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

En esta actividad se trata de predecir la formación de sombras. Lo haremos con un foco o una linterna sobre un gran papel en el que pondremos el objeto cuya sombra queremos determinar. Se trata de usar la idea trabajada en la actividad anterior de que la luz siempre se propaga en línea recta para predecir cómo será la sombra de los objetos que hemos escogido, representando, para ello, los rayos de luz con cordeles que salen de la linterna hasta el papel. El objetivo es acabar viendo la sombra física, su perfil dibujado y los rayos de luz que

la definen representados con los cordeles, para poder comprender mejor qué es una sombra y cómo se forma.

Fijaremos unos 2 m de papel de embalar encima de una mesa. En un extremo situaremos la linterna y hacia medio papel pondremos el objeto opaco que tiene que dar la sombra. Es conveniente que el profesor o profesora se asegure antes de la experiencia de que la sombra no sea demasiado larga y salga del papel, para así orientar al alumnado sobre la zona donde poner el objeto y sobre la inclinación del foco de luz.

Con la linterna situada (pero, atención, apagada), marcaremos sobre el papel la posición del objeto, y pediremos a los niños y niñas que dibujen qué forma imaginan que tendrá la sombra cuando encendamos la linterna. Una vez los niños y niñas hayan hecho sus predicciones pediremos que enciendan la linterna y comprueben si la sombra real se corresponde (o no) con la predicción que han hecho. Seguramente la sombra que han dibujado no coincidirá con la sombra real del objeto.

Volueremos a apagar la linterna y pediremos cómo se imaginan la trayectoria de luz desde que sale de la lin-

terna hasta que llega al objeto, o si pasa por los laterales. Les propondremos que representen la luz que sale de la linterna con cordeles tensados y rectos. Para ello, con la cinta adhesiva fijaremos varios cordeles que salgan de la linterna hasta el papel. La experiencia nos enseña que lo mejor es que los cordeles salgan todos de una misma parte del contorno de la linterna, por ejemplo, de la parte de arriba. El otro extremo del cordel lo engancharemos sobre el papel de embalar, o bien sobre el objeto, según sea su recorrido, teniendo en cuenta que tiene que recorrer una línea bien recta (figura 1).

Comentaremos que cada cordel representa un rayo de luz. De todos los rayos de luz que salen de la linterna nos interesan especialmente los que pasan en línea recta y tangencialmente por el perfil del objeto, porque estos son los rayos que delimitarán el contorno de la sombra. Se debe procurar que, al fijar estos hilos, no se doblen por su contacto con el objeto. Recordaremos que tienen que representar siempre un rayo de luz, por lo tanto, tienen que ir siempre en línea recta.

Una vez situados bastantes cordeles, con un rotulador pediremos al alumnado que dibujen, encima del papel, el perfil de la sombra que definen. Una vez hecho eso, pediremos que enciendan la linterna y comprueben que ahora la aproximación a la forma de la sombra es mucho mejor.

Empezaremos una conversación que debe servir para darse cuenta de que la sombra es la falta de luz, que se produce cuando la luz encuentra un objeto opaco en su recorrido, y que el hecho de saber que los rayos de luz siempre se propagan en línea recta nos permite anticipar o predecir dónde se formarán las sombras y qué forma y tamaño tendrán. Para ello, podemos ampliar la experiencia y las predicciones situando el objeto más cerca

o más lejos de la fuente de luz y observando que el tamaño de la sombra resultante depende de esta distancia.

Concluiremos esta secuencia de actividades retomando los dibujos individuales y grupales que los niños y niñas hicieron en la primera actividad. Indicaremos a los niños y niñas que usen lo que han aprendido para modificar, si lo consideran oportuno, sus dibujos iniciales (anexos 1, 2 y 3).

Una vez hayan hecho las modificaciones, iniciaremos una puesta en común con el objetivo de que los alumnos tomen conciencia de lo que han aprendido, y revisaremos sus ideas iniciales. Por lo tanto, en este momento, será importante que subrayemos la necesidad de comparar lo que pensábamos antes con lo que ahora sabemos y pensamos, y sobre todo que justifiquen los cambios a partir de las evidencias y los conocimientos adquiridos en las actividades llevadas a cabo.

En relación con la actividad del anexo 1, los rayos de luz de la vela tendrían que salir de la llama hacia todas direcciones pero en línea recta. En el caso del láser, que tiene un foco de luz más pequeño, tendría que salir un solo hilo de luz, también en línea recta. En este caso, podemos hacer referencia a las ideas trabajadas en las actividades 2 y 3, sobre el hecho de que la luz siempre se propaga en línea recta. En el caso de los anexos 2 y 3, en los que había que dibujar las sombras, los niños y niñas deberán tener en cuenta que, en la situación en que hay dos farolas, la persona tendrá dos sombras y una de ellas será más larga que la otra. En la revisión que hacemos entre todos, les ayudaremos a ver que si dibujan líneas rectas representando los rayos de luz que salen de las fuentes de luz y que pasan tangencialmente por los objetos, podemos dibujar mucho mejor su sombra, tal como hemos hecho en la parte experimental al inicio de esta actividad.

Cuando el problema es comprender qué es el sonido y cómo se comporta

Habitualmente los contenidos relacionados con el sonido no se abordan de una manera demasiado efectiva en la educación primaria, lo cual dificulta la construcción de unas primeras nociones científicas sobre qué es el sonido, cómo se produce y cómo se propaga.

Tal como hemos comentado en el apartado anterior, si bien muchos currículums y libros de texto proponen trabajar conjuntamente sonido y luz, consideramos que no es conveniente mezclar estos dos contenidos, porque se trata de dos fenómenos de naturaleza absolutamente diferente que responden a leyes diferentes. Así, el sonido es un fenómeno mecánico, que podemos concebir como el resultado de las vibraciones de las partículas que, empujando a las partículas vecinas, se transmiten a través de estas, mientras que la luz es un fenómeno electromagnético —y, por lo tanto, no responde a ninguna descripción mecánica— que, a diferencia del sonido, no necesita de ningún medio material para su propagación. Así pues, una idea importante es que el sonido requiere de algún medio material —sólido, líquido o gas— para producirse y propagarse, y, por lo tanto, no se puede propagar en el vacío.

Aunque el sonido se propaga como una onda, no parece adecuado que en la educación primaria insistamos mucho en este hecho. Por el contrario, sí que es importante insistir en aquello que produce un sonido, la vibración de la materia, y en que dado que esta vibración se puede transmitir de unas partículas a otras, el sonido se puede propagar en todas direcciones desde un emisor. Utilizando el modelo de partículas que podemos introducir en los últimos cursos de primaria (Amat, Martí y Grau, 2017) proporcionaremos al alumnado un modelo mecánico sobre el que pueden empezar a razonar y que, de momento, será suficiente para explicar las características básicas del sonido. En cursos supe-

riores, ya en la ESO, el alumnado puede ir completando este modelo con la introducción de modelos ondulatorios del sonido.

Así pues, nuestra propuesta didáctica para la educación primaria es, en primer lugar, desvincular totalmente el estudio de la luz del estudio del sonido y, en segundo lugar, hablar del sonido como vibración de las partículas que forman el medio. Esta descripción mecánica remite a la esencia de la naturaleza del sonido y, en cuanto que es una idea mecánica, es mucho más adecuada que vincular el sonido a la idea demasiado abstracta de energía.

Las ideas de los niños y las niñas sobre el sonido

Como también pasa en otros fenómenos físicos, una de las ideas intuitivas sobre el sonido más frecuentes entre el alumnado es la de asignarle una especie de realidad material, es decir, de considerar el sonido como “una cosa” material que se desplaza por el espacio. Esta sustanciación del sonido es lo que explica que la mayoría de niños y niñas respondan a la pregunta “¿por qué oímos el ruido del patio si tenemos todas las ventanas cerradas y hay una pared en medio?” con la respuesta “el ruido pasa por los agujeritos de la pared” o “el ruido pasa por las rendijas de las ventanas”. Curiosamente algunos estudios han demostrado que, en realidad, los niños y niñas tienen claro que el sonido no es algo físico, de modo que lo que seguramente está pasando es que piensan en el sonido “como si fuera una cosa” que se comporta como se comportan las cosas —los objetos físicos—, a pesar de saber que no es un objeto físico (Mazens y Lautrey, 2003).

Esta visión ingenua del sonido “como si fuera una cosa”, y no como una vibración de la materia, conduce a los

niños y niñas a explicaciones alejadas de las explicaciones científicas, tal como muestran los ejemplos que a continuación describiremos.

Por ejemplo, los niños y niñas a menudo piensan que el sonido se propaga por el aire a través de sus moléculas, como algo diferente del propio aire, y no como la vibración de las partículas de los gases que conforman el aire. También puede ser que piensen que en un medio muy denso, como puede ser un trozo de hierro, el sonido tendrá mucha dificultad para transmitirse, porque chocará con las partículas del material; y, al contrario, piensan que el sonido se propagará mejor en el vacío porque en el vacío no hay ningún obstáculo que impida su movimiento.

También puede ser que piensen que si gritamos, el sonido es más fuerte, y eso hace que se propague más rápidamente, estableciendo, con este razonamiento, una clara analogía con la presión que ejercemos sobre los objetos para hacer que se muevan. También en relación con la intensidad del sonido, muchos niños y niñas atribuyen la calidad de “fuerte” o “débil” a los sonidos, como algo inherente al propio sonido, de modo que consideran que hay sonidos que son siempre fuertes y otros que son siempre flojos, y que ser más fuerte o más flojo les permite llegar más o menos lejos, más o menos rápido.

Tal como hemos dicho antes, es muy habitual que los niños y niñas piensen que al chocar con un objeto sólido el sonido no puede pasar, a menos que encuentre agujeros o aperturas de algún tipo. Aunque a menudo no lleguen a ver ni agujeros ni aperturas, se mantienen firmes en la idea de que están ahí y, seguramente, son tan pequeños que no los podemos llegar a ver (pero están ahí).

Así pues, el obstáculo más grande al que nos enfrentaremos en la educación primaria para comprender el sonido es saber cómo favorecer el cambio conceptual desde una idea intuitiva de sonido como “cosa” a una idea más científica de sonido como “vibración de un medio material”, y eso lo conseguiremos mejor si problematizamos las ideas intuitivas de los niños y niñas, si introducimos alternativas y si les proponemos investigar para obtener evidencias empíricas que permitan poner a prueba el poder explicativo de unas y otras ideas.

Ideas que hay que trabajar sobre el sonido

En el estudio sobre el sonido y las formas en que este se transmite que se plantea en el conjunto de actividades del itinerario de investigación que se presenta a continuación, se pretende ayudar a los niños y niñas a construir las siguientes ideas clave:

Idea 1. El sonido se produce por un objeto que vibra.

Idea 2. Las vibraciones del material se transmiten en las zonas vecinas, y así es como el sonido se propaga.

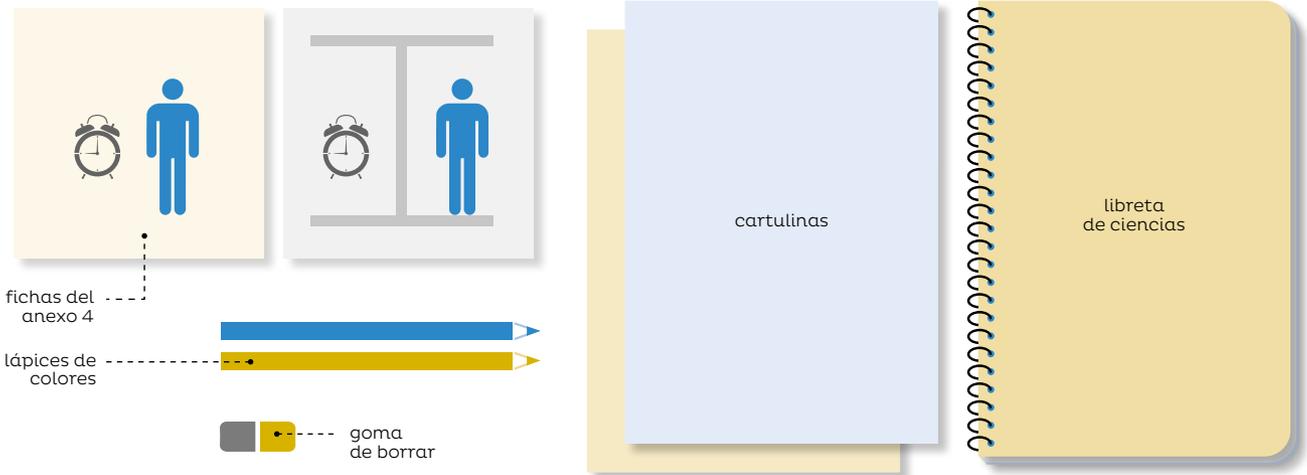
Idea 3. Si no hay medio material que pueda vibrar, no habrá sonido.

Idea 4. En algunos medios (los sólidos) el sonido se transmite mejor que en otros (los líquidos o los gases).

	Actividad 1. Exploramos las ideas de los niños y las niñas sobre el sonido	Actividad 2. Cosas que hacen ruido	Actividad 3. El sonido se transmite a través de la materia	Actividad 4. Voluamos al principio
Idea 1. El sonido se produce por un objeto que vibra				
Idea 2. Las vibraciones del material se transmiten en las zonas vecinas, y así es como el sonido se propaga				
Idea 3. Si no hay medio material que pueda vibrar, no habrá sonido				
Idea 4. En algunos medios (los sólidos) el sonido se transmite mejor que en otros (los líquidos o los gases)				

Actividad 1

EXPLORAMOS LAS IDEAS DE LOS NIÑOS Y LAS NIÑAS SOBRE EL SONIDO



Material para un grupo de cuatro

4 fotocopias (anexo 4, una para cada miembro del grupo), folios o libreta de ciencias, lápices de colores, goma de borrar, cartulinas blancas o pizarras pequeñas.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. El sonido se produce por un objeto que vibra.

Idea 2. Las vibraciones del material se transmiten en las zonas vecinas, y así es como el sonido se propaga.

Idea 4. En algunos medios (los sólidos) el sonido se transmite mejor que otros (los líquidos o los gases).

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

En esta actividad inicial queremos explorar qué ideas tienen cada uno de los niños y niñas de nuestro grupo.

Repartiremos una fotocopia con las ilustraciones del anexo 4. Colocaremos las ilustraciones una encima de la otra, o, aun mejor, una en cada cara de un folio de papel, de modo que se vea bien claro que se trata de

dos situaciones diferentes, y pondremos los títulos “Situación 1” y “Situación 2”. En la ilustración que corresponde a la situación 1 se ve un objeto que hace ruido, por ejemplo, un despertador, y una persona situada cerca de este. En la ilustración que corresponde a la situación 2 se ven dos habitaciones cerradas con una pared común en medio. En una de las habitaciones está el despertador y, en la otra, una persona que escucha.

Una vez repartidas las ilustraciones plantearemos a los niños y niñas que, para cada situación, dibujen y expliquen cómo creen que el sonido sale del despertador, si llega o no a la persona que escucha, y cómo lo hace para llegar. Dejaremos unos minutos para que cada alumno o alumna pueda hacer su dibujo y dar su explicación, y cuando todo el mundo lo haya hecho, pediremos que se coloquen en grupo y debatan sobre sus dibujos y explicaciones. Podemos utilizar la dinámica 1-2-4 (o 1-4) como estructura cooperativa para facilitar que todos los miembros aporten las ideas en su pequeño grupo. En este momento, observaremos cómo los niños y niñas desarrollan la actividad pero sin introducir ninguna idea científica, porque lo que perseguimos es explorar qué ideas y razonamientos usan los niños y niñas para explicar las situaciones. Por eso, también es muy importante que circulemos por todos los grupos y escuchemos bien las conversaciones que tienen, para después poder moderar mejor la puesta en común. Como producto final de este debate en pequeño grupo, pediremos a cada grupo que registre sus dibujos y explicaciones en una cartulina grande o en una pizarra pequeña, para poder mostrarlos a los compañeros y compañeras de los otros grupos.

Cuando los diferentes grupos hayan acabado, iniciaremos una puesta en común con el objetivo de recoger las diversas explicaciones (hipótesis) que los niños

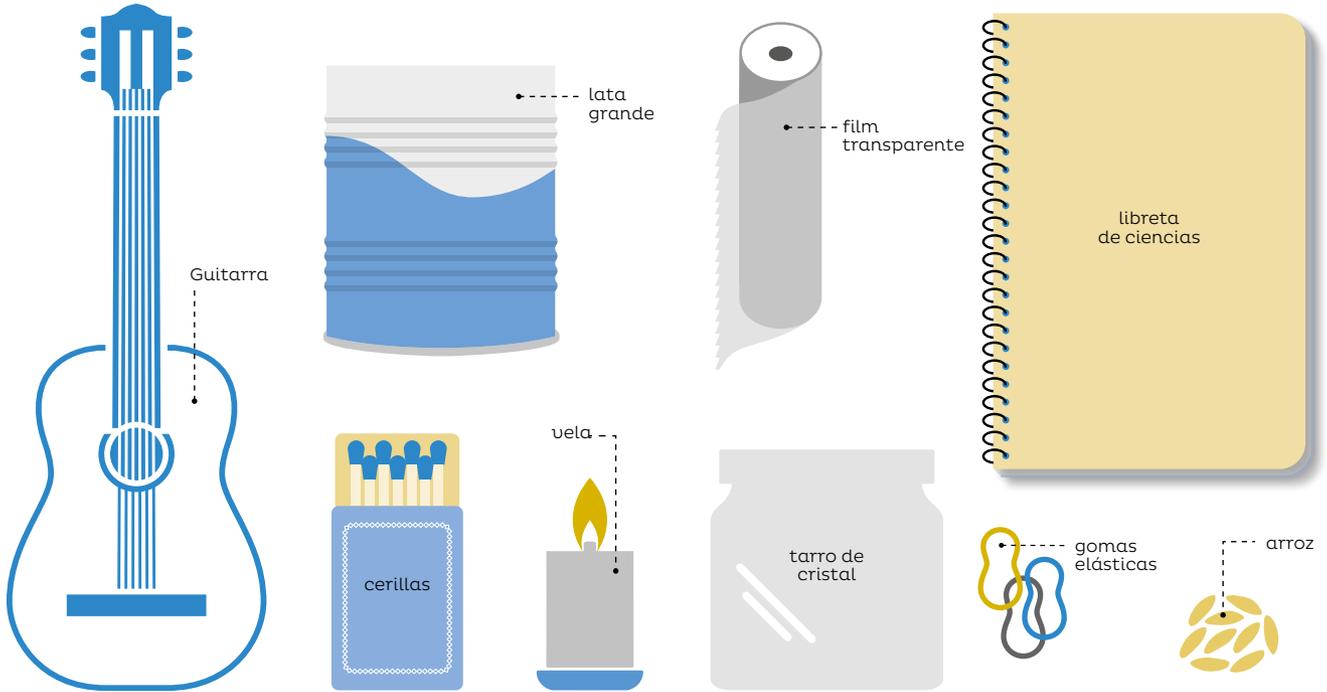
y niñas propongan. Favoreceremos el intercambio de ideas entre los diferentes grupos y acogeremos todas las ideas que aporten, ayudando a aclararlas en caso de que consideremos que no son lo suficientemente claras para que los compañeros y compañeras las entiendan. Evitaremos evaluar ninguna idea y no introduciremos ningún término científico que no hayan utilizado los niños y niñas en sus exposiciones. Más adelante, cuando los términos tengan más significado para todo el mundo, ya iremos introduciendo el vocabulario más preciso.

Esta actividad nos servirá para analizar qué idea mayoritaria de sonido tienen los niños y niñas. Probablemente aparezca la idea de sonido “como cosa” como una idea muy extendida entre los niños y niñas para explicar la situación 2, que detectaremos porque harán aparecer en sus explicaciones la presencia de agujeros o rendijas por donde pasa el sonido de una habitación a la otra. Puede ser que algunos niños y niñas usen términos como “onda” u “onda sonora”. En estos casos, será importante que el profesor o profesora les pregunte qué son estas entidades, cómo se las imaginan, para así determinar si son términos cuyo significado conocen bien o si simplemente los utilizan porque los han oído otras veces en situaciones relacionadas con fenómenos sonoros. También vale la pena fijarse en si cuando representan el sonido consideran que el sonido se propaga en todas direcciones o solo va directamente del emisor al receptor.

Finalizaremos la actividad cuando acabemos la puesta en común, recordando que todas las ideas nos pueden ser útiles para comprender el sonido, y que las investigaciones que haremos a partir de este momento servirán para aportarnos evidencias y reflexiones que nos permitan decidir cuáles de las ideas expuestas al inicio son más útiles para explicar los fenómenos observados.

Actividad 2

COSAS QUE HACEN RUIDO



Material para un grupo de cuatro personas

Un tambor o pandereta (o lata grande sin tapa), arroz (o sal o azúcar), gomas elásticas, guitarra o instrumento similar, un tarro de cristal vacío, film transparente, una vela, cerillas, folios o libreta de ciencias.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. El sonido se produce por un objeto que vibra.

Idea 2. Las vibraciones del material se transmiten en las zonas vecinas, y así es como el sonido se propaga.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Esta actividad nos servirá para investigar cómo se genera el sonido, observando varias situaciones en que podemos vincular claramente la producción de un sonido al hecho de que un objeto vibre, ya sea dándole un golpe, rascándolo, pinzándolo, etcétera.

Daremos una pandereta (o un tambor, o una lata grande) a cada grupo de niños. También les daremos un tarro de cristal vacío, un trozo de film transparente y un puñado de arroz (o sal o azúcar). Indicaremos que recor-

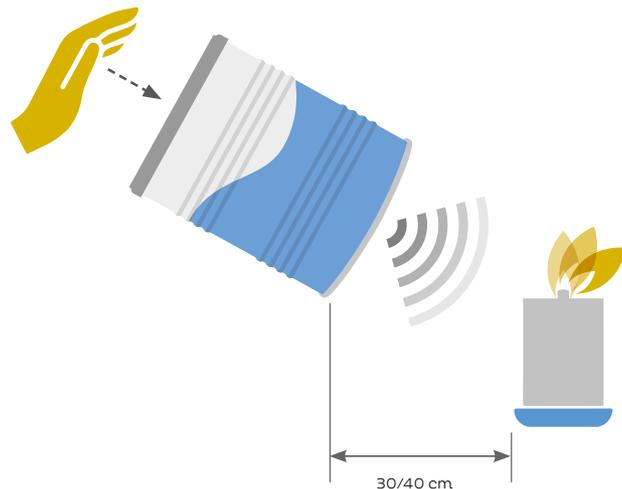
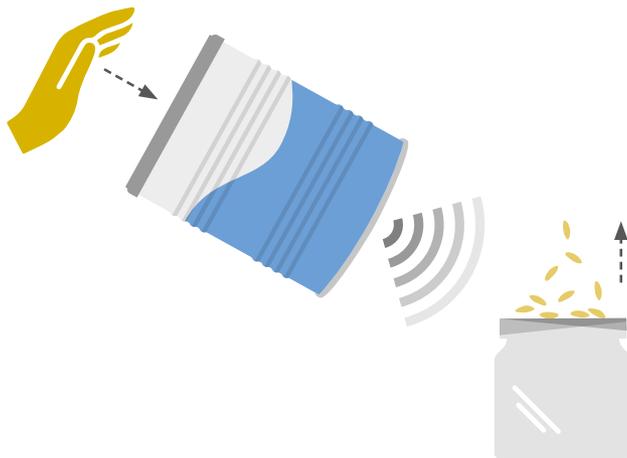


Figura 2. Experiencia del arroz que salta y de la llama que se mueve

ten un trozo de film transparente y que lo coloquen bien tenso en la boca del tarro de cristal, y que, a continuación, pongan un poco de arroz (o sal o azúcar) encima del film. Una vez tengan este montaje hecho (figura 2), pediremos que golpeen la pandereta (o tambor, o lata grande), desde una distancia aproximada de unos 30 cm o 40 cm, dirigiendo el sonido hacia el tarro, y que observen qué pasa con el arroz, respondiendo a la pregunta: “¿Qué hace el arroz cuando golpeamos la pandereta?”. Los niños y niñas tendrían que observar que el arroz se mueve (salta) cada vez que golpeamos la pandereta.

Una observación similar a la anterior se puede hacer usando de nuevo la pandereta y una vela. En este caso daremos a los niños y niñas una vela encendida y les pediremos que con mucho cuidado la coloquen sobre la mesa (figura 2). Después pediremos que golpeen la pandereta en dirección a la llama de la vela a una distancia de unos 30 cm o 40 cm, y que observen qué pasa con la llama de la vela, respondiendo a la pregunta: “¿Qué hace la llama de la vela cuando golpeamos la pandereta?”. Los niños y niñas tendrían que observar que la llama de la vela se mueve en el mismo sentido del golpe que hemos dado.

Pediremos a los niños y niñas que en grupos registren detalladamente ambas observaciones, y que las acom-

pañen de dibujos que las ilustren. Subrayaremos que de momento no hace falta que las interpreten.

A continuación, pediremos que se pongan en parejas y que uno de los dos miembros de la pareja sostenga una goma elástica entre los dedos pulgares e índice de las dos manos. Una vez colocada la goma elástica pediremos al otro miembro de la pareja que la estire pinzándola, y que registren en su libreta de ciencias qué hace la goma, y si oyen que se ha producido algún sonido. Después podemos suministrar una guitarra, o cualquier otro instrumento de cuerda, y pedir que coloquen pequeños trozos de papel en forma de “V” invertida encima de las cuerdas. Una vez colocados los papeles pediremos que pinchen las cuerdas y que observen y registren qué pasa con los papeles.

En la primera observación, los niños y niñas tendrían que observar que cuando pinzamos la goma elástica se produce un sonido, que la goma elástica vibra y que el sonido dura mientras la goma elástica esté vibrando. En el segundo caso tendrían que observar que los papeletos saltan porque la cuerda del instrumento vibra, que la vibración produce un sonido y que el sonido persiste hasta que la cuerda deja de vibrar.

Una vez hechas todas estas observaciones, será el momento de pedir a los niños y niñas que las interpreten. Podrán ver que hasta ahora hemos observado qué pasa

cuando hacemos ciertas acciones y que ahora lo que queremos es intentar explicar por qué pasa lo que pasa. Dejaremos un rato a los niños y niñas para que piensen sobre las siguientes preguntas: “¿Por qué la goma elástica produce un sonido?; ¿por qué la cuerda de guitarra produce un sonido?; ¿qué tienen en común estas dos observaciones?”. Pasados unos minutos empezaremos una conversación con todo el grupo para ver cómo podemos responder de la mejor manera a las preguntas anteriores. Para acompañar la conversación nos ayudaremos de preguntas como las siguientes: “¿Qué relación hay entre la producción del sonido y la cuerda de la guitarra?; ¿qué relación hay entre la producción del sonido y la goma elástica?; ¿qué tiene que hacer la goma o la cuerda para conseguir que se produzca un sonido?; ¿cuándo para el sonido?”. El producto final de esta conversación tendría que ser que el sonido se produce cuando la cuerda vibra, y que cuando la cuerda se detiene el sonido también se detiene. Constatar esta relación nos permitirá afirmar que el sonido se produce cuando un material vibra. Esta relación entre sonido y vibración tenemos que procurar utilizarla continuamente a partir de ahora.

Llegados a este punto, recordaremos las dos primeras observaciones (la del tarro con arroz y la de la vela) y les pediremos que intenten dar respuesta a las siguientes preguntas: “¿Por qué el arroz salta cuando golpeamos la pandereta?; ¿por qué la vela se mueve cuando golpeamos la pandereta?”. Dividiremos los grupos en dos mitades y encargaremos a los grupos de cada mitad que respondan a la primera pregunta, y a los grupos de la segunda mitad que respondan a la segunda pregunta. Les pediremos que acompañen su explicación con un dibujo hecho en una cartulina o en una pizarra pequeña. También les diremos que en su explicación tiene que aparecer la idea que acabamos

de construir: el sonido se produce por la vibración de un material.

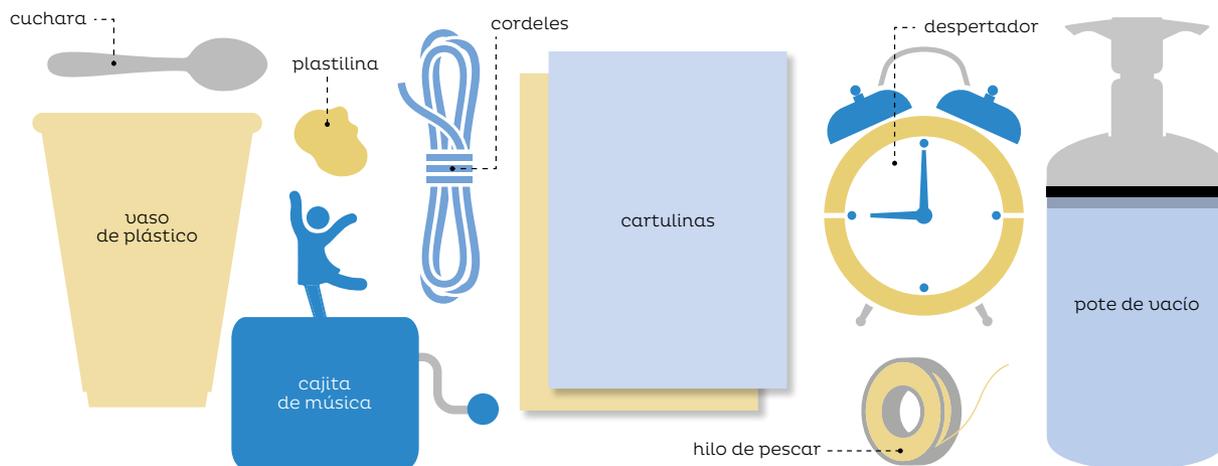
Pasados unos minutos iniciaremos una puesta en común, para que los niños y niñas expresen sus ideas y muestren sus dibujos. El profesor o profesora puede animar la conversación con preguntas como: “¿Qué hace mover al arroz? (la vibración del film transparente); ¿por qué se mueve el film? (porque el aire de su alrededor está vibrando); cuando golpeamos la pandereta, ¿qué provocamos? (que la piel de la pandereta vibre y se produzca un sonido, pero también que vibre el aire más próximo a la pandereta), ¿la vibración del aire provocada por la vibración de la pandereta puede llegar al film transparente? (sí que llega, y además hace que se mueva)”. Entre paréntesis hemos dado las respuestas que el profesor o profesora tiene que conocer y tener en cuenta para gestionar la conversación. El objetivo no es que las responda, pero debe conocerlas por si tiene que formular de nuevo las preguntas o modificarlas, y así ir encadenando una serie de relaciones causa-efecto que expliquen los fenómenos observados.

Haremos algo similar en el caso de la pandereta y la vela, y, además, en este caso, podemos ayudar a los niños y niñas a identificar las semejanzas con la situación anterior, porque ahora hacemos vibrar la pandereta cuando la golpeamos, la vibración de la pandereta hace vibrar el aire más próximo, el aire más próximo hace vibrar el aire circundante, hasta que el más próximo a la vela hace mover la llama.

Con esta actividad habremos ayudado a construir la idea de que el sonido se produce por la vibración de la materia y que esta vibración se puede transmitir de un punto a otro. En la próxima actividad propondremos nuevas observaciones para consolidar esta segunda idea.

Actividad 3

EL SONIDO SE TRANSMITE A TRAVÉS DE LA MATERIA



Material para un grupo de cuatro personas

Una mesa larga (o una madera larga), una cajita de música, cordel, cucharas metálicas medianas, vasos de plástico o cartón para hacer teléfonos de hilo, 2 m de hilo de pescar para cada teléfono, cartulinas grandes o pizarras pequeñas.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. El sonido se produce por un objeto que vibra.

Idea 2. Las vibraciones del material se transmiten en las zonas vecinas, y así es como el sonido se propaga.

Idea 3. Si no hay medio material que pueda vibrar, no habrá sonido.

Idea 4. En algunos medios (los sólidos) el sonido se transmite mejor que otros (los líquidos o los gases).

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Con esta actividad profundizaremos en la transmisión del sonido y servirá para consolidar las ideas clave 2, 3 y 4.

Organizaremos el aula en cuatro estaciones de observación por las que irán pasando los diferentes grupos de alumnos. En un papel escribiremos las consignas de lo que tienen que hacer en cada estación, para que cuando el grupo llegue tenga bien clara la información que debe recoger. Antes de empezar la actividad comentaremos que las observaciones que hacemos en las diferentes estaciones nos servirán para comprender más a fondo los mecanismos de transmisión del sonido.

Estación 1

En la primera estación, encontrarán una mesa larga o una madera larga (no nos servirán dos mesas juntas), y la consigna será:

- Rascad sobre la mesa con los dedos y escuchad el sonido que se produce y que os llega a los oídos.
- Repetid lo mismo pero ahora haciendo que uno de los niños o niñas que no rascan la mesa ponga el oído pegado a la mesa.
- Procurad que todos los miembros del grupo hayan podido escuchar los sonidos en las dos circunstancias.
- Anotad en vuestra libreta de ciencias la respuesta a la siguiente pregunta: “¿Hay alguna diferencia en la calidad del sonido cuando escuchabais de pie con respecto a cuando escuchabais con la oreja pegada a la mesa?”.

También se pueden ampliar estas observaciones haciendo que los niños y niñas las repitan con otros objetos sólidos y rígidos como los pasamanos de la escalera, una pared del aula, la puerta de la clase, etcétera. Si se dispone del material adecuado, también se puede pedir que comparen las observaciones hechas con los sólidos rígidos, con otros sólidos no tan rígidos, como una placa de poliestireno expandido, plastilina, un colchón, unas cortinas, etcétera.

El resultado que queremos que detecten es que oímos mucho mejor el sonido cuando este se transmite por un sólido rígido que cuando se transmite por el aire o por un sólido que no es tan rígido.

Estación 2

En la segunda estación pediremos que escuchen el sonido de una cajita de música que aguantan con la mano, y después les pediremos que escuchen el sonido de la misma cajita de música pero ahora colocándola

firmemente encima de una mesa. Las consignas que podemos dejar en la estación podrían ser las siguientes:

- Haced sonar una cajita de música aguantándola en el aire con la mano de modo que no tenga ningún tipo de caja de resonancia.
- A continuación, haced sonar la cajita de música, pero ponedla encima de la mesa de modo que esté bien apoyada en su superficie.
- Anotad en vuestra libreta de ciencias la respuesta a la siguiente pregunta: “¿Hay alguna diferencia en la calidad del sonido cuando teníamos la cajita de música en la mano con respecto a cuando la teníamos sobre la mesa?”.

Como variaciones de la misma actividad, podemos pedir a los niños y niñas que hagan pruebas colocando la cajita de música sobre diferentes objetos: un libro, pegado a una pared o una puerta, la caja de una guitarra, una lata, pegada al cristal de la ventana, etcétera.

El resultado que queremos que detecten es que oímos mucho mejor el sonido cuando la cajita de música está encima de una superficie que actúa como caja de resonancia (aunque dependerá de los tipos de superficie) que cuando la tenemos sostenida en el aire con la mano.

Estación 3

En la tercera estación encontrarán unas cucharas, a las que hemos atado un hilo de modo que la cuchara cuelgue del centro del cordel y los dos extremos queden libres por ambos lados (figura 3). También les dejaremos unos teléfonos hechos con hilo de pescar (unos 2 m, como mínimo) y vasos de cartón o de plástico.

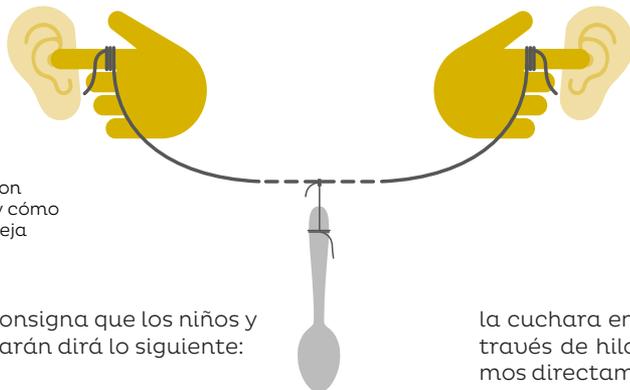


Figura 3. Cucharas con los cordeles atados y cómo colocárselas en la oreja

En este caso la consigna que los niños y niñas se encontrarán dirá lo siguiente:

- Enrollaos los extremos de los hilos a los dedos índices de cada mano (figura 3).
- Picad con la cuchara en la esquina de una mesa o de una silla.
- Con el hilo aún enrollado en los dedos, meteos un dedo en cada oreja, haciendo que la cuchara cuelgue a la altura de vuestra barriga.
- Manteniendo la posición anterior, picad con la cuchara en una mesa, de modo que dé un golpe seco.
- Anotad en vuestra libreta de ciencias la respuesta a la siguiente pregunta: “¿Hay alguna diferencia en la calidad del sonido cuando hemos escuchado el golpe de la cuchara directamente con respecto a cuando lo hemos escuchado con los dedos en las orejas?”.
- Ahora, en parejas, coged los vasos de los teléfonos de hilo y mientras una persona habla con un vaso en la boca la otra escucha con el vaso del otro extremo del teléfono en la oreja. Procurad mantener el hilo bien tenso cuando habláis, pero también probad cómo se oye manteniendo el hilo destensado.
- Anotad en vuestra libreta de ciencias la respuesta a la siguiente pregunta: “¿Hay alguna diferencia en la calidad del sonido cuando usamos los teléfonos con el hilo bien tensado respecto de cuando los usamos con el hilo destensado?”.

El resultado que queremos que detecten es que oyen mucho mejor el sonido que provoca el golpe seco de

la cuchara en la mesa cuando el sonido se transmite a través de hilo hasta nuestras orejas que cuando lo oímos directamente a través del aire. Igualmente esperamos que los niños y niñas digan que con los teléfonos oyen mejor al compañero cuando el hilo está bien tensado que cuando el hilo está destensado. Como curiosidad, podéis pedir que crucen los hilos de dos teléfonos: ¡se puede tener una conversación a cuatro!

Estación 4

En la cuarta estación encontrarán un tarro de cocina para hacer el vacío al que habremos colocado un objeto que haga un ruido no demasiado intenso, por ejemplo, un reloj que haga tic tac, o bien una música a volumen bajo. Procurad que este objeto no toque las paredes del tarro y que tampoco toque directamente el fondo del tarro, poniéndolo encima de un trozo de un material blando: una esponja, poliestireno expandido, plastilina, etcétera. En este caso las consignas que los niños y niñas se encontrarán dirán lo siguiente:

- Escuchad el sonido que hace el objeto que hay dentro del tarro de vacío sin colocar la tapa del tarro.
- Tapad el tarro y escuchad el sonido que hace el objeto, apreciando si la intensidad de sonido que percibís es la misma que antes.
- Con el fuelle del tarro de vacío, sacad tanto aire como podáis de dentro del tarro, y una vez ya no podáis más, escuchad la intensidad del sonido del objeto que hay dentro.
- Anotad en vuestra libreta de ciencias la respuesta a la siguiente pregunta: “¿Hay alguna diferencia en la calidad del sonido cuando escuchamos el ruido de

[objeto] sin hacer el vacío respecto de cuando hemos hecho el vacío dentro del tarro?”.

El resultado que queremos que detecten es que oímos mejor el sonido cuando no hemos hecho el vacío en el tarro, mientras que no oímos casi nada cuando hemos sacado el aire de dentro del tarro. Hay que recordar a los niños y niñas que cuando soplamos el tarro de vacío, lo que hacemos es sacar aire y no ponerlo, al contrario de lo que pasa cuando utilizamos un fuelle de bicicleta.

Una vez todos los niños y niñas hayan pasado por las diferentes estaciones, habrá que interpretar los resultados observados, porque en las actividades de las diferentes estaciones hemos observado qué pasaba con el sonido en diferentes circunstancias, pero no nos hemos planteado por qué pasaba lo que pasaba. Ahora es el momento de hacerlo.

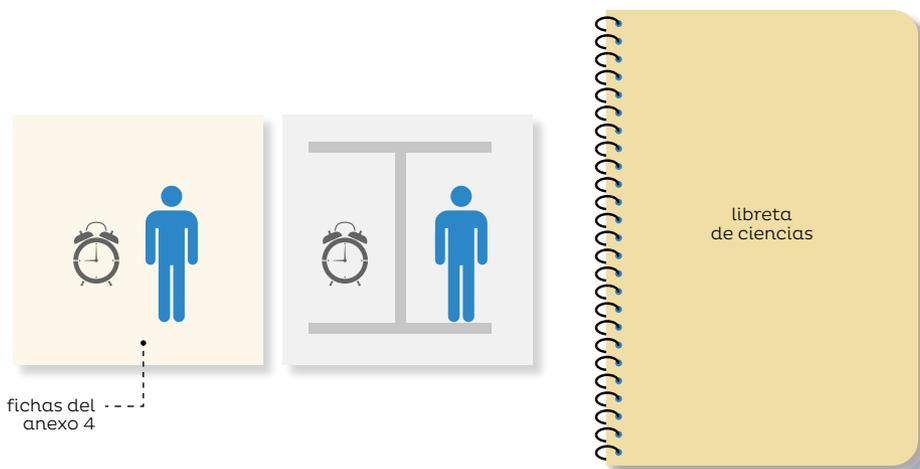
Primero pediremos a los niños y niñas que en pequeños grupos intenten dar respuesta a las siguientes preguntas: “¿Por qué oímos mejor el sonido cuando rascamos en la mesa si ponemos la oreja sobre esta?. (estación 1); ¿por qué oímos mejor la música de la cajita de música cuando la apoyamos encima de una superficie sólida? (estación 2); ¿por qué oímos mejor el sonido cuando nos ponemos los dedos en las orejas?; ¿por qué oímos mejor al compañero o compañera que habla cuando el hilo del teléfono está tensado? (estación 3); ¿por qué cuando sacamos el aire del tarro de vacío no oímos casi nada? (estación 4)”. Indicaremos a los grupos que acompañen su explicación de un dibujo, en una cartulina o en una pizarra pequeña. También les indicaremos que en su explicación tiene que aparecer la idea ya conocida de que el sonido se produce por la vibración de un material.

Pasados unos minutos, iniciaremos una puesta en común, en la que los niños y niñas expresarán sus ideas y mostrarán sus dibujos. El profesor o profesora puede animar la conversación con preguntas como las siguientes: “¿Por dónde se transmite el sonido cuando rascamos la mesa y ponemos la oreja sobre esta?, ¿y cuando ponemos los dedos en las orejas?, ¿y cuando la cajita de música está encima de la mesa?, ¿y cuando tenemos el hilo tensado?”. Al final de la conversación los niños y niñas tendrían que poder constatar que en todos los casos se trata de sólidos, más o menos rígidos, y que el sonido se puede transmitir en estos tipos de sólidos porque al ser tan rígidos, cuando una parte se mueve, el movimiento se transmite muy rápido a las partes del lado de este primer punto, y así sucesivamente. Eso tiene que permitir tomar conciencia de que, aunque estamos muy acostumbrados a oír los sonidos a través del aire, en realidad el sonido (las vibraciones sonoras) se transmite mejor a través de los sólidos rígidos que del aire, y las observaciones que los niños y niñas habrán hecho en las diferentes estaciones serán evidencias claras a favor de esta idea. Esta misma reflexión nos servirá para explicar la observación de la estación 4, porque cuando sacamos el aire (o buena parte del aire) de dentro del tarro de vacío, el sonido no se puede transmitir (o no tan bien), porque no hay materia (o muy poca) que pueda vibrar.

En caso de que los niños y niñas con quienes hacemos la propuesta hayan trabajado anteriormente el modelo de partículas (podéis ver cómo hacerlo en Amat, Grau y Martí, 2017), será interesante que utilicen el modelo de partículas en los sólidos (partículas muy juntas y fuertemente unidas) y lo comparen con el modelo de partículas en los gases (partículas muy separadas las unas de las otras, sin ataduras entre ellas), para ver que en un sólido las partículas vibrarán de una manera mucho más solidaria que en los gases.

Actividad 4

VOLVAMOS AL PRINCIPIO



Material para un grupo de cuatro personas

Folios o libreta de ciencias, fichas de la actividad 1 con las respuestas iniciales.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. El sonido se produce por un objeto que vibra.

Idea 2. Las vibraciones del material se transmiten en las zonas vecinas, y así es como el sonido se propaga.

Idea 3. Si no hay medio material que pueda vibrar, no habrá sonido.

Idea 4. En algunos medios (los sólidos) el sonido se transmite mejor que otros (los líquidos o los gases).

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Para finalizar este breve itinerario de investigación propondremos a los alumnos sintetizar toda la información adquirida durante las investigaciones y volver a responder las preguntas que nos habíamos formulado al inicio.

Para ello, les propondremos que en grupos elaboren listas en su libreta de ciencias. Por una parte, pediremos que hagan una lista con todos los hechos empíricos obtenidos, para lo que les explicaremos que los hechos empíricos son lo que hemos podido observar en los momentos de experimentación. Indicaremos que no hay que explicar todo lo que han hecho para obtener los hechos, sino que solo hay que escribir el hecho observado en una frase. También indicaremos que sí

a través de experiencias diferentes hemos llegado a establecer los mismos hechos empíricos, solo los anotaremos una vez. Por ejemplo, un hecho empírico que hemos establecido es que *el sonido se transmite mejor a través de sólidos rígidos que a través del aire*, a pesar de que este hecho empírico lo hemos llegado a constatar en muchos casos particulares. En la segunda lista les pediremos que escriban las ideas sobre el sonido que han descubierto a lo largo de la investigación, por ejemplo, que *el sonido se produce siempre que un objeto vibra, o que el sonido no se puede transmitir si no hay ningún medio material*.

Compartiremos las propuestas de listas que hagan los diferentes grupos y haremos una común para toda la clase, que los niños y niñas copiarán en su libreta de ciencias. A continuación, les repartiremos las respuestas individuales que habían dado a las preguntas de la actividad 1 y les pediremos que vuelvan a dar una respuesta, pero ahora a partir de todo lo que han aprendido en las actividades llevadas a cabo.

Seguramente la respuesta que nos interesa más evaluar es la que dan a la pregunta de por qué oímos el ruido del despertador en la situación 2, en la que el despertador está en una habitación y la persona que escucha en otra, porque en este caso tienen que movilizar muchos más hechos e ideas adquiridos durante el itinerario de investigación. Tenemos que constatar que los niños y niñas ya no explican esta situación por el hecho de que haya agujeros o rendijas por donde pasa el sonido, sino que lo explican porque el sonido se transmite por el aire desde el despertador, una vez llega a los cristales de la ventana o de la pared, la vibración se transmite por estos dos sólidos y, finalmente, se transmite por el aire de la otra habitación hasta llegar al oído de la persona que escucha.

Cuando el problema es explicar cómo se transfiere el calor

Nos ponemos guantes y bufanda porque “hace frío”; cuando cocinamos, vemos que la cuchara de madera no quema pero la olla de la sopa, sí; miramos el termómetro para saber si tenemos fiebre; el chocolate se nos deshace cuando lo cogemos con la mano caliente, etcétera. Nuestro día a día está lleno de fenómenos relacionados con la temperatura y el calor. Frío, calor, temperatura... conceptos tan cotidianos como difíciles de comprender.

Desde la perspectiva de la ciencia, el calor es un flujo de energía térmica que se transfiere de un cuerpo o sistema a más temperatura a un cuerpo o sistema que está a menos temperatura que el anterior. Por lo tanto, el calor no es ninguna propiedad de los cuerpos sino que es un flujo o transferencia de energía. Lo que sí es una propiedad de los cuerpos es su energía térmica, que podemos definir como “una forma de energía interna de un cuerpo que deriva del movimiento o agitación continua de las partículas que lo forman”. Finalmente, la temperatura es la medida de la media de la velocidad del movimiento de las partículas, y es una propiedad intensiva de un cuerpo, lo cual quiere decir que no depende de su masa.

Para ver más claramente la diferencia entre los conceptos científicos de calor, energía térmica y temperatura, podemos imaginar el siguiente caso: en un vaso tenemos 100 g de agua en 50 °C y en otro vaso tenemos 300 g de agua en 20 °C. Con estos datos podemos afirmar que en el primer vaso las partículas se mueven por término medio más rápidamente que en el segundo. También podemos afirmar que el segundo tiene más energía térmica que el primero, porque tiene más masa. Finalmente, también podemos estar seguros de que si los mezclamos, se producirá una transferencia de calor del primero al segundo, hasta que la temperatura final se equilibrará en torno a unos 27,5 °C.

Este significado científico de los términos *temperatura*, *calor* y *energía térmica* se confunden en el lenguaje cotidiano, porque habitualmente usamos el término *calor* para referirnos tanto a la energía térmica de un cuerpo como a una apreciación cualitativa de su temperatura, lo cual también conduce a que distingamos entre objetos “calientes” y “fríos”.

Si nos centramos en el calor, lo importante es comprender que siempre se transfiere desde un cuerpo (o una zona del cuerpo) a más temperatura a un cuerpo (o una zona del cuerpo) que está a menos temperatura. Así, por ejemplo, si calentamos el extremo de una barra de aluminio, lo que conseguimos es que aumente la temperatura, es decir, el movimiento relativo de las partículas en este punto. Este movimiento se va transfiriendo a las partículas de al lado de manera que si colocamos termómetros en diferentes puntos, observaremos que la temperatura en cada uno de los termómetros va aumentando poco a poco debido a la propagación del calor, primero en el termómetro más próximo al extremo que estamos calentando y después a todos los otros. Esta forma de transferir energía en forma de calor es el mecanismo que denominamos *conducción del calor*.

Si estudiamos cómo se produce la conducción del calor en diferentes materiales nos daremos cuenta de que no todos la conducen con la misma facilidad, y eso nos permite distinguir entre materiales conductores y materiales aislantes. Los materiales conductores son los que transfieren fácilmente el calor, mientras que los materiales aislantes, aunque también la transfieren y se calientan, lo hacen mucho más lentamente.

Debemos tener claro que esta transferencia de calor se producirá siempre que haya objetos a diferentes temperaturas, pero que la rapidez de la transferencia dependerá del tipo de materiales implicados; esto es muy im-

portante para comprender fenómenos tan cotidianos como el hecho de que una silla aumente de temperatura cuando hace un rato que estamos sentados en ella, que el aula esté más “caliente” cuando hace un rato que damos clase, que un cubito envuelto en tela no se funda tan rápidamente como uno que está a la intemperie sin envolver, que cuando tocamos un metal tengamos más sensación de frío que cuando tocamos una madera, a pesar de que los dos estén a la misma temperatura, o bien que las sartenes estén hechas de metal pero el mango para cogerlas sea de madera o de plástico.

Las ideas de los niños y las niñas sobre el calor

Desde bien pequeños, niños y niñas viven experiencias diversas con fenómenos de su entorno en que interviene el calor, y les dan sentido desde su conocimiento intuitivo, desde su experiencia personal y desde los significados y usos cotidianos de los términos *temperatura*, *calor*, *frío*, *caliente*, *calentar*, *enfriar*, etcétera. Todo ello hace que en la mayoría de casos, y sin distinción de edades, los niños y niñas consideren que la pata metálica de la mesa es más “fría” que la superficie de madera de la mesa, o bien que no es una buena idea envolver un cubito con un trapo, porque la tela caliente y provocará que el cubito se funda muy rápidamente.

La investigación sobre las ideas de los niños y niñas sobre el calor ha puesto de manifiesto una serie de retos que los profesores y las profesoras tenemos que tener presentes cuando investigamos sobre el calor en el aula (De Berg, 2008; Driver *et al.*, 1989; Driver *et al.*, 1999). Fruto de estas investigaciones sabemos que los niños y las niñas suelen pensar en el calor como una sustancia —como también hemos explicado que pasaba con el sonido— y que piensan en la temperatura como una propiedad característica de los materiales u objetos, de

modo que los metales son “fríos” y en cambio la tela es “caliente”, y que por eso la ropa es una fuente de calor: “la ropa caliente”. También suelen pensar que los materiales que se calientan rápido, los que serían conductores, tardarán más en enfriarse.

El hecho de sustanciar el calor provoca que “frío” y “calor” se consideren como dos cosas diferentes, y no como los extremos de un continuo. Esta distinción entre “frío” y “calor” hace que en el razonamiento de los niños y niñas sea posible que el frío se pueda transmitir de un objeto a otro, al igual que lo hace el calor. Así, por ejemplo, en la experiencia de los cubitos envueltos hay algunos niños y niñas que dicen que el cubito envuelto se mantendrá más rato porque el trapo de tela “no deja que el frío se vaya”.

En la educación primaria no hace falta que los niños y niñas conozcan la definición estricta de los conceptos que hemos introducido en el apartado anterior, pero sí tenemos que ayudarles a empezar a ver que términos como *calor*, *temperatura*, etcétera pueden tener otros significados, y podemos concebirlos de nuevas maneras. En una primera aproximación, podemos usar el término *calor* como equivalente a energía térmica (aunque, tal como hemos indicado anteriormente, no son sinónimos), porque es un significado más próximo al uso cotidiano del término. También es recomendable analizar y dar a conocer muchas situaciones de transferencia de calor entre objetos (o zonas de un mismo objeto) para ir incidiendo en la idea de calor como transferencia.

Como ya hemos comentado también en el caso del sonido, introducir el modelo de partículas como forma de concebir la estructura interna de la materia (Amat, Grau y Martí, 2017) ayuda mucho a los niños y niñas a distinguir de una manera más clara los conceptos de

calor, energía térmica y temperatura, y por eso consideramos indispensable que en el despliegue curricular de la escuela se tenga muy en cuenta la introducción de este modelo en los últimos cursos de la etapa.

Ideas que hay que trabajar sobre el calor

En el estudio sobre el calor y su transferencia que se plantea en el conjunto de actividades del itinerario de investigación que se presenta a continuación, se pretende ayudar a los niños y niñas a construir las siguientes ideas clave:

Idea 1. El calor es energía que se transfiere de un cuerpo (o zona) que está a más temperatura a otro cuerpo (o zona) que está a menos temperatura.

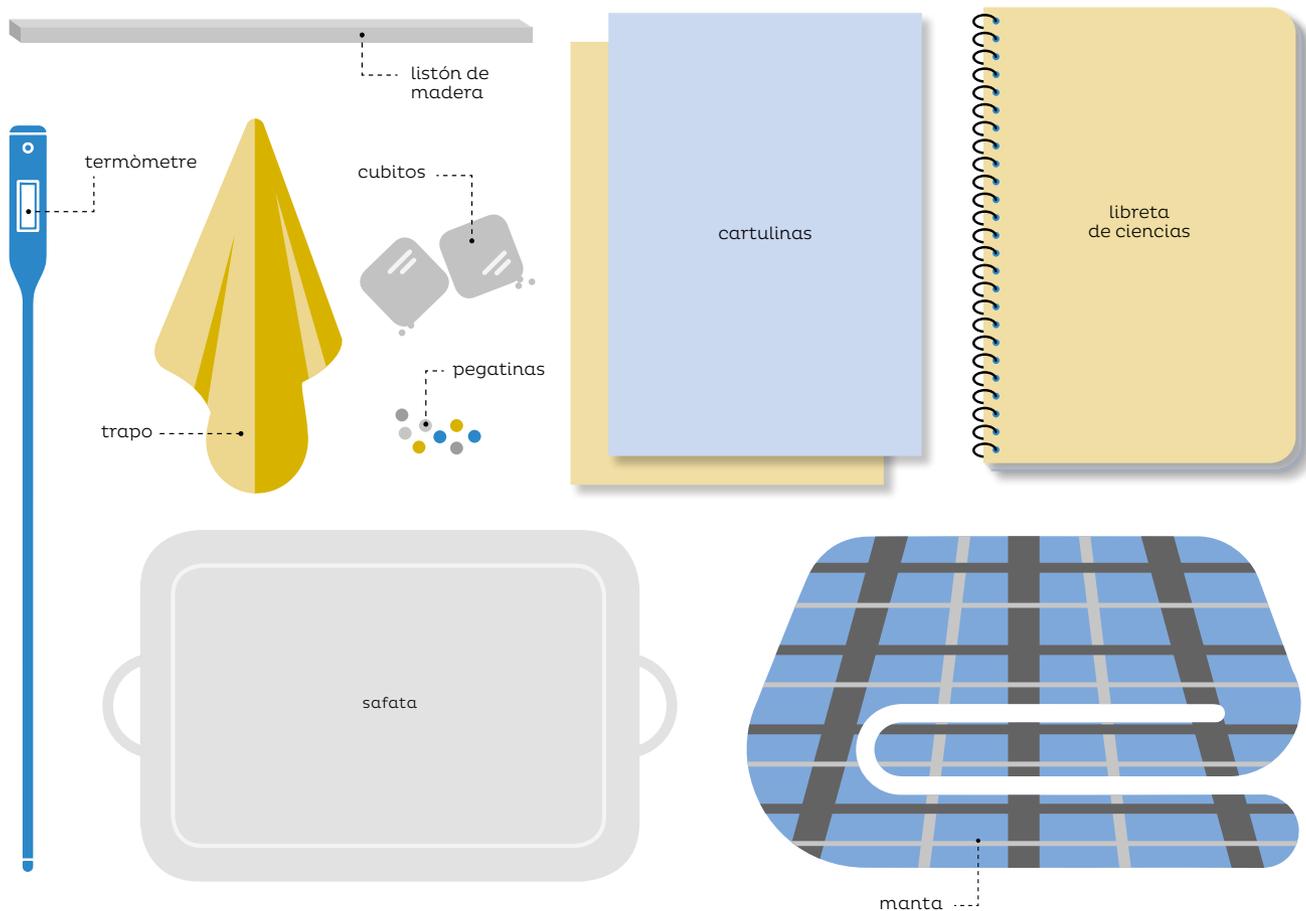
Idea 2. Una fuente de calor puede ser cualquier cuerpo que está a más temperatura que los cuerpos de su entorno y, por lo tanto, les transfiere calor.

Idea 3. No todos los materiales conducen el calor de la misma manera.

	Actividad 1. ¿Qué idea tenemos?	Actividad 2. ¿Qué calienta qué?	Actividad 3. Representamos cómo se transfiere el calor	Actividad 4. Conductores y aislantes
Idea 1. El calor es energía que se transfiere de un cuerpo (o zona) que está a más temperatura a otro cuerpo (o zona) que está a menos temperatura				
Idea 2. Una fuente de calor puede ser cualquier cuerpo que está a más temperatura que los cuerpos de su entorno y, por lo tanto, les transfiere calor				
Idea 3. No todos los materiales conducen el calor de la misma manera				

Actividad 1

¿QUÉ IDEA TENEMOS?



Material para un grupo de cuatro

Folios o libreta de ciencias, cartulina grande o pizarra pequeña, dos cubitos, trapos de tela, bandeja de plástico, pegatinas o etiquetas, un termómetro digital, un manta o similar, un listón de madera corto.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. El calor es energía que se transfiere de un cuerpo (o zona) que está a más temperatura a otro cuerpo (o zona) que está a menos temperatura.

Idea 2. Una fuente de calor puede ser cualquier cuerpo que está a más temperatura que los cuerpos de su entorno y, por lo tanto, les transfiere calor.

Idea 3. No todos los materiales conducen el calor de la misma manera.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Iniciaremos la actividad explicando a los niños y niñas una historieta breve que nos plantea un problema que resolver. La historieta es la siguiente: “Hoy es el cumpleaños de Mireia y, después de la escuela, harán una fiesta con sus amigas y amigos. Su padre ha ido a la gasolinera a comprar cubitos para los refrescos. Puesto que de la gasolinera a casa hay un buen rato a pie, ha pensado que la mejor manera de llevar los cubitos para que no se fundan es envolverlos con trapos de tela”. Una vez explicada la situación inicial, plantearemos las siguientes preguntas: “¿Crees que es buena idea envolver los cubitos con trapos de ropa para evitar que se fundan?; ¿explica por qué?”.

Como en esta parte de la actividad nos interesa explorar las ideas de cada uno de los niños y niñas de la clase sobre la situación que les hemos planteado, utilizaremos una dinámica 1-2-4 (o la simplificaremos a 1-4) para que todos y cada uno de los alumnos piensen sobre la situación y den respuesta a ello en su libreta de ciencias. Una vez todos los niños y niñas hayan podido proponer su respuesta, pediremos que la pongan en común en pequeños grupos, recordando que no tienen que llegar necesariamente a ningún acuerdo entre ellos.

Paralelamente, prepararemos una situación parecida a la de la historieta, de modo que envolveremos un cu-

bito de hielo con trapos de tela y lo colocaremos sobre una bandeja de plástico, y al lado del cubito envuelto dejaremos otro cubito a la intemperie, sin envolver. Marcaremos las bandejas con los nombres de los grupos, pero las dejaremos en la mesa del profesor o profesora, mientras resuelven la tarea anterior.

Mientras comparten sus ideas en grupo, circularemos por todos los grupos y escucharemos bien las conversaciones que tienen, para poder moderar mejor la puesta en común. Como producto final de esta puesta en común en pequeño grupo, indicaremos que en una cartulina grande o en una pizarra pequeña tienen que anotar las explicaciones y dibujos que hayan acordado, con el fin de mostrárselos a sus compañeros y compañeras en una puesta en común posterior.

Cuando los diferentes grupos hayan acabado, iniciaremos una puesta en común con el objetivo de recoger las diferentes soluciones que los diversos grupos hayan dado al problema que les hemos planteado. Durante la puesta en común favoreceremos el intercambio de ideas entre los diferentes grupos, y acogeremos todas las aportaciones del alumnado, ayudando a aclararlas en caso de que consideremos que no son lo suficientemente claras para todo el mundo. Evitaremos evaluar ninguna idea, y también evitaremos introducir ningún término científico que no hayan utilizado los niños y niñas en sus propias exposiciones. Más adelante, cuando los términos tengan más significado para todo el mundo, ya iremos introduciendo los términos más precisos que queremos que incorporen a su vocabulario.

Seguramente la puesta en común mostrará que la mayoría de los niños y niñas piensan que no es una buena idea envolver los cubitos con tela porque esta calienta y, por lo tanto, los cubitos se fundirán muy rápida-

mente. También puede ser que algunos niños y niñas consideren que sí es una buena idea y lo argumenten diciendo que “la tela mantiene el frío”. Finalmente, puede ser que algunos pocos indiquen que sí es buena idea envolver los cubitos con tela porque “la tela protege al cubito del calor”.

Las diferentes opiniones e ideas que aparezcan a lo largo de la puesta en común las anotaremos en la pizarra. Para finalizar la actividad repartiremos a cada grupo su bandeja con los dos cubitos y les pediremos que observen el estado en que se encuentra cada uno de ellos, y que registren su observación en su libreta de ciencias. Los niños y niñas se darán cuenta de que el cubito sin envolver ha empezado a fundirse (habrá agua a su alrededor), mientras que el cubito envuelto se habrá mantenido intacto, o casi intacto. Debemos tener en cuenta que la fusión de los cubitos dependerá de la temperatura ambiente de la clase.

El hecho de que el cubito envuelto sea el que aguanta más tiempo sin fundirse no nos permite discriminar si la tela “mantiene el frío” o bien “protege del calor”, pero sí es una clara evidencia en contra de la idea de los niños y niñas que afirmaban que se fundiría primero el cubito envuelto porque era la tela la que calentaba. Por eso, proponemos cerrar esta primera actividad proponiendo una experiencia que nos permita comprobar si la tela caliente o no.

Pediremos a los niños y niñas lo siguiente: “¿Cómo podríamos comprobar si la tela caliente?”. Escucharemos todas sus propuestas y analizaremos cuál es la mejor según el tiempo y los aparatos que tengamos disponibles. Una manera de hacer esta comprobación es coger un listón de madera corto, medir su temperatura y registrarla en una tabla de datos como temperatura inicial.

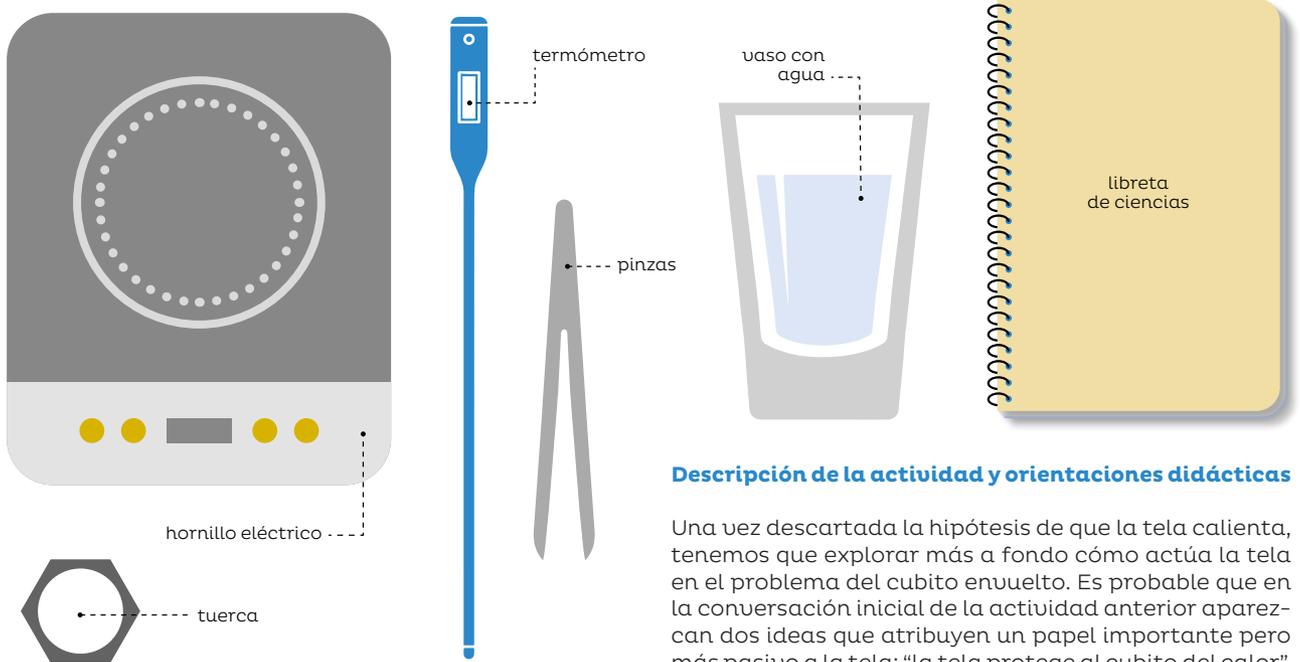
Después, lo ponemos dentro de la manta o la tela, bien envuelto, y al cabo de unos minutos lo sacamos y volvemos a medir su temperatura, que ahora registraremos en nuestra tabla de datos como temperatura final.

Analizando los datos observaremos que la temperatura no se ha modificado o que tan solo ha variado unas décimas de grado. Vale la pena que tengamos en cuenta que si los niños y niñas no han trabajado el concepto de error en la medida, consideren que la diferencia de temperatura es significativa cuando, en realidad, es muy pequeña y la podemos atribuir a errores de medida. Una manera de evitar algunos errores a causa del cambio de medio del termómetro es, si la forma del objeto lo permite, enganchar el sensor metálico del termómetro al objeto y hacer que la pequeña pantalla digital donde hacemos la lectura quede fuera de la manta. Eso nos permitirá ver si realmente se va calentando o no, sin tener que mover ni el objeto ni el termómetro de dentro de la manta.

Como conclusión final, registraremos en la libreta de ciencias que la tela no calienta directamente el cubito pero que seguro que tiene que recibir calor, porque tarde o temprano se acaba fundiendo. Eso nos llevará a identificar un nuevo problema que desarrollaremos en la actividad 2: ¿qué calienta qué?

Actividad 2

¿QUÉ CALIENTA QUÉ?



Material para un grupo de cuatro

Folios o libreta de ciencias, termómetro, tuerca grande, hornillo eléctrico, vaso o vaso de precipitados, agua, pinzas.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. El calor es energía que se transfiere de un cuerpo (o zona) que está a más temperatura a otro cuerpo (o zona) que está a menos temperatura.

Idea 2. Una fuente de calor puede ser cualquier cuerpo que está a más temperatura que los cuerpos de su entorno y, por lo tanto, les transfiere calor.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

Una vez descartada la hipótesis de que la tela caliente, tenemos que explorar más a fondo cómo actúa la tela en el problema del cubito envuelto. Es probable que en la conversación inicial de la actividad anterior aparezcan dos ideas que atribuyen un papel importante pero más pasivo a la tela: “la tela protege al cubito del calor”, o bien “la tela mantiene el frío, y por eso el cubito no se funde”. Desde un punto de vista cotidiano parecen dos maneras opuestas pero equivalentes de interpretar el fenómeno, pero desde un punto de vista científico, la primera nos es más útil que la segunda, porque en el mundo de la ciencia el frío no se transfiere, solo el calor.

Por eso, en esta actividad propondremos a los niños y niñas varias situaciones que permitan observar cómo el calor se transfiere siempre de un punto o un objeto que está a más temperatura a un punto o un objeto que está a menos temperatura. El objetivo último que perseguimos es acostumbrarlos a contemplar los problemas de transferencia de calor analizando siempre cuál puede ser la fuente de calor —lo que esté a más temperatura— y desde ese punto pensar hacia dónde se transferi-

rá —hacia todos los objetos o puntos que estén a menos temperatura—. Lo haremos a partir de la observación y registro de datos en situaciones bien diversas.

La primera observación la haremos en la propia aula. Indicaremos a los niños y niñas que midan la temperatura de la superficie de la silla antes de sentarse, y que registren ese dato en su libreta de ciencias. Al cabo de un rato indicaremos que hagan de nuevo la medición y que lo anoten en la libreta de ciencias. Finalmente, les pediremos que elaboren una tabla de datos con tres columnas, una para las temperaturas iniciales (antes de sentarse), otra para las temperaturas finales (al cabo de un rato de estar sentados) y una tercera con la diferencia entre la una y la otra. En la columna en que anotamos la diferencia pondremos un signo (+) antes del número si la temperatura ha aumentado y un signo (-) si la temperatura ha disminuido. Pediremos que escriban una conclusión final usando la estructura “afirmación + evidencias”, como, por ejemplo: “Hemos observado que en todos los casos la temperatura de la superficie de la silla ha aumentado porque hemos visto que [...], y en cambio [...]”. (Los espacios entre corchetes deberán completarlos con los datos recogidos.)

Esta primera recogida de datos la complementaremos con una segunda recogida de datos de la temperatura del aula. Para ello, mediremos la temperatura del aula antes de que los niños y niñas lleguen —lo puede hacer el profesor o profesora, y guardar la medida—, y la volveremos a medir cuando haga un buen rato que los niños y niñas están dentro del aula. Esta última medición la pueden hacer los niños y niñas midiendo la temperatura del aire de la zona donde se sienta su grupo. Una vez colocados los datos en una tabla de datos aviniéndose, los analizaremos y pediremos a los niños y niñas que escriban una conclusión final usando la estructura

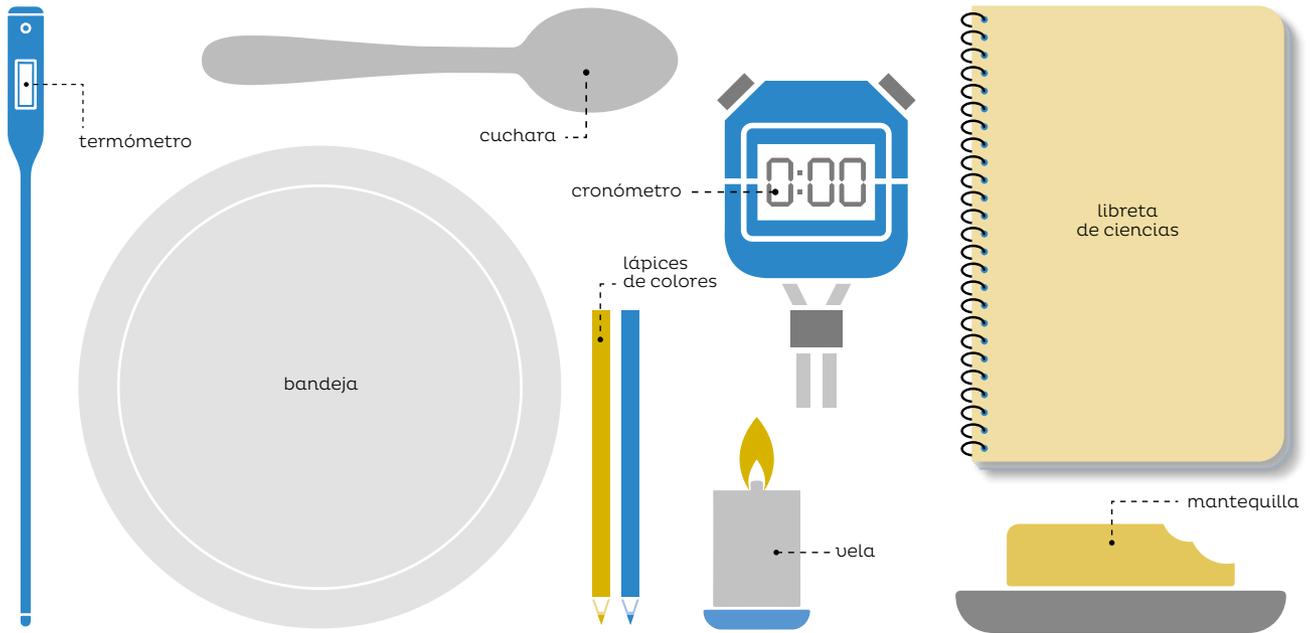
“afirmación + evidencias”, como, por ejemplo: “Hemos observado que la temperatura del aula ha aumentado porque hemos visto que [...], y en cambio [...]”. (Los espacios entre corchetes deberán completarlos con los datos recogidos.)

La tercera y última recogida de datos la haremos utilizando una tuerca tan grande como podamos. En este caso, se trata de poner la tuerca encima de un hornillo eléctrico durante unos 5 minutos. Mientras tanto, llenaremos un vaso o un vaso de precipitados con unos 200 ml o 250 ml de agua. Haremos que midan la temperatura del agua y que la registren en su libreta de ciencias. Subrayaremos que una vez hecha la medición, deben dejar el termómetro dentro del agua. Con la ayuda de unas pinzas, el profesor o profesora colocará la tuerca caliente dentro del agua mientras los niños y niñas observan el cambio de temperatura y lo anotan en la libreta de ciencias. En la pizarra tendremos preparada una tabla de datos en la que poder comparar las diferencias de temperatura del agua antes y después de poner la tuerca. Observaremos de qué signo es el cambio de temperatura. Finalmente, pediremos que escriban una conclusión final usando la estructura “afirmación + evidencias”, como, por ejemplo: “Hemos observado que la temperatura del agua ha subido después de meter la tuerca porque hemos visto que [...], y en cambio [...]”. (Los espacios entre corchetes deberán completarlos con los datos recogidos.)

Para acabar la actividad, pediremos que piensen qué ha calentado qué a partir de preguntas como las siguientes: “¿Qué ha calentado la superficie de la silla?; ¿qué ha calentado el aire del aula?; ¿qué ha calentado el agua?”. Les pediremos que anoten las respuestas en su libreta de ciencias, porque todo lo que los niños y niñas propongan será el punto de partida de la siguiente actividad.

Actividad 3

REPRESENTAMOS CÓMO SE TRANSFIERE EL CALOR



Material para un grupo de cuatro

Folios o libreta de ciencias, lápices de colores, 2 termómetros, una bandeja de aluminio circular, mantequilla o cera de vela, 3 barras de hierro o 3 cucharas metálicas grandes, 4 velas, un cronómetro.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. El calor es energía que se transfiere de un cuerpo (o zona) que está a más temperatura a otro cuerpo (o zona) que está a menos temperatura.

Idea 2. Una fuente de calor puede ser cualquier cuerpo que está a más temperatura que los cuerpos de su entorno y, por lo tanto, les transfiere calor.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

En esta actividad queremos consolidar la idea de que el calor se transfiere desde un cuerpo (o zona) que está a más temperatura hacia un cuerpo (o zona) que está a menos temperatura. Para ello, empezaremos la actividad recuperando los resultados de la tarea final de la actividad 2, en la que habíamos pedido “¿qué ha calen-

tado la superficie de la silla?; ¿qué ha calentado el aire del aula?; ¿qué ha calentado el agua?”. Discutiremos las respuestas que los niños y niñas han dado a cada pregunta, una por una.

En relación con la primera pregunta puede ser que los niños y niñas nos digan “somos nosotros quienes hemos calentado la silla”. En este caso, les preguntaremos si saben qué temperatura tienen (unos 36,5 °C) y les pediremos que la comparen con la temperatura a la que estaba la silla al inicio. Para visibilizar esta transferencia de calor les pediremos que en su grupo dibujen de manera esquemática la situación, y que se inventen un símbolo para representar la transferencia de calor desde nuestro cuerpo hacia la superficie de la silla, por ejemplo, unas flechas de color amarillo o similar. Después les pediremos que hagan algo parecido para la tercera situación, la de la tuerca y el agua.

Finalmente, les pediremos que hagan la representación de cómo se ha transferido el calor en el caso del aumento de temperatura del aula. En este caso, los niños y niñas deberían tener en cuenta que hay más fuentes de calor: el alumnado, los radiadores, el calor proveniente del exterior o del piso de abajo, el calor que desprenden las luces o los ordenadores, etcétera. También habrá que tener en cuenta que el calor se transfiere en todas direcciones y que por eso toda el aula aumenta de temperatura, aunque puede ser que exactamente al lado de las fuentes de calor la temperatura del aire sea más alta (por ejemplo, encima de un radiador).

Es probable que en las representaciones que los niños y niñas hayan propuesto aparezcan flechas u ondas que van desde la fuente de calor hacia el lugar o lugares donde esta se transfiere. Si bien esta representación puede ser válida, nos podríamos plantear si en realidad

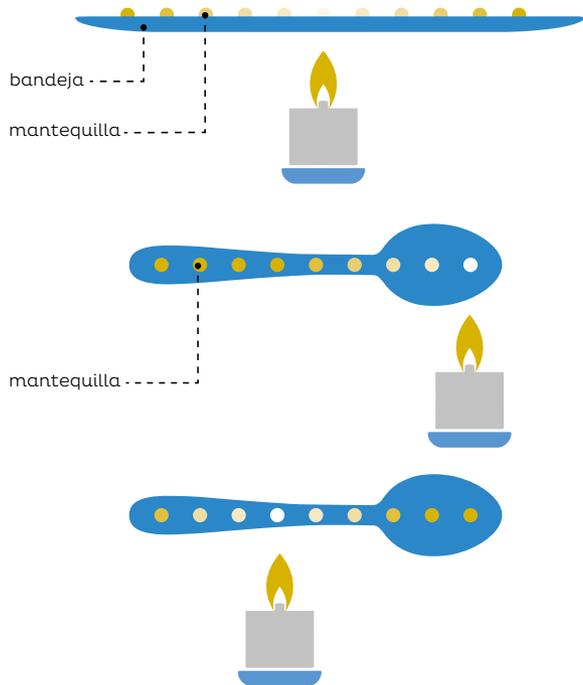
el calor va directamente de la fuente al lugar que se calienta o si va poco a poco. Es decir, si el calor se transfiere de golpe o si se va transfiriendo poco a poco de una zona a otra zona adyacente a la primera. Es probable que los niños y niñas piensen que realmente el calor se transfiere poco a poco, y no de golpe, pero el profesor o profesora puede proponer lo siguiente: “¿Cómo podríamos comprobar si el calor se transfiere poco a poco o de golpe?”.

Escucharemos todas las propuestas que den, pero, por si acaso, tendremos reservada nuestra propia propuesta. Se tratará de hacer lo siguiente: daremos a cada grupo una bandeja de aluminio circular y una barra o una cuchara metálica grande. Les pediremos que giren la bandeja de aluminio y que, desde el punto central, coloquen un poco de cera o de mantequilla del tamaño de un grano de arroz, haciendo círculos concéntricos hacia el exterior. Después pediremos que en la barra de hierro o en la cuchara coloquen un poco de mantequilla o de cera de un extremo al otro dejando un centímetro de distancia entre cada punto de mantequilla/cera. Finalmente, les pediremos que, de la misma manera, coloquen mantequilla o cera en la otra barra o cuchara (figura 4).

Una vez que esté todo preparado encenderemos las tres velas y les pediremos que, con mucho cuidado, coloquen la primera vela debajo de la bandeja de aluminio, exactamente en el centro; la segunda, en un extremo de la barra o cuchara, y la tercera, en medio de la barra o cuchara.

Pediremos a los niños y niñas que observen cuánto tardan en fundirse las manchas de mantequilla o cera —si tienen un cronómetro pueden registrar el tiempo exacto—, pero, sobre todo, en qué orden lo hacen. Para acabar la recogida de datos pediremos que coloquen una

Figura 4. Cómo colocar la mantequilla o la cera para este experimento



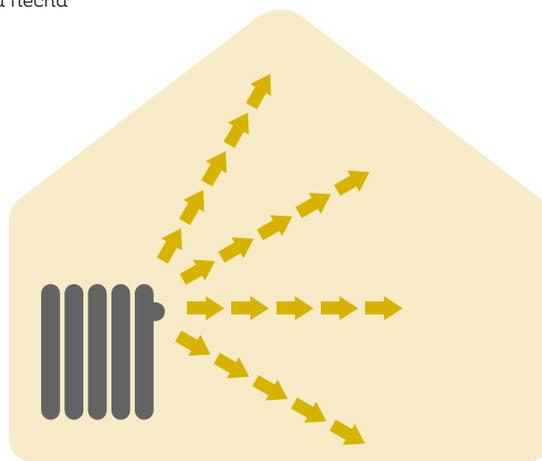
vela debajo de la última barra de hierro o cuchara, en uno de sus extremos, pero esta vez sin poner mantequilla o cera. Lo que queremos es que, usando los dos termómetros, midan simultáneamente la temperatura en medio de la barra o cuchara, y en el extremo opuesto de la barra o cuchara, y que repitan esta operación cuatro veces, dejando pasar unos dos minutos entre observación y observación (el tiempo suficiente para que los termómetros vuelvan a registrar la temperatura ambiente). Pediremos que registren los datos en una tabla.

Pondremos todos los datos recogidos en común y les pediremos a qué conclusión podemos llegar que nos ayude a responder a la pregunta que nos habíamos hecho: “¿El calor se transfiere poco a poco desde la fuente de calor, o de golpe?”. Evidentemente, todos los datos recogidos coinciden en indicarnos que el calor siempre se transfiere poco a poco desde la fuente de calor, el

punto a más temperatura, hacia las zonas adyacentes a esta fuente. Para acabar la actividad, podemos proponer que revisen los símbolos que habíamos utilizado hasta ahora para representar el calor y, en su caso, usen nuevos símbolos que representen mejor la transferencia de calor. Así, por ejemplo, si habían propuesto representar la transferencia con una sola flecha, podemos discutir que quizás es mejor representarla con una serie de flechas pequeñas que nos pueden ayudar mejor a concebir la transferencia como un proceso gradual (figura 5).

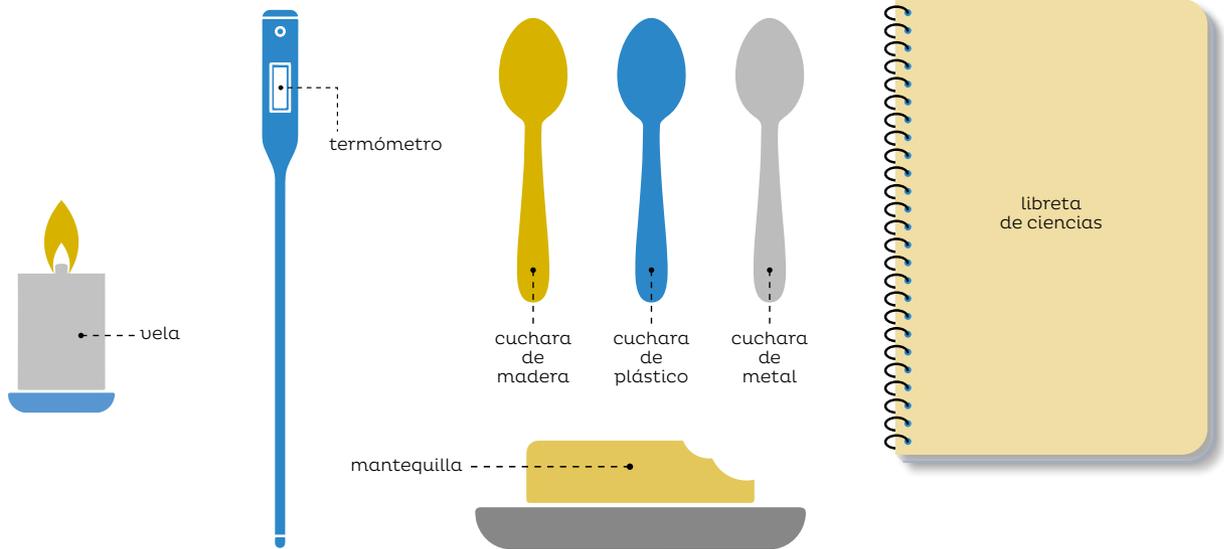
Para acabar completamente la actividad y dar pie a la próxima, el profesor o profesora planteará un nuevo problema: “¿Todos los materiales transfieren el calor de la misma manera?”.

Figura 5. Representaciones de la transferencia de calor. Tal como justificamos en el texto, sería mejor usar pequeñas flechas que una sola flecha



Actividad 4

CONDUCTORES Y AISLANTES



Material para un grupo de cuatro

Folios o libreta de ciencias, una cuchara de madera o bambú, una cuchara de plástico, una cuchara de metal (las tres del mismo tamaño), una vela, mantequilla o cera, un termómetro.

Ideas clave trabajadas en esta actividad

Idea 1. El calor es energía que se transfiere de un cuerpo (o zona) que está a más temperatura a otro cuerpo (o zona) que está a menos temperatura.

Idea 3. No todos los materiales conducen el calor de la misma manera.

Descripción de la actividad y orientaciones didácticas

En esta actividad comprobaremos que no todos los materiales transfieren el calor de la misma manera: mientras que algunos lo transfieren muy bien y los denominamos *conductores*, otros no lo transfieren tan bien y los denominamos *aislantes*. En esta actividad también podemos introducir el término *conducción del calor* para referirnos a todos los casos de transferencia de calor que hemos observado hasta ahora.

Empezaremos la recogida de datos proponiendo a cada grupo que coloque un poco de mantequilla o cera en el extremo más estrecho de cada una de las cuha-

ras que tienen. Después les pediremos que coloquen la vela encendida debajo del otro extremo de la cuchara y que anoten el tiempo que tarda la cera o la mantequilla en fundirse. En este preciso momento, también tendrán que medir la temperatura de la cuchara en el extremo en el que está la mantequilla o la cera. Indicaremos a los niños y niñas que repitan esta operación para cada una de las otras dos cucharas y que registren los datos en una tabla de datos adecuada en su libreta de ciencias.

Una vez que los diferentes grupos hayan recogido sus datos, los pondremos en común y los analizaremos conjuntamente. Podemos dinamizar este análisis de datos con preguntas como las siguientes: “¿En qué cuchara se ha fundido primero la mantequilla?; ¿en cuál se ha fundido en segunda posición?; ¿cuál ha sido la cuchara en la que ha aguantado más tiempo la mantequilla sin fundirse?; ¿cuántos minutos ha tardado cada una?; ¿ha habido mucha diferencia entre ellas?; ¿entre qué dos tipos ha habido más diferencia?; ¿a qué temperatura ha llegado cada cuchara cuando la mantequilla se fundía?; ¿hay mucha diferencia entre ellas?”.

Una vez analizados los datos, pediremos que escriban una conclusión empírica utilizando la estructura “afirmación + evidencias”. Un ejemplo de conclusión podría ser el siguiente: “Hemos observado que la mantequilla no se funde igual de rápido según cuál sea el material de la cuchara, porque hemos visto que [...], en cambio [...]”. (Los espacios entre corchetes deberán completarlos con los datos recogidos.)

En este momento podemos introducir el término *conducción* para referirnos a la transferencia de calor que hemos estado observando en todos los fenómenos estudiados hasta ahora, y también podemos informar a los niños y niñas de que llamamos *conductores* a los

materiales que conducen bien el calor y *aislantes*, a los que también lo conducen, pero no tan bien.

Para acabar toda la propuesta de investigación pediremos a cada niño o niña que recupere las explicaciones que había dado en el problema de los cubitos que nos había servido para iniciar nuestro itinerario de investigación, y les pediremos que, individualmente, hagan una nueva explicación a partir de todo lo que han aprendido durante el itinerario de investigación que se ha llevado a cabo. Les pediremos que acompañen el texto de su explicación con la representación de cómo y desde dónde se debe transmitir el calor que hace fundir los cubitos, y cómo eso explica el comportamiento diferente de cada cubito. Destacaremos que hay que usar los símbolos que hemos acordado en la actividad 3 para hacer esta representación. El texto y la ilustración que hagan puede servir a los profesores para evaluar la comprensión de las ideas clave que se querían introducir en este itinerario de investigación.

Referencias bibliográficas

Amat, A.; Martí, J.; Grau, V. (2017). *Investiguem la matèria*. Barcelona: Ayuntamiento de Barcelona-IMEB. Colección Pequeños Talentos Científicos.

Couso, D.; Márquez, C. (2016). "Què podem ensenyar i aprendre sobre la llum? Mapa de progrés per a l'aula". *Guix*, n.º 422, pp. 14-19.

Departamento de Educación (2022). DECRETO 175/2022, de 27 de setiembre, de ordenación de las enseñanzas de la educación básica. *DOG* 8762.

De Berg, K. C. (2008). "The Concepts of Heat and Temperature: The Problem of Determining the Content for the Construction of an Historical Case Study which is Sensitive to Nature of Science Issues and Teaching-Learning Issues". *Science & Education*, n.º 17, pp. 75-114.

Driver R.; Guesne, E.; Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.

Driver, R. et al. (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria: investigaciones sobre las ideas de los niños*. Madrid: Visor.

Grau, V.; Pipitone, C. (2023). "Ideas clave para enseñar la luz en primaria". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 20, n.º 2.

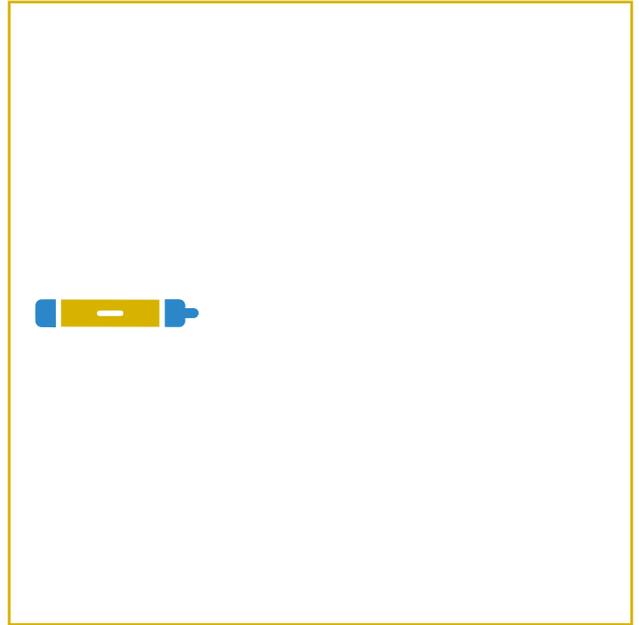
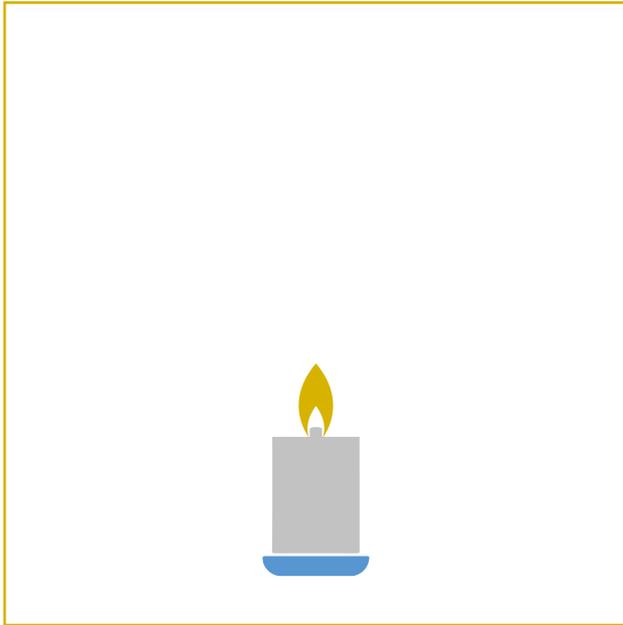
Izquierdo, M. (2005). "Hacia una teoría de los contenidos escolares". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 23, n.º 1, pp. 111-122.

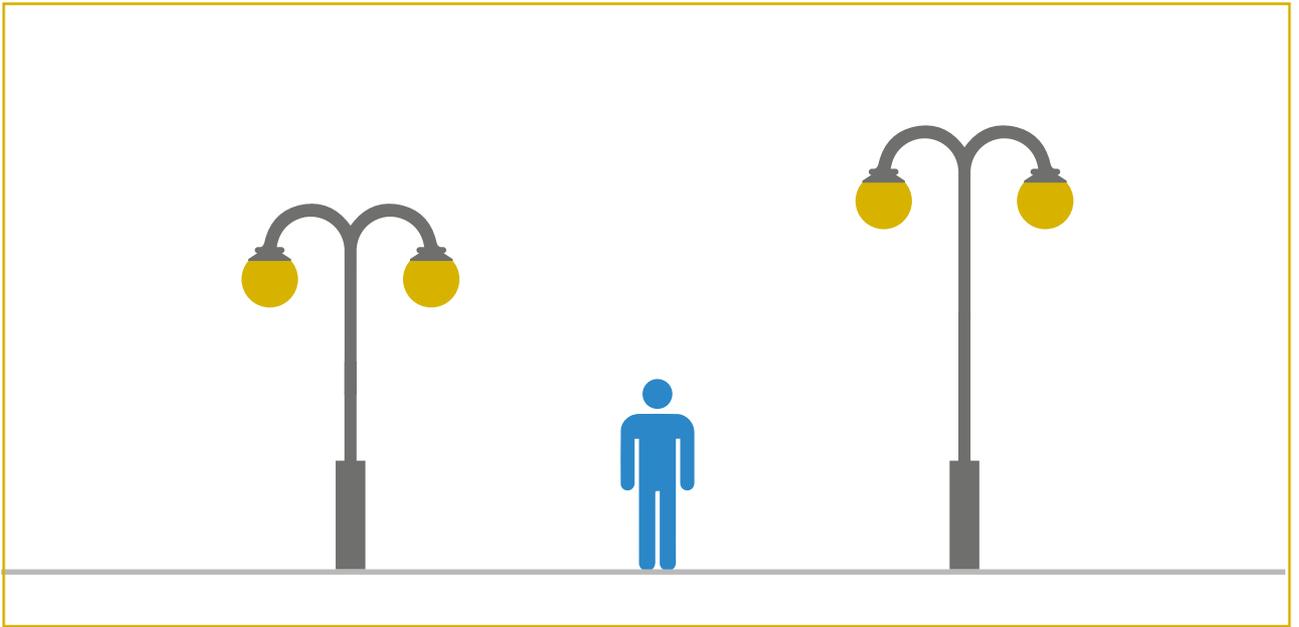
Martí, J. (2012). *Aprendre ciències a l'educació primària*. Barcelona: Graó.

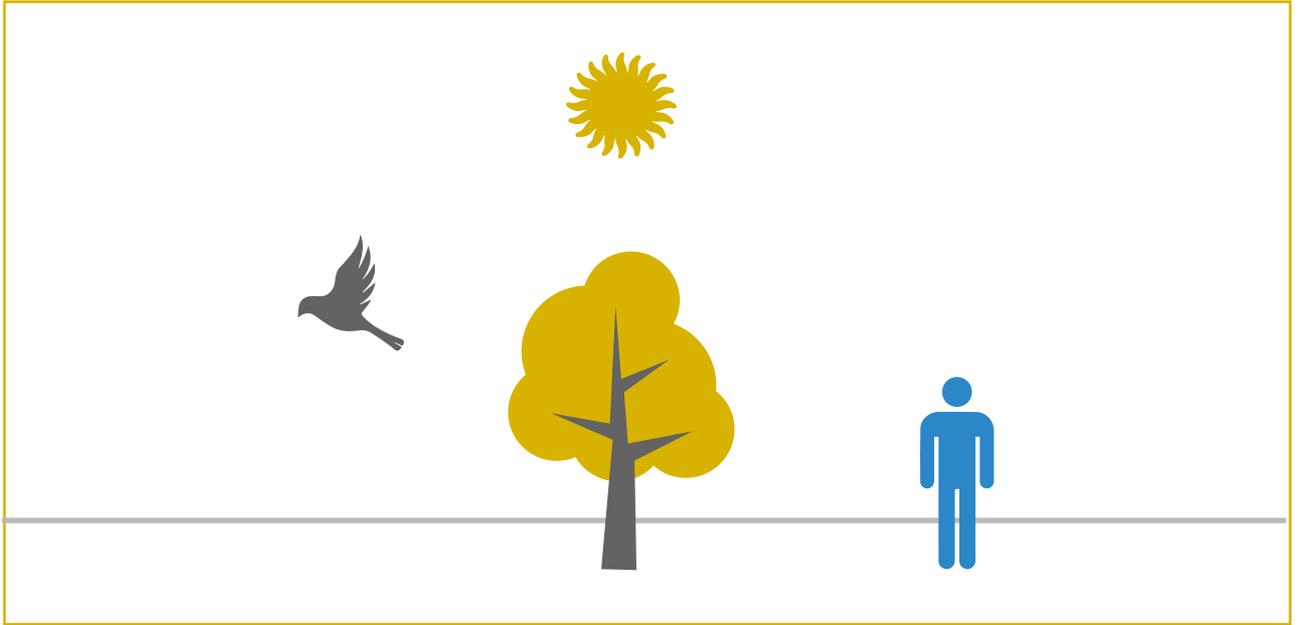
Mazens, K.; Lautrey, J. (2003). "Conceptual change in physics: children's naive representations of sound". *Cognitive Development*, vol. 18, n.º 2, pp. 159-176.

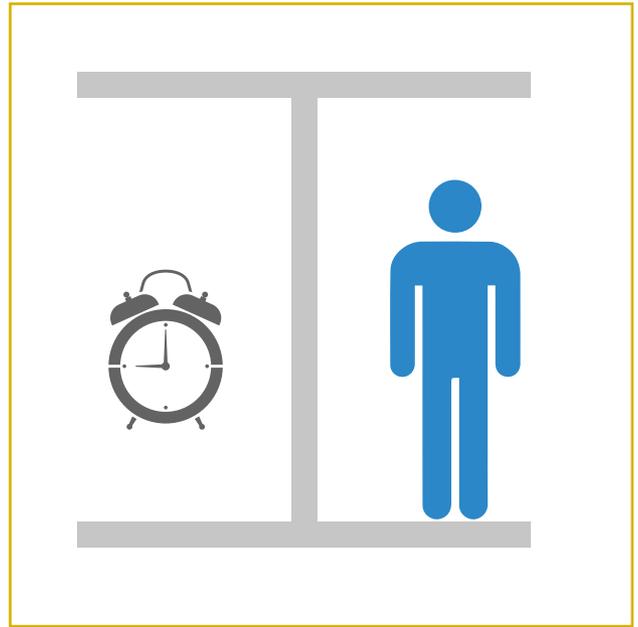
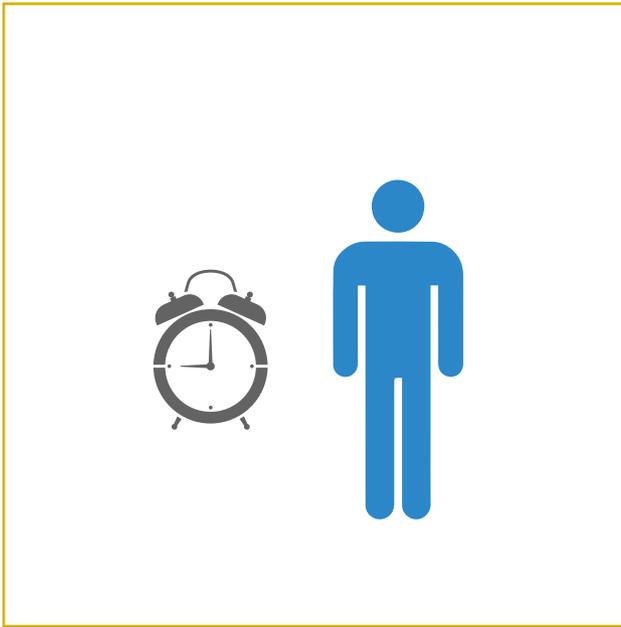
Pozo, J. I. (2014). *Psicología del aprendizaje humano: Adquisición de conocimiento y cambio personal*. Madrid: Morata.

Anexo 1









Índice

3	Presentación
4	Investigar en el aula para ayudar a adquirir cultura científica
7	Investigar sobre la luz, el sonido y el calor
9	Cuando el problema es comprender cómo se forman las sombras
12	Actividad 1. Exploramos las ideas de los niños y las niñas sobre la luz y las ombras
14	Actividad 2. La luz se propaga, y lo hace en línea recta
16	Actividad 3. Representamos la trayectoria de la luz
18	Actividad 4. ¿Qué es una sombra?
21	Cuando el problema es comprender qué es el sonido y cómo se comporta
24	Actividad 1. Exploramos las ideas de los niños y las niñas sobre el sonido
26	Actividad 2. Cosas que hacen ruido
29	Actividad 3. El sonido se transmite a través de la materia
33	Actividad 4. Volvamos al principio
35	Cuando el problema es explicar cómo se transfiere el calor
38	Actividad 1. ¿Qué idea tenemos?
41	Actividad 2. ¿Qué calienta qué?
43	Actividad 3. Representamos cómo se transfiere el calor
46	Actividad 4. Conductores y aislantes
48	Referencias bibliográficas
49	Anexos

Créditos

Edita:

Ajuntament de Barcelona. Institut de Cultura de Barcelona
Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRI)
Fundació "la Caixa"

Text:

Victor Grau, Jordi Martí, Laura Martín i Judit Verdaguer del Grup de Recerca GRECC
de la UVic-UCC

Coordinació:

Direcció d'Extensió Cultural de l'Institut de Cultura de Barcelona

Disseny gràfic, maquetació i il·lustracions:

Jordi Salvany

Barcelona, juny de 2024

© de l'edició: Ajuntament de Barcelona. Institut de Cultura.
© dels textos i les imatges: els autors esmentats

ISBN: 978-84-89570-37-5

Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRI)
Passeig Lluís Companys, 23. 08010 Barcelona
Tel. 932 68 77 00
fundaciorecerca.cat

Institut de Cultura de Barcelona
La Rambla, 99. 08002 Barcelona
Tel. 933 16 10 00
barcelona.cat/barcelonacultura

Fundació "la Caixa"
Av. Diagonal, 621-629. 08028 Barcelona
Tel. 93 404 60 00
fundacionlacaixa.org

