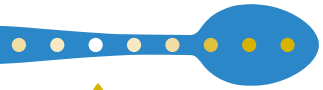
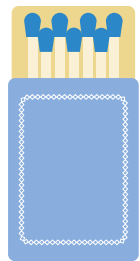
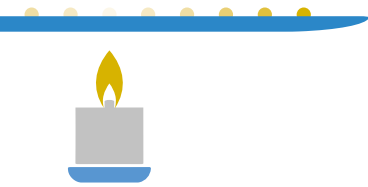
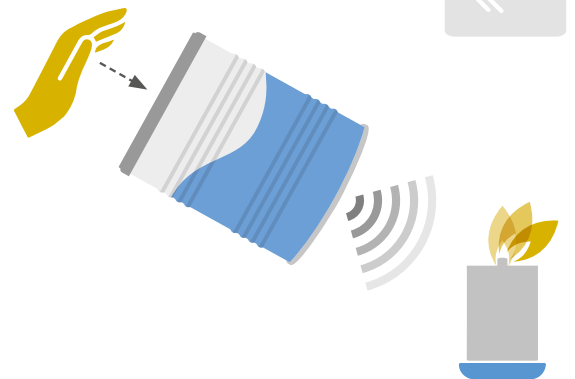
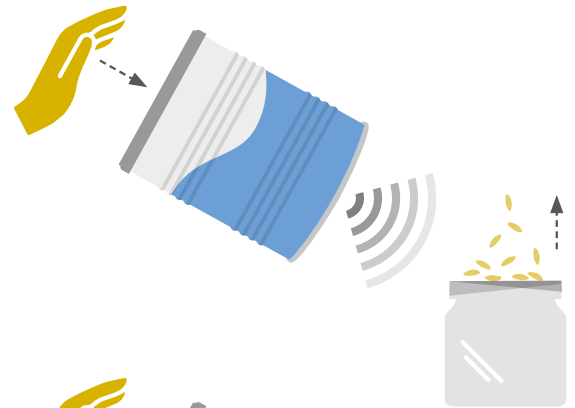
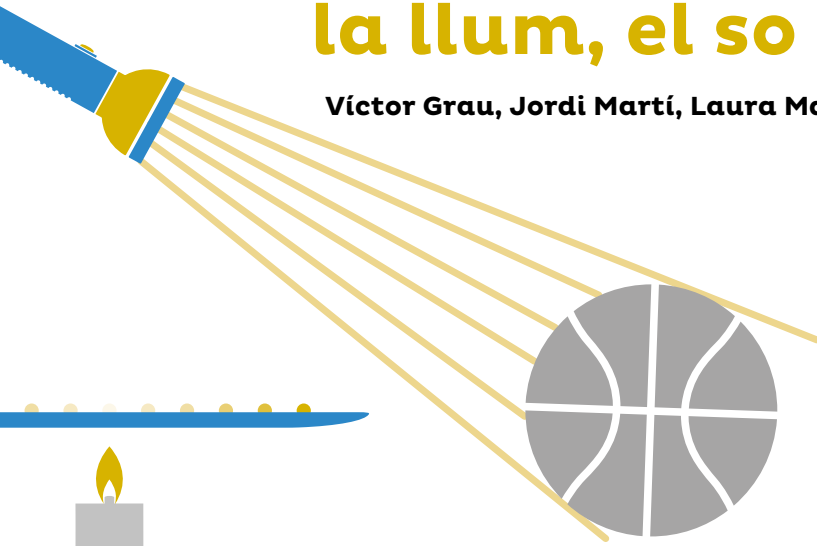


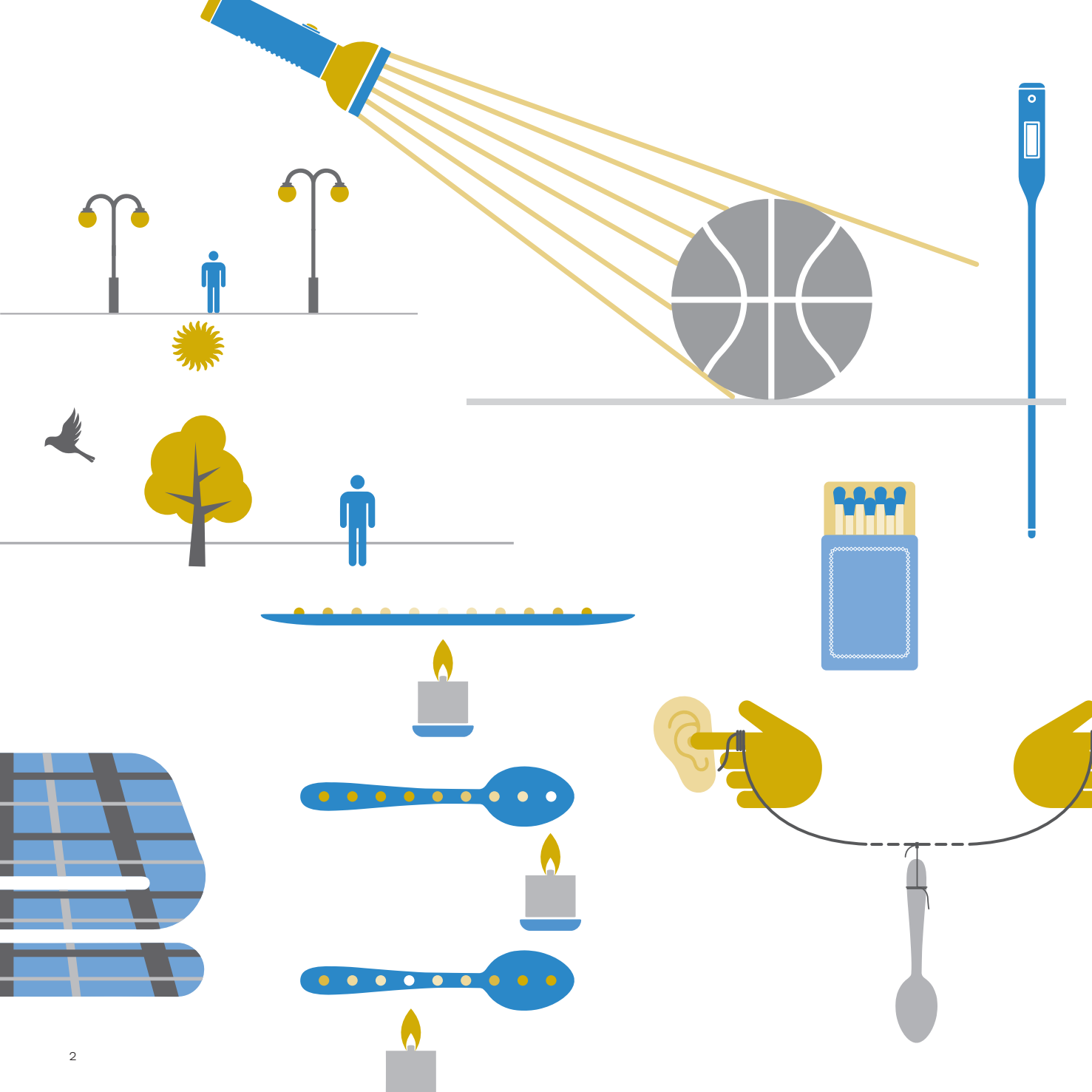
# Investiguem la llum, el so i la calor

Víctor Grau, Jordi Martí, Laura Martín i Judit Verdaguer



# Investiguem la llum, el so i la calor

**Víctor Grau, Jordi Martí, Laura Martín i Judit Verdaguer**





## Presentació

Petits Talents Científics és un programa d'actualització científica i didàctica que vol fomentar la investigació a l'aula com a enfocament metodològic per a l'aprenentatge de les ciències a infantil i primària.

L'objectiu és proporcionar als centres educatius un seguiment de recursos i orientacions que permetin als i les mestres aplicar metodologies més participatives i creatives a l'aula i que facilitin a l'alumnat implicar-se en processos d'investigació autèntics que els permetin construir idees científiques clau.

El programa Petits Talents Científics es va iniciar el curs 2013-2014. A partir del curs 2015-2016 els continguts s'han anat focalitzant cada any en una àrea temàtica concreta: en primer lloc van ser la matèria, el cos humà, els fenòmens astronòmics, les relacions entre els éssers vius i els fenòmens geològics i el paisatge, i ara la llum, la calor i el so.

En aquest llibre s'apleguen els continguts i les propostes de treball pràctic sobre l'estudi de la llum, el so i la calor. Els i les mestres de primària hi trobaran orientacions didàctiques per treballar aquestes tres temàtiques: des de la informació científica bàsica per presentar cadascun dels temes a l'alumnat, fins a propostes concretes de treball per investigar aspectes clau sobre com es transmet la llum i com interactua amb diferents objectes; sobre la relació entre la producció de so i la vibració dels materials, i sobre la transmissió del so des de la font que el produeix; i sobre què és la calor i com es transmet d'un cos a un altre a través del mecanisme anomenat conducció. En tots els casos s'aborden els coneixements científics que cal conèixer, les idees intuïtives que els alumnes solen manifestar sobre aquests temes, les activitats que es proposen i les orientacions didàctiques per poder-ne treure el màxim profit pedagògic.

Petits Talents Científics està organitzat conjuntament per l'Institut de Cultura de l'Ajuntament de Barcelona, la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRI) i Fundació "la Caixa".

Esperem que aquest material sigui d'utilitat per a la comunitat educativa.

# Investigar a l'aula per ajudar a adquirir cultura científica

El nou currículum, que actualment s'està implementant a les escoles d'educació primària a Catalunya, indica, en relació a l'àrea de Coneixement del medi natural, social i cultural, que: «la relació dels diferents sabers i destreses d'aquesta àrea afavoreixen el desenvolupament d'una cultura científica basada en la indagació i el pensament crític». A més a més, identifica la cultura científica com un dels blocs de sabers de l'àrea, descrivint-lo de la manera següent: «El bloc Cultura Científica pretén que l'alumnat desenvolupi destreses i estratègies pròpies del pensament científic, tot fent recerques sobre una àmplia varietat de temes. D'aquesta manera, s'inicia en els principis bàsics del mètode científic que propicia la indagació i el descobriment del món que els envolta» (Departament d'Educació, 2022).

Així doncs, el nou currículum s'alinea clarament amb una tendència general a la majoria de països, i que ja ve d'antic, que planteja que una de les finalitats del sistema educatiu per a l'educació bàsica és contribuir a l'al·fabetització científica de la ciutadania. Aquest plantejament el podríem resumir amb el lema: *aprendre a investigar i investigar per comprendre* (Martí, 2012).

**Aprendre a investigar** perquè tot i que els nens i les nenes de 6 a 12 anys, per naturalesa, són bons exploradors de la realitat i tenen les capacitats cognitives necessàries per interpretar i donar sentit a la multitud de fenòmens naturals que es produeixen al seu entorn, no ho fan espontàniament a la manera de la ciència. Ho fan posant en marxa les estratègies de què disposem tots els humans per interpretar la realitat i que condueixen al que els psicòlegs anomenen l'aprenentatge implícit o intuïtiu (Pozo, 2014). Malgrat la seva utilitat en la vida quotidiana, l'aprenentatge implícit, juntament amb la nostra capacitat perceptiva, té moltes limitacions.

És per això que la ciència ha fet que, en moltes ocasions, hàgim de canviar la nostra visió del món: només cal pensar en l'heliocentrisme, la teoria de l'evolució, la tectònica de plaques, etc. Per això, la ciència ha esdevingut un patrimoni cultural de primer ordre, al qual han de tenir accés les noves generacions. En resum, els nens i les nenes són molt bons explorant el món, però cal ensenyar-los de manera explícita a investigar-lo a la manera de la ciència.

La segona part del lema, **investigar per comprendre**, fa referència al fet que el producte de la investigació científica és el coneixement. Per tant, aprendre ciències vol dir aprendre noves maneres de mirar la realitat i aprendre noves maneres de construir coneixements, perquè ambdues coses ens ajudin a donar sentit als fenòmens naturals d'una manera diferent a com quotidianament els comprem des del nostre coneixement implícit. A l'aula, això suposa partir de les idees implícites inicials que tenen els nens i les nenes sobre els fenòmens naturals i usar-les per arribar a construir coneixements nous, en forma de noves idees, noves formes de raonar i nous models teòrics que els serveixin per explicar la realitat de forma cada cop més sofisticada i propera a com ho fa la ciència.

Adquirir aquests nous coneixements no es pot fer des d'un model simple de transmissió-recepció (via mestre, llibres, internet o experts), ni tampoc des d'un model de descobriment lliure, sinó que s'ha de fer treballant *des de* les idees de l'alumnat, *amb* les idees de l'alumnat i *sobre* les idees de l'alumnat, és a dir, treballant sobre els coneixements i experiències que els alumnes aporten a l'aula i sobre com els usen per interpretar la realitat. Això suposa dissenyar les intervencions a l'aula pensant en la necessitat d'afavorir l'evolució conceptual de les idees dels alumnes, i no pas la simple substi-

tució de les seves idees intuïtives per les idees “correctes” de la ciència.

La recerca en didàctica de les ciències d'aquests darrers trenta anys ha posat clarament de manifest que assolir les dues facetes del lema anterior no és possible sense implicar directament els infants en les pràctiques i les formes de raonar que els científics porten a terme quan investiguen la realitat. Ara mateix, més que no pas de mètode científic, es parla de pràctiques científiques, perquè les formes d'investigar i adquirir coneixement sobre la realitat de la ciència són molt diverses i no segueixen un únic mètode, però sí que impliquen un mateix conjunt de pràctiques. Per tant, cal fer ciència a l'aula, una ciència que, com diu Izquierdo (2005): «no pot ser com la ciència dels científics, però ha de ser ciència».

Actualment, a les aules d'educació primària hi conviuen molts enfocaments didàctics diferents per abordar els continguts científics que corresponen a l'àrea de Coneixement del medi natural: espais de ciència, ambients, caixes d'aprenentatge, projectes, models tradicionals, etc. Si bé aquesta diversitat no és dolenta per ella mateixa, sí que és important que, més aviat que tard, els mestres i els claustrats ens plantejem dos interrogants: realment tot el que fem a l'aula és ciència?, la ciència que es fa a l'aula la fan sobretot els alumnes?, i, sobretot, la ciència que fem ajuda realment a construir noves idees clau que puguin competir amb les idees intuïtives que tots els nens i nenes ja tenien. Si tot analitzant els enfocaments metodològics de la nostra escola, la resposta a alguna d'aquestes preguntes és no, aleshores caldrà canviar d'enfocament.

En el marc del programa de formació de mestres de Pe-tits Talents Científics, es proposa un model de ciència escolar basat en la idea d'*itineraris d'investigació*. Els

itineraris d'investigació els entenem com a recorreguts que van des d'un fenomen natural inicial sobre el qual ens interroguem, fins a l'explicació final del fenomen. Així doncs, els itineraris d'investigació s'alineen clarament amb un dels tipus de situacions d'aprenentatge que apareixen al nou currículum: l'explicació de fenòmens naturals de l'entorn a través de la investigació científica. Es pot trobar més informació sobre els itineraris d'investigació, així com exemples d'itineraris amb les seves orientacions didàctiques a: [mon.uvic.cat/fem-ciencia](http://mon.uvic.cat/fem-ciencia).

Les propostes d'activitats que trobareu en aquest llibre són una mostra de les activitats que es poden incloure en un itinerari d'investigació tot i que, per la limitació d'espai d'una publicació com aquesta, no sempre representen un itinerari d'investigació complet.

El llibre s'estructura en dos apartats. En el primer es justifica la importància d'investigar sobre els àmbits temàtics que el configuren —llum, so i calor—, i s'identifiquen alguns dels reptes i dificultats d'aprenentatge que haurem d'afrontar. Al segon apartat es presenten dotze activitats, organitzades en tres problemes d'investigació, i que estan relacionades amb les activitats presentades i portades a terme al llarg del curs 2021-2022. El primer conjunt d'activitats fa referència a com investigar sobre el comportament de la llum i la formació d'ombres; el segon, a la naturalesa del so i a la seva transmissió; i el tercer, amb la naturalesa de la calor i la forma com es transfereix entre materials que estan a diferents temperatures, la qual cosa permet distingir entre materials conductors i materials aïllants de la calor.

Cadascun d'aquests tres blocs d'activitats s'ha organitzat de la mateixa manera. En primer lloc s'introdueix

la informació científica necessària perquè el mestre o mestra adquireixi més confiança o amplii el seu coneixement sobre els continguts científics que es proposen en aquell bloc. A la segona part es descriuen les idees i les formes de raonament més habituals entre els infants quan estan aprenent en aquell àmbit de problemes. A la tercera part es presenten les idees científiques clau que, des del punt de vista dels autors, cal treballar amb l'alumnat sobre aquell àmbit. Finalment, es descriuen detalladament quatre activitats dirigides a infants de cicle mitjà o superior. La descripció de cada activitat conté els materials necessaris per portar-la a terme, la identificació de les idees clau que es treballen amb aquella activitat i, finalment, l'exposició d'un conjunt d'orientacions que els i les mestres haurien de tenir en compte per portar a terme l'activitat a l'aula i per gestionar les idees i raonaments de l'alumnat durant l'activitat.

# Investigar sobre la llum, el so i la calor

Habitualment, relacionem la llum, el so i la calor amb el concepte d'energia, i els llibres de text també han tendit tradicionalment a relacionar aquests tres fenòmens amb l'energia. Tanmateix, el concepte "energia" és una construcció humana abstracta a la qual els mateixos científics van trigar temps a definir i saber-hi treballar quotidianament. Per això en aquest llibre hem optat per no referir-nos al concepte d'energia i tractar cadascun dels grans temes que inclou de manera independent: llum, so i calor.

Aquesta opció respon a un objectiu pedagògic principal: ajudar l'alumnat de primària a comprendre i donar sentit a molts fenòmens físics que es produeixen al seu voltant i en els quals la llum, el so o la calor hi estan implicats. Així, per exemple, adonar-nos que la llum interactua de maneres diferents segons els objectes amb què es troba; adonar-nos que quan cuinem, la cullera de fusta no crema però l'olla de la sopa sí; sentir la música dels veïns encara que les portes i finestres estiguin tancades, són tots ells (i molts d'altres) fenòmens propers als infants, la comprensió dels quals demana un cert nivell de comprensió sobre la llum, el so o la calor com a fenòmens físics.

Malgrat que llum, so i calor estan implicats en molts fenòmens físics quotidians, en cap cas podem veure què són. El cos humà està adaptat a percebre'n els efectes a través de la visió, l'oïda i la sensació tèrmica, però això no ens dona una informació directa sobre la naturalesa de cada entitat. Això genera una de les dificultats més importants per a l'aprenentatge sobre el so i la calor (no tant sobre la llum), que és el fet que els nens i nenes raonen sobre aquests fenòmens substancialitzant-los, és a dir, pensant-los com si fossin una cosa, una entitat material, de manera que n'expliquen el seu comportament com si fossin una cosa. Per això, per exemple, la

majoria d'infants pensen que el so ens arriba de l'exterior perquè passa pels forats de la paret o per les esclotxes que deixen les finestres i les portes, o bé pensen que la cullera d'acer no s'escalfarà tant com la de fusta perquè "la calor no hi pot passar tan fàcilment".

L'experiència quotidiana que els infants tenen amb els fenòmens relacionats amb llum, el so i la calor, així com els usos quotidians de termes com "reflectir", "fred", "calor", "ona", etc., aporten elements perquè els nens i nenes elaborin concepcions sobre aquests fenòmens, que en la gran majoria de casos són alternatives a les de la ciència.

Aquestes concepcions alternatives, que no poden considerar-se adequades des del punt de vista científic, són les que els nens i nenes utilitzen en la interpretació que fan dels fenòmens vinculats amb la llum, el so i la calor. Així per exemple, la recerca en didàctica de les ciències ha permès documentar que els infants acostumen a pensar que el so es pot transmetre en el buit i que, en canvi, no es pot transmetre pels líquids o pels sòlids. També pensen que la llum només es pot reflectir en superfícies brillants, com ara els miralls. Molts nens i nenes també pensen que la temperatura és una propietat particular dels materials o objectes, i això els fa pensar que els objectes metàl·lics són més freds que els objectes de plàstic, o que determinats objectes (jerseis, abrics, guants, mantes, etc.) són fonts de calor ("l'abric m'escalfa").

És molt important que quan els i les mestres decidim investigar amb els nens i nenes sobre la llum, el so i la calor, tinguem en compte totes aquestes idees intuïtives dels infants, perquè és des d'aquestes idees que construeixen les seves explicacions, i és amb aquestes idees i sobre aquestes idees que hem d'actuar. Per això, les



investigacions que proposem en aquest llibre sempre s'inicien amb activitats que permetin explorar quines són les idees que els nens i nenes usen per explicar un fenomen concret per, a partir d'aquí, plantejar-nos diversos problemes que condueixin a recollir evidències que ens permetin posar a prova aquestes idees i valorar-ne el poder explicatiu. A banda d'això, els breus itineraris d'investigació que presentem també dediquen alguns moments a promoure que els nens i nenes construeixin nous models mentals sobre la llum, el so i la calor, ajudant-los a imaginar noves formes de representar-se mentalment aquests fenòmens, perquè així puguin raonar d'una manera més coherent davant de fenòmens que molt sovint interpreten com a completament diferents.

Aturar-nos a reflexionar sobre les característiques i els comportaments de la llum, el so i la calor, ajudarà als nens i nenes a apropar-se al concepte d'energia. Observar fets i obtenir dades i evidències a partir de l'experimentació suposarà el primer pas per anar construint unes idees i uns models cada cop més coherents amb les idees i models científics acceptats.

# Quan el problema és comprendre com es formen les ombres

Tradicionalment, els continguts relacionats amb la llum s'han abordat de manera poc efectiva per comprendre què és la llum i com es produeixen alguns fenòmens bàsics que hi estan relacionats com són la formació d'ombres, la reflexió, la propagació, entre d'altres.

Malgrat que algunes vegades els currículums i els materials que en deriven proposen treballar conjuntament so i llum, considerem que no és convenient barrejar-los, perquè són dos fenòmens de naturalesa absolutament diferent que responen a lleis diferents. Així, el so és un fenomen mecànic, i el podem entendre i estudiar com a vibracions del medi que es transmeten per un medi material (sòlid, líquid o gas), mentre que la llum és un fenomen electromagnètic, que no necessita de cap medi material per a la seva propagació.

A vegades la unió respon al fet que so i llum es propaguen a través d'ones però, des d'un punt de vista científic, l'argument és molt feble ja que es tracta de dos tipus d'ones que físicament són totalment diferents i, d'altra banda, té poc sentit didàctic ja que l'alumnat no té encara clar què són les ones. Per contra, si volem parlar sobre la naturalesa de la llum és més convenient parlar de partícules (Grau i Pipitone, 2023), perquè la llum també es pot concebre com un conjunt de partícules anomenades fotons. Emprant el model de llum com a conjunt de partícules proporcionem a l'alumnat un model mecànic sobre el qual començar a raonar, perquè poden pensar sobre els fotons com si fossin pilotes, i aquesta analogia és suficient per explicar molts dels fenòmens en els quals la llum està implicada, especialment la formació d'ombres que és el fenomen que proposem d'investigar en aquest apartat. El model ondulatori de la llum es pot reservar per a cursos posteriors, ja a l'ESO.

Hi ha moltes idees i conceptes relacionats amb la comprensió de la llum com a fenomen físic, però a l'educació primària el que caldria és centrar-se a proposar als nens i nenes investigacions que els permetin arribar a comprendre i saber explicar, d'una manera cada cop més sofisticada, alguns fenòmens bàsics en què la llum hi està implicada. En aquest sentit ens podem plantejar investigacions per identificar el lloc on hi ha la llum, per distingir entre llum, font de llum i objecte il·luminat; per constatar que la llum es propaga en línia recta en un medi homogeni; per entendre què són les ombres i com es produeixen; per constatar que la llum és reflecteix en un mirall mantenint el mateix angle d'incidència i de reflexió; o bé que la llum blanca està composta per tots els colors (Couso i Márquez, 2016; Grau i Pipitone, 2023).

El conjunt d'activitats que es presenten en aquest bloc conformen una proposta per treballar un d'aquests fenòmens: què són les ombres i com es formen. Tot i que les ombres són un fenomen molt quotidià del qual els nens i nenes en tenen moltes experiències directes – només hem de pensar en els típics jocs d'ombres xineses, o de fer ombres grans i petites que molts nens i nenes han experimentat amb els seus pares–, no és pas un fenomen fàcil d'explicar. Dues idees són clau per comprendre'l: en primer lloc, la idea que les ombres són zones d'absència de llum que es produeixen perquè la llum que hi incidiria queda obstaculitzada per un objecte opac que les reflecteix però que no les deixa passar al seu través; en segon lloc la idea que la llum sempre es propaga en línia recta, la qual cosa ens ajuda a predir quina forma tindrà l'ombra d'un objecte i a explicar com és que les ombres canvien de mida quan modifiquem la distància que hi ha entre l'objecte que les produeix i la font de llum que l'il·lumina.

## Les idees dels nens i nenes sobre la llum

Una de les principals dificultats en abordar els temes d'òptica amb els nens i nenes és que la llum és invisible i es propaga a una velocitat extraordinàriament alta, la qual cosa ens obliga necessàriament, per comprendre bé la llum, a imaginar-nos-la, usant la capacitat que tothom tenim de representar-nos la realitat a través de models mentals.

Els nens i nenes en general no saben identificar la diferència entre focus de llum, raig de llum i objecte il·luminat. En aquest sentit alguns estudis han mostrat que quan es pregunta a un grup de nens i nenes entre 10 i 14 anys que identifiquin on hi ha llum en una sala il·luminada amb llum artificial, algunes de les respostes són: “per tot arreu” o per “l'espai”, però les més habituals es refereixen al focus productor de llum: “al sostre, la llum és allà però no està encesa” assenyalant la bombeta (Driver et al., 1999). Altres identifiquen la llum només allà on veuen objectes il·luminats, per exemple “allà [assenyalant al terra], la llum és una brillantor”.

D'altra banda, en preguntar si creien que la llum d'una llanterna arribaria a la paret del final del passadís en un ambient il·luminat, algunes respostes es posicionaven en contra, ja que molts nens i nenes mantenen la concepció que la llum no pot recórrer una distància gaire llarga perquè es gasta o s'acaba (p. e. “jo crec que no arribarà al final perquè està molt lluny”). Com bé sabem, la llum es propaga en línia recta fins que es troba matèria que la reflecteixi, la refracti o l'absorbeixi. En aquest sentit, si la llum de la llanterna no es trobés amb cap obstacle podria arribar a l'altra banda del passadís, i seguiria més enllà fins que no fos interceptada per algun objecte sòlid, líquid o gasós.

Si a l'experiència anterior plantejem de tancar el focus de llum del passadís, sovint pensen que la llum de la llanterna pot arribar més lluny que no pas si el focus de llum està encès. Aquesta concepció probablement és deguda a la gran intensitat de la llum ambient comparada amb la llum de la llanterna. També hi ha la idea que amb una llanterna més gran, la llum pot arribar més lluny.

Per acabar, Driver et al. (1999) mostren també com l'alumnat entén la llum com una entitat material que es mou per l'espai com si fos aigua, quan en realitat la llum no necessita de cap medi material per a la seva propagació.

## Idees que cal treballar sobre llum i ombres

En l'estudi sobre la llum i les ombres que es planteja en el conjunt d'activitats de l'itinerari d'investigació que es presenta a continuació, es pretén ajudar els nens i nenes a construir les següents idees clau:

**Idea 1.** Llum, font de llum i objecte il·luminat no són el mateix.

**Idea 2.** La llum es propaga a través de l'espai i ho fa en línia recta.

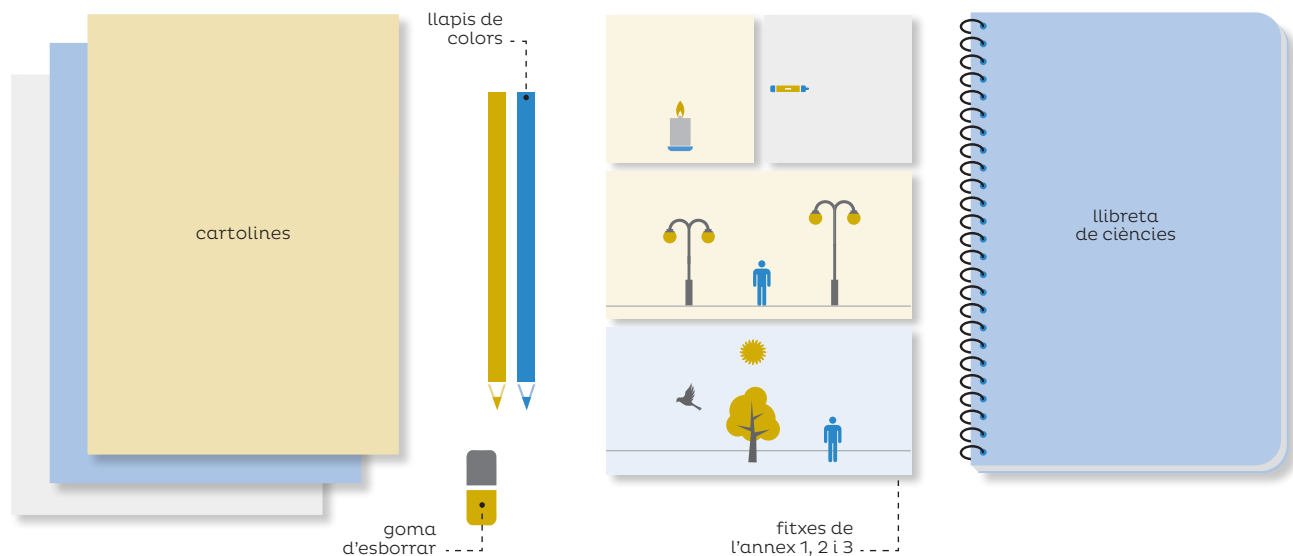
**Idea 3.** La llum es propaga a través de l'espai fins que topa amb algun objecte, i si no el pot travessar serà absorbida o reflectida.

**Idea 4.** En un espai il·luminat, anomenem ombra a aquella porció de l'espai on, a causa d'algun obstacle material, no arriba la llum.

	<b>Activitat 1.</b> Explorem les idees dels infants sobre la llum i les ombres.	<b>Activitat 2.</b> La llum es propaga, i ho fa en línia recta	<b>Activitat 3.</b> Representem la trajectòria de la llum.	<b>Activitat 4.</b> Què és una ombra.
<b>Idea 1.</b> Llum, font de llum i objecte il·luminat no són el mateix.				
<b>Idea 2.</b> La llum es propaga a través de l'espai i ho fa en línia recta.				
<b>Idea 3.</b> La llum es propaga a través de l'espai fins que topa amb algun objecte, i si no el pot travessar serà absorbida o reflectida.				
<b>Idea 4.</b> En un espai il·luminat, anomenem ombra a aquella porció de l'espai on, a causa d'algun obstacle material, no arriba la llum.				

## Activitat 1

# EXPLOREM LES IDEES DELS INFANTS SOBRE LA LLUM I LES OMBRES



### Material per a un grup de quatre persones

Fitxes amb els dibuixos dels annexos 1, 2 i 3, folis o llibreta de ciències, llapis de colors, goma d'esborrar i cartolines o pissarres petites.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** Llum, font de llum i objecte il·luminat no són el mateix.

**Idea 2.** La llum es propaga a través de l'espai i ho fa en línia recta.

**Idea 4.** En un espai il·luminat, anomenem ombra a aquella porció de l'espai on, a causa d'algun obstacle material, no arriba la llum.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Iniciarem la investigació presentant una situació que provoqui que els nens i les nenes hagin d'usar i expressar les seves idees i models mentals referents a com es propaga la llum. Per tal d'introduir el fenomen, començarem l'activitat plantejant una pregunta al grup: *on hi ha llum?*; *creieu que la llum es mou?*; *com us sembla que ho fa?* Amb aquestes preguntes, es pretén comen-

çar a explorar les idees dels infants sobre com la llum es propaga a través de l'espai i veure si diferencien la llum, del focus de llum que la produeix i de l'objecte il·luminat. Podem recollir a la pissarra les idees inicials que siguin diferents entre elles, però tenint en compte que no cal arribar a cap consens, perquè allò que ens interessa en aquest moment és acollir totes les idees que els nens i nenes aporten.

A continuació donarem la fitxa de l'annex 1, i demanarem que, individualment, dibuixin fins on creuen que arribarà la llum de l'espelma i la llum del làser. Deixarem una estona perquè els infants pensin i escriguin les seves respostes individuals. Aquesta activitat ens servirà per explorar les idees inicials dels nens i nenes sobre la propagació de la llum, i l'anàlisi dels dibuixos i les explicacions que els nens i nenes hagin fet ens permetrà saber si els infants consideren que la llum es propaga en línia recta sense fi i en totes direccions, o s'imaginin la propagació d'alguna altra manera.

Després, demanarem que dibuixin les ombres de dos paisatges (annexos 2 i 3), per tal de veure què saben sobre la formació de les ombres. En el cas del dibuix de l'annex 2, per poder analitzar les produccions dels infants cal que tinguem en compte que, com que hi ha dos focus de llum, el/la nen/a de la il·lustració hauria de tenir una ombra per a cada focus de llum.

Un cop fet aquest treball individual, proposarem als nens i nenes que comparteixin els dibuixos i debatin les diferents respostes per afavorir una construcció col·lectiva del coneixement. Per fer-ho, podem seguir la dinàmica 1-2-4 (o simplificar-la a 1-4). La dinàmica 1-2-4 és una estructura cooperativa en què, primer, els infants pensen i responen individualment les preguntes plantejades, després ho fan en parelles i, finalment, amb

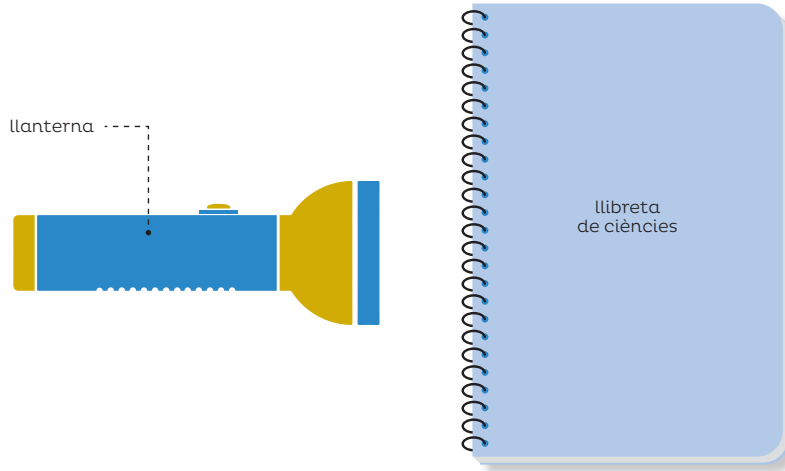
tots els quatre membres de l'equip cooperatiu. Explicarem als infants que l'objectiu final és recollir les diferents idees que hagin aparegut en el debat en petit grup, i els arguments a favor o en contra de cadascuna de les idees diferents que voldran compartir a la posada en comú. També recordarem que, per a la posada en comú posterior, hauran de mostrar els diferents dibuixos que hagin fet en una cartolina o en una pissarra petita.

Al llarg de tota aquesta activitat ens fixarem en els tipus d'elements que inclouen els infants als seus dibuixos, especialment la forma com representen la llum, i la relació entre focus de llum, raig de llum i objecte il·luminat. Demanarem als infants que ens aclareixin les idees que no s'entenguin i vetllarem perquè la dinàmica es dugui a terme correctament. Tanmateix, hi introduïrem nova informació, ni farem explicacions que puguin orientar la resposta dels infants, ja que ens interessa que es facin explícites les seves idees, i no pas les de la ciència. Com a molt ajudarem a clarificar el significat de les idees que els nens i nenes expressin si considerem que no són prou comprensibles per al conjunt d'alumnes de la classe, usant expressions com ara: *així tu vols dir que...?; si ho he entès bé, el vostre grup esteu dient que...?*

Un cop feta l'exposició oral dels dibuixos, guiarem una conversa que: (a) ajudi a posar de manifest les diferències i les semblances entre les diferents idees i representacions; (b) faci èmfasi en aquells aspectes on sembla que hi ha un consens i aquells on sembla que no (p. e. *sembla que tots estem d'acord en el fet que... però, en canvi, només uns quants creuen que...*); (c) identifiqui les idees o paraules que posteriorment ens poden servir per seguir construint coneixement (p. e. *heu dit que quan la llum troba un objecte no pot passar i rebota*); i (d) posi de manifest els dubtes que van apareixent i les preguntes que necessiten més investigació per poder respondre-les millor.

## Activitat 2

# LA LLUM ES PROPAGA, I HO FA EN LÍNIA RECTA



### Material per a un grup de quatre persones

Una llanterna, folis o libreta de ciències.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** Llum, font de llum i objecte il·luminat no són el mateix.

**Idea 2.** La llum es propaga a través de l'espai i ho fa en línia recta.

**Idea 3.** La llum es propaga a través de l'espai fins que topa amb algun objecte, i si no el pot travessar serà absorbida o reflectida.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Aquesta activitat ens ajudarà a comprendre de forma progressiva que la llum es propaga a través de l'espai en línia recta i sense fi, llevat que es topi amb un objecte. Per esbrinar-ho durem a terme una experiència que ens permetrà entendre que la llum no és visible, i que el que veiem són els objectes il·luminats a través de la llum que ens arriba directament als ulls.

Abans de començar a treballar en petit grup i per situar-nos, demanarem que pensin si la llum de la llanterna pot arribar a l'altre extrem del passadís. Un cop hagin aportat les seves idees començarem l'experiència il·luminant amb una llanterna sobre la taula. Seguidament,

demanarem als infants si poden veure que la llum arriba a la taula i com és que ho poden veure. Segurament, ens respondran que sí que poden veure que la llum arriba a la taula, perquè en aquesta hi veuen un cercle que la il·lumina.

Seguidament, amb l'aula il·luminada, ens col·loquem a un extrem d'aquesta en paral·lel als infants, des d'on no puguin veure si la llanterna està encesa o apagada i els demanarem si poden veure si la llum de la llanterna que sostenim arriba a l'altra banda de l'aula, i si poden veure el camí que fa des de la llanterna fins a la paret. En aquesta ocasió els infants no hauran pogut veure si quan hem encès la llanterna la llum ha arribat a l'altre extrem de l'aula i tampoc el seu camí, perquè la llum no és visible, si no és que es reflecteixi en un objecte o que ens arribi directament als ulls. Si l'aula no és massa gran, podem repetir la mateixa experiència amb l'aula a les fosques i fer-los les mateixes preguntes. D'aquesta manera, podran comprovar que la llum de la llanterna sí que arriba a l'altre extrem de l'aula, perquè veuran la paret il·luminada, però no hauran pogut veure el "camí" de la llum, des de la llanterna a la paret.

Per tal que puguin comprovar que la llum pot recórrer distàncies més llargues, buscarem un espai amb més distància, com pot ser el passadís, i plantejarem el següent repte als infants: *creieu que la llum arribarà a l'altre extrem del passadís?, com podem saber-ho?*

Per resoldre el repte, distribuïrem una llanterna per a cada grup de quatre, col·locarem un dels infants a un extrem del passadís i la resta del grup a l'altre. Aquests últims tindran la llanterna i des del seu extrem hauran d'il·luminar als ulls del seu company. Repetirem l'experiència fins que tothom hagi pogut passar pel rol

d'estudiant il·luminat. Seguidament, repetirem la mateixa experiència, però ara a les fosques.

Un cop finalitzada l'experiència, demanarem als infants que amb el seu grup reflexionin i donin una resposta a la pregunta formulada: *creieu que la llum arribarà a l'altre extrem del passadís?* Deixarem una estona perquè cada grup pensi com poden saber que la llum ha arribat a l'altre extrem del passadís. Durant aquest temps facilitarem la tasca al infants resolent dubtes i fent preguntes que permetin concretar la resposta. A continuació, encetarem una conversa que ens permetrà posar en comú els fets que hem observat i les idees de tots els grups. Al final de la conversa hauriem de poder arribar a establir una conclusió empírica que ens permeti afirmar que: *sabem que la llum ha arribat a l'altre extrem del passadís perquè ens ha il·luminat els ulls.*

Per feble que sigui la llum, els infants il·luminats l'hauran pogut veure, perquè la llum els haurà arribat directament als ulls, encara que no hagin pogut veure que a aquella distància una part de la llum s'haurà dispersat, i perquè la llanterna també els haurà il·luminat tot el cos, tot i que si no portem a terme l'experiència a les fosques aquest fet no es podrà identificar.

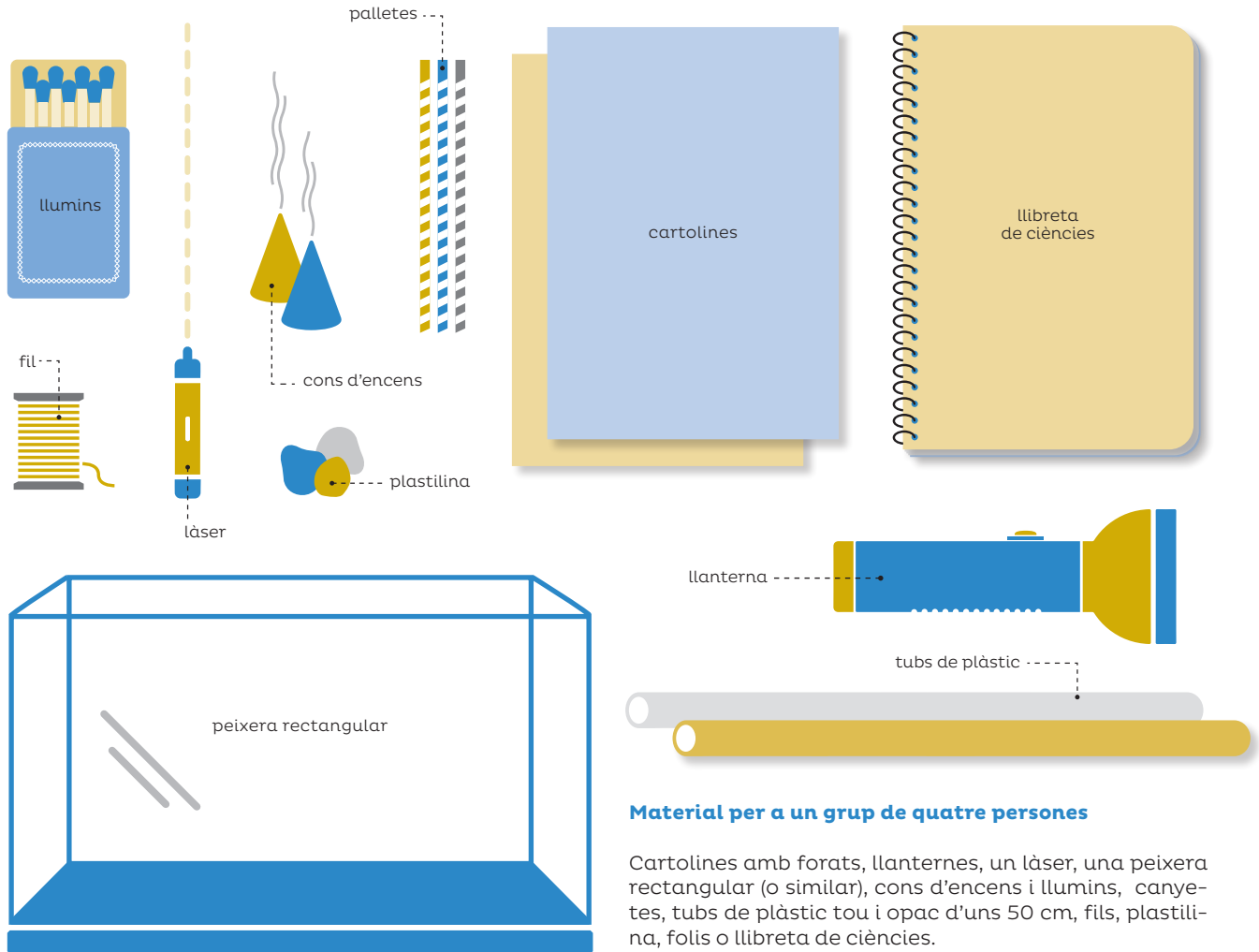
Durant la conversa podem ajudar els infants a compartir les seves idees amb preguntes com les següents: *com ho hem sabut?; quin és el fet que ens ha permès confirmar que la llum ha arribat a l'altre extrem del passadís?; què hem descobert sobre la llum en aquesta experiència?*

Finalitzada l'experiència, demanarem als infants que la documentin a la seva llibreta de ciències mitjançant un dibuix, un esquema, etc., acompanyat d'un breu redactat on quedin clares les idees principals que donen resposta a la pregunta d'investigació.



## Activitat 3

# REPRESENTEM LA TRAJECTÒRIA DE LA LLUM



### Material per a un grup de quatre persones

Cartolines amb forats, llanternes, un làser, una peixera rectangular (o similar), cons d'encens i llumins, canyetes, tubs de plàstic tou i opac d'uns 50 cm, fils, plastilina, folis o llibreta de ciències.

## Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** Llum, font de llum i objecte il·luminat no són el mateix.

**Idea 2.** La llum es propaga a través de l'espai i ho fa en línia recta.

## Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

A l'inici d'aquesta activitat facilitarem un seguit de cartolines, al centre de cadascuna de les quals haurem fet un forat d'un centímetre. Amb l'ajuda de plastilina farem un peu per mantenir les cartolines verticals a sobre la taula.

Demanarem als nens i nenes que amb una llanterna facin passar la llum a través de diverses cartolines i els demanarem que observin bé com han de posar les cartolines i els forats per tal que la llum pugui passar per totes les cartolines. La resposta hauria de ser que l'única opció és que els forats estiguin en línia recta, la qual cosa és una evidència clara que la llum sempre segueix una trajectòria recta.

Un cop acabada aquesta experiència podem reforçar aquest fet, representant el raig de llum mitjançant un fil que surti de la llanterna, passi a través dels forats de les cartolines i arribi fins a l'altre extrem.

Per visualitzar encara més que la llum segueix una trajectòria en línia recta podem posar una peixera capgirada (o similar) i, al seu interior, hi posarem un con d'encens de manera que la peixera es vagi omplint de fum. És important que mantinguem aixecat un dels extrems de la peixera permetent una mínima entrada d'aire. Quan la peixera estigui plena de fum farem que els nens

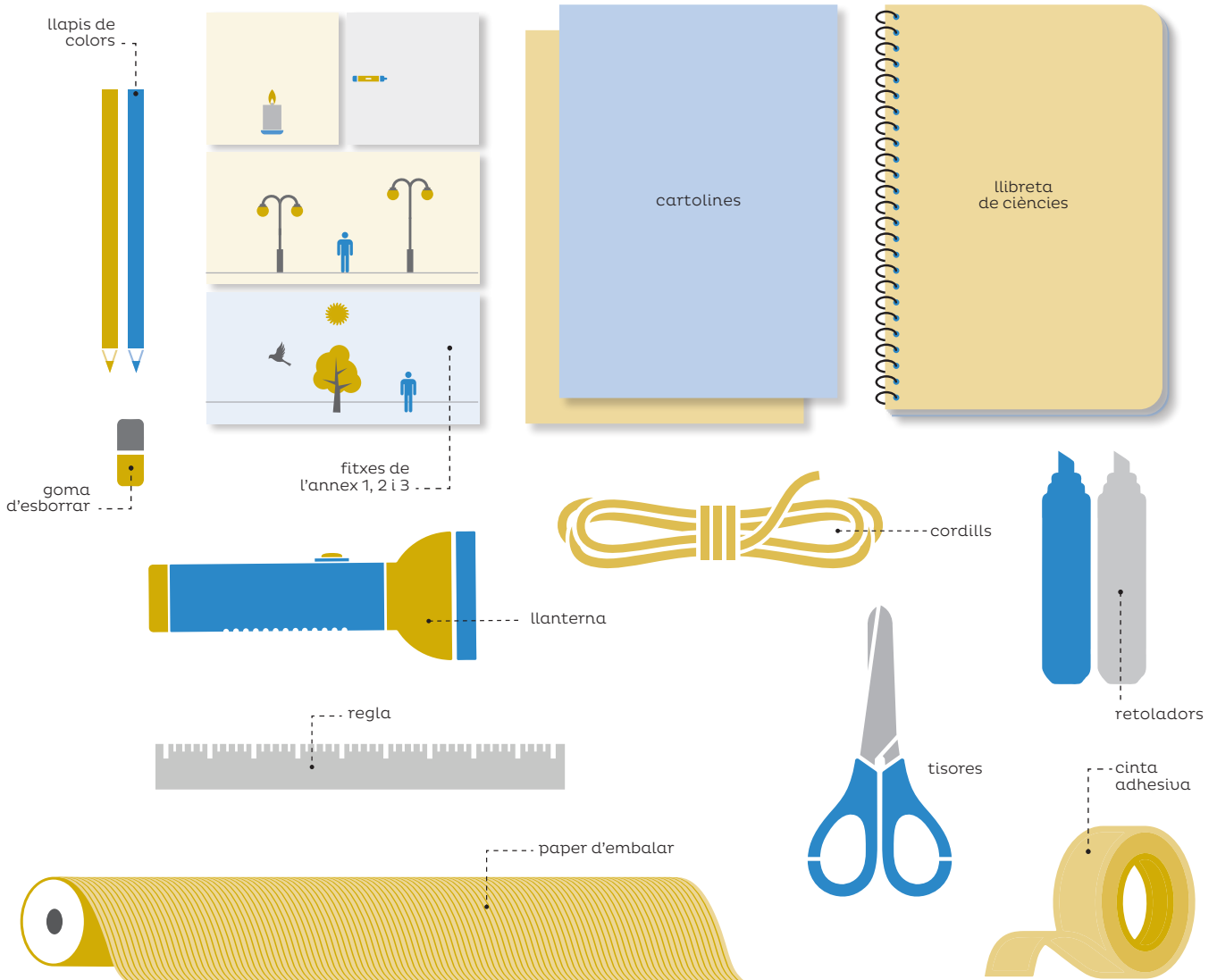
i nenes es col·loquin en un dels laterals, mentre un dels membres del grup encén un làser i l'apunta de manera que passi pel fum de la peixera. Indicarem que cal observar què passa amb la llum del làser. El que passarà és que el fum permetrà que es pugui veure perfectament una línia recta del color del làser que creua d'un extrem a l'altre de la peixera. Aquesta línia fineta és la representació d'un raig de llum. És millor fer-ho amb un làser perquè si ho fem amb una llanterna, el feix de llum s'obrirà massa i no semblarà un raig de llum. Aquesta experiència també es pot portar a terme omplint un got d'aigua i dissolent-hi unes gotes de llet.

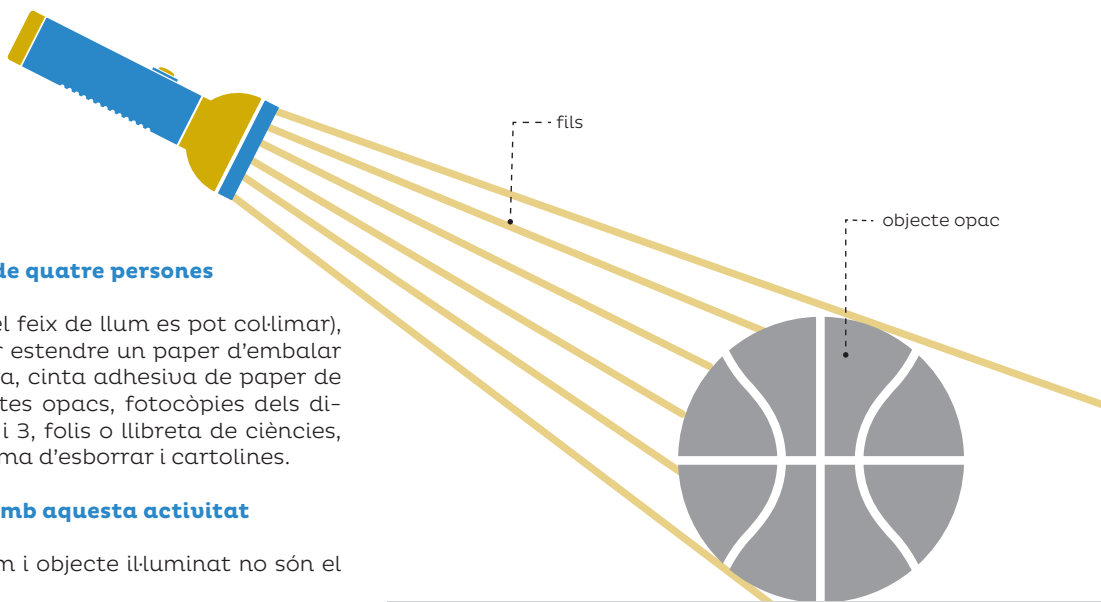
Finalment, podem proposar una última observació que ens permeti comprovar de nou que la llum sempre es propaga en línia recta. En aquest cas es tracta de repartir llanternes i un joc de canyetes i de tubs de plàstic a cadascun dels grups de nens i nenes. Les canyetes de beguda han de ser de les que es poden doblegar per un dels extrems. Se'ls demanarà que manipulin les canyetes i els tubs de tal manera que il·luminant amb la llanterna per un extrem, puguin veure la llum per l'altre extrem. Els nens i nenes hauran d'anotar en quina posició de les canyetes o els tubs és possible aquesta observació.

Per finalitzar del tot l'activitat els demanarem que expliquin a quina conclusió han arribat en relació a la direcció de propagació de la llum. Per això els demanarem que responguin a les següents preguntes: *en quina direcció viatja la llum?; quines evidències tenim de què això és així, és a dir, com ho hem arribat a saber?* Demanarem als infants que escriguin les seves respostes a la seva llibreta de ciències i les acompanyin dels dibuixos o esquemes que considerin pertinents.

## Activitat 4

# QUÈ ÉS UNA OMBRA?





### Material per a un grup de quatre persones

Una llanterna (millor si el feix de llum es pot collimar), una taula gran on poder estendre un paper d'embalar (d'uns 2 m), cordill i tisora, cinta adhesiva de paper de pintor, retoladors, objectes opacs, fotocòpies dels dibuixos dels annexos 1, 2 i 3, folis o llibreta de ciències, regle, llapis de colors, goma d'esborrar i cartolines.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** Llum, font de llum i objecte il·luminat no són el mateix.

**Idea 2.** La llum es propaga a través de l'espai i ho fa en línia recta.

**Idea 4.** En un espai il·luminat, anomenem ombra a aquella porció de l'espai on, a causa d'algun obstacle material, no arriba la llum.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

En aquesta activitat es tracta de predir la formació d'ombres. Ho farem amb un focus o una llanterna sobre un gran paper en el qual posarem l'objecte del qual volem determinar com serà la seva ombra. Es tracta d'usar la idea treballada en l'activitat anterior que la llum sempre es propaga en línia recta per predir com serà l'ombra dels objectes que hem escollit, tot representant els raigs de llum amb cordills que surten de la llanterna fins al paper. L'objectiu és acabar veient l'ombra física, el seu perfil dibuixat i els raigs de llum que la defineixen representats amb els cordills, per poder comprendre millor què és una ombra i com es forma.

Figura 1. Dibuix de com haurien de quedar disposats els fils

Fixarem uns 2 m de paper d'embalar a sobre d'una taula. En un extrem situarem la llanterna, i cap a mig paper posarem l'objecte opac que ha de fer l'ombra. És convenient que el mestre o mestra s'asseguri abans de l'experiència que l'ombra no sigui massa llarga i surti del paper, per així orientar l'alumnat sobre la zona on posar l'objecte i sobre la inclinació del focus de llum.

Amb la llanterna situada, però apagada!, marcarem a sobre el paper la posició de l'objecte, i demanarem als infants que dibuixin quina forma imaginem que tindrà l'ombra quan encenguem la llanterna. Un cop els nens i nenes hagin fet les seves prediccions demanarem que encenguin la llanterna i comprovin si l'ombra real es correspon (o no) amb la predicció que han fet. Segurament l'ombra que han dibuixat no coincidirà amb l'ombra real de l'objecte.

Apagarem de nou la llanterna i demanarem com s'imaginen la trajectòria de la llum des que surt de la llanterna fins que arriba a l'objecte, o bé passa pels costats. Els proposarem que representin la llum que surt de la llanterna amb cordills ben tibats i rectes. Per això, amb la cinta adhesiva fixarem diversos cordills que surtin de la llanterna fins al paper. L'experiència ens ensenya que el millor és que els cordills surtin tots d'una mateixa part del contorn de la llanterna, per exemple de la part de dalt. L'altre extrem del cordill l'enganxarem sobre el paper d'embalar, o bé sobre l'objecte, segons sigui el seu recorregut, tenint en compte que ha de recórrer una línia ben recta (figura 1).

Comentarem que cada cordill representa un raig de llum. De tots els raigs de llum que surten de la llanterna ens interessen especialment els que passen en línia recta i tangencialment al perfil de l'objecte, perquè aquests són els raigs que delimitaran el contorn de l'ombra. Cal anar amb compte que, en fixar aquests fils, no es dobleguin pel seu contacte amb l'objecte. Recordarem que han de representar sempre un raig de llum, per tant, han d'anar sempre en línia recta.

Un cop situats prou cordills, amb un retolador demanarem a l'alumnat que dibuixin, a sobre el paper, el perfil de l'ombra que defineixen. Fet això demanarem que encenguin la llanterna i comprovin que ara l'aproximació a la forma de l'ombra és molt més bona.

Encetarem una conversa que ha de servir per adonar-se que l'ombra és la manca de llum, que es produeix quan la llum troba un objecte opac en el seu recorregut, i que el fet de saber que els raigs de llum sempre es propaguen en línia recta ens permet anticipar o predir on es formaran les ombres i quina forma i mida tindran. Per això, podem ampliar l'experiència i les prediccions

tot situant l'objecte més a prop o més lluny de la font de llum i observant com la mida de l'ombra resultant depèn d'aquesta distància.

Conclourem aquesta seqüència d'activitats reprenent els dibuixos individuals i grupals que els nens i nenes van realitzar a la primera activitat. Indicarem als infants que usin el que han après per modificar, si ho consideren oportú, els seus dibuixos inicials (annexos 1, 2 i 3).

Un cop hagin fet les seves modificacions, iniciarem una posada en comú l'objectiu de la qual és que els infants prenguin consciència del que han après, revisant les seves idees inicials. Per tant, en aquest moment, serà important que subratllem la necessitat de comparar allò que pensaven abans amb el que ara saben i pensen, i sobretot que justifiquin els canvis a partir de les evidències i els coneixements adquirits en les activitats realitzades.

En relació a l'activitat de l'annex 1, els raigs de llum de l'espelma haurien de sortir de la flama cap a totes direccions però en línia recta. En el cas del làser, que té un focus de llum més petit, hauria de sortir un sol fil de llum, també en línia recta. En aquest cas, podem fer referència a les idees treballades a les activitat 2 i 3, sobre el fet que la llum sempre es propaga en línia recta. En el cas dels annexos 2 i 3, on calia dibuixar les ombres, els nens i nenes hauran de tenir en compte que, en la situació que hi ha dos fanals, la persona tindrà dues ombres i que una d'elles serà més llarga que l'altra. En la revisió que fem entre tots, els ajudarem a veure que si dibuixen línies rectes representant els raigs de llum que surten de les fonts de llum i que passen tangencialment als objectes, podem dibuixar molt millor la seva ombra, tal com ho hem fet en la part experimental a l'inici d'aquesta activitat.

# Quan el problema és comprendre què és el so i com es comporta

Habitualment els continguts relacionats amb el so no s'aborden d'una manera massa efectiva a l'educació primària, la qual cosa dificulta la construcció d'unes primeres nocions científiques sobre què és el so, com es produeix i com es propaga.

Tal com hem comentat a l'apartat anterior, si bé molts currículums i llibres de text proposen treballar conjuntament so i llum, considerem que no és convenient barrejar aquests dos continguts, perquè es tracta de dos fenòmens de naturalesa absolutament diferent que responen a lleis diferents. Així, el so és un fenomen mecànic, que el podem concebre com el resultat de les vibracions de les partícules que, empenyent les partícules veïnes, es transmeten a través seu, mentre que la llum és un fenomen electromagnètic –i per tant no respon a cap descripció mecànica–, que, a diferència del so, no necessita de cap medi material per a la seva propagació. Així doncs, una idea important a construir és que el so requereix d'algun medi material –sòlid, líquid o gas– per produir-se i propagar-se i que, per tant, no es pot propagar en el buit.

Malgrat que el so es propaga com una ona, no sembla adequat que a l'educació primària insistim gaire en aquest fet. Per contra, sí que és important insistir en allò que produeix un so, la vibració de la matèria, i com que aquesta vibració es pot transmetre d'unes partícules a unes altres, el so es pot propagar en totes direccions des d'un emissor. Emprant el model de partícules que podem introduir als últims cursos de primària (Amat, Martí i Grau, 2017) proporcionarem a l'alumnat un model mecànic sobre el qual poden començar a raonar i que, de moment, serà suficient per explicar les característiques bàsiques del so. En cursos superiors, ja a l'ESO, l'alumnat pot anar completant aquest model amb la introducció de models ondulatoris del so.

Així doncs, la nostra proposta didàctica per a l'educació primària és, en primer lloc, deslligar totalment l'estudi de la llum de l'estudi del so i, en segon lloc, parlar del so com a vibració de les partícules que formen el medi. Aquesta descripció mecànica remet a l'essència de la naturalesa del so i, en tant que és una idea mecànica, és molt més adequada que vincular el so a la idea massa abstracta d'energia.

## Les idees dels nens i nenes sobre el so

Com també passa en altres fenòmens físics, una de les idees intuïtives sobre el so més freqüents entre l'alumnat és la d'assignar-li una mena de realitat material, és a dir, de considerar el so com una "cosa" material que es desplaça per l'espai. Aquesta substancialització del so és el que explica que la majoria de nens i nenes responguin a la pregunta *com és que sentim el soroll del pati si tenim totes les finestres tancades i hi ha una paret al mig?*, dient que és perquè *"el soroll passa pels foradets de la paret"* o *"perquè passa per les esclotxes de les finestres"*. Curiosament alguns estudis han mostrat que, en realitat, els nens i nenes tenen clar que el so no és una cosa física, de manera que el que segurament està passant és que pensen en el so "com si fos una cosa", fent-lo comportar com es comporten les coses –els objectes físics–, tot i saber que no és un objecte físic (Mazens i Lautrey, 2003).

Aquesta visió ingènua del so "com si fos una cosa", i no pas com una vibració de la matèria, condueix els nens i nenes a explicacions allunyades de les explicacions científiques, tal com mostren els exemples que tot seguit descriuim.

Per exemple, els nens i nenes sovint pensen que el so es propaga per l'aire a través de les seves molècules, com

una cosa diferent del propi aire, i no pas com la vibració de les partícules dels gasos que conformen l'aire. També pot ser que pensin que en un medi molt dens, com pot ser un tros de ferro, el so tindrà molta dificultat per transmetre-s'hi, perquè xocarà amb les partícules del material; i al contrari, pensen que el so es propagarà millor en el buit perquè en el buit no hi ha cap obstacle que impedeixi el seu moviment.

També pot ser que pensin que si cridem, el so és més fort, i això fa que es propagui més ràpidament, tot establint, amb aquest raonament, una clara analogia amb l'empenta que donem als objectes per fer-los moure. També en relació a la intensitat del so, molts nens i nenes atribueixen la qualitat de "fort" o "feble" als sons, com una cosa inherent al propi so, de manera que consideren que hi ha sons que són sempre forts i d'altres que sempre són fluixos, i que ser més fort o més fluix els permet arribar més o menys lluny, més o menys ràpid.

Tal com hem dit abans, és molt habitual que els nens i nenes pensin que en topar amb un objecte sòlid el so no pot passar, llevat que hi trobi forats o obertures d'algun tipus. Tot i que sovint no arribin a veure ni forats ni obertures, es mantenen fermes en la idea que han de ser-hi i que, segurament, són tan petits que no els podem arribar a veure (però hi són!).

Així doncs, l'obstacle més gran que ens trobarem a l'educació primària per comprendre el so és saber com afavorir el canvi conceptual des d'una idea intuïtiva de so "com a cosa" a una idea més científica de so "com a vibració d'un medi material", i això ho aconseguirem millor si problematitzem les idees intuïtives dels nens i nenes, si introduïm idees alternatives, i si els proposem d'investigar per obtenir evidències empíriques que permetin posar a prova el poder explicatiu d'unes i altres idees.

### **Idees que cal treballar sobre el so**

En l'estudi sobre el so i les formes com es transmet que es planteja en el conjunt d'activitats de l'itinerari d'investigació que es presenta a continuació, es pretén ajudar els nens i nenes a construir les següents idees clau:

**Idea 1.** El so es produeix per un objecte que vibra.

**Idea 2.** Les vibracions del material es transmeten a les zones veïnes, i així és com el so es propaga.

**Idea 3.** Si no hi ha medi material que pugui vibrar, no hi haurà so.

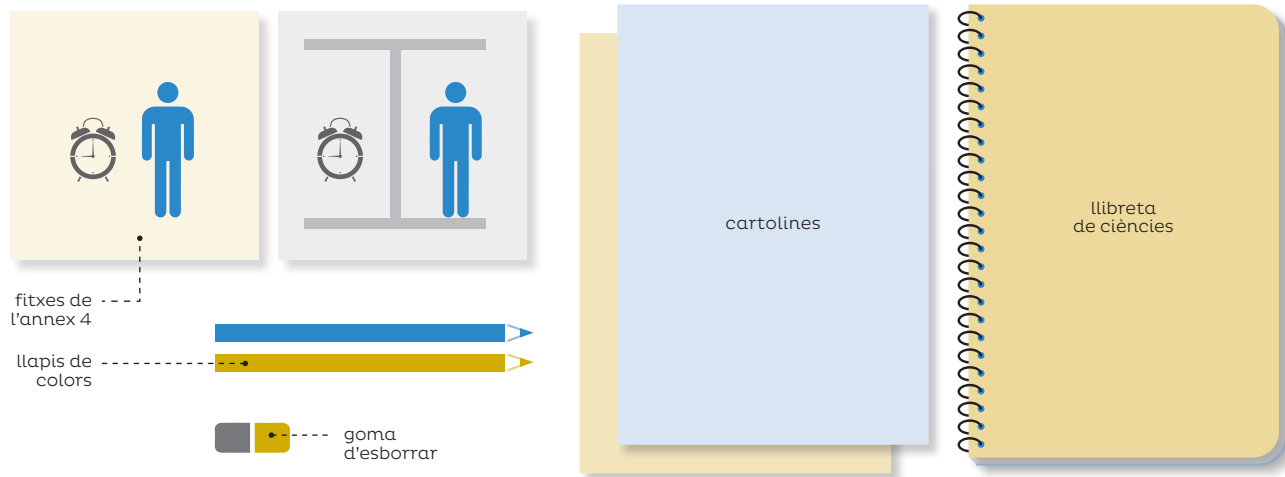
**Idea 4.** En alguns medis (els sòlids) el so es transmet millor que en altres (els líquids o els gasos).

	<b>Activitat 1.</b> Explorem les idees dels infants sobre el so.	<b>Activitat 2.</b> Coses que fan soroll	<b>Activitat 3.</b> El so es transmet a través de la matèria	<b>Activitat 4.</b> Tornem al principi
<b>Idea 1.</b> El so es produeix per un objecte que vibra.				
<b>Idea 2.</b> Les vibracions del material es transmeten a les zones veïnes, i així és com el so es propaga.				
<b>Idea 3.</b> Si no hi ha medi material que pugui vibrar, no hi haurà so.				
<b>Idea 4.</b> En alguns medis (els sòlids) el so es transmet millor que en altres (els líquids o els gasos).				



## Activitat 1

# EXPLOREM LES IDEES DELS INFANTS SOBRE EL SO



### Material per a un grup de quatre

4 fotocòpies (annex 4, una per cada membre del grup), foli o llibreta de ciències, llapis de colors, goma d'esborrar, cartolines blanques o pissarres petites.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** El so es produeix per un objecte que vibra.

**Idea 2.** Les vibracions del material es transmeten a les zones veïnes i així és com el so es propaga.

**Idea 4.** En alguns medis (els sòlids) el so es transmet millor que altres (els líquids o els gasos).

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

En aquesta activitat inicial volem explorar quines idees tenen cadascun dels nens i nenes del nostre grup.

Repartirem una fotocòpia amb les il·lustracions de l'annex 4. Col·locarem les il·lustracions una a sobre l'altra, o encara millor, una a cada cara d'un foli de paper, de manera que es vegi ben clar que es tracta de dues situacions diferents i hi posarem els títols: situació 1 i situació 2. A la il·lustració que correspon a la situació 1 es veu un objecte que fa soroll, per exemple, un despertador, i una persona situada a prop. A la il·lustració que correspon a la situació 2 es veuen dues habitacions tancades amb una paret en comú al mig. En una de les

habitacions hi ha el despertador i, a l'altra, una persona que escolta.

Un cop repartides les il·lustracions plantejarem als nens i nenes que, per a cada situació, dibuixin i expliquin com creuen que el so surt del despertador, si arriba o no a la persona que escolta, i com ho fa per arribar-hi. Deixarem uns minuts perquè cada alumne o alumna pugui fer el seu dibuix i la seva explicació, i quan tothom els hagin realitzat, demanarem que es col·loquin en grup i debatin sobre els seus dibuixos i explicacions. Podem utilitzar la dinàmica 1-2-4 (o 1-4) com a estructura cooperativa per facilitar que tots els membres aportin les idees al seu petit grup. En aquest moment, observarem com els nens i nenes desenvolupen l'activitat però sense introduir-hi cap idea científica, perquè allò que perseguim és explorar quines idees i raonaments usen els nens i nenes per explicar les situacions. Per això, també és molt important que circulem per tots els grups i escoltem bé les converses que tenen, per després poder moderar millor la posada en comú. Com a producte final d'aquest debat en petit grup, demanarem a cada grup que registri els seus dibuixos i explicacions en una cartolina gran o en una pissarra petita, per poder-les mostrar als companys i companyes dels altres grups.

Quan els diferents grups hagin acabat, iniciarem una posada en comú amb l'objectiu de recollir les explicacions (hipòtesis) diferents que els nens i nenes proposin. Afavorirem l'intercanvi d'idees entre els diferents grups i acollirem totes les idees que aportin, tot ajudant a clarificar-les en el cas que considerem que no són prou clares perquè els companys i companyes les entenguin. Evitarem d'avaluar cap idea i no introduïrem cap terme científic que no hagin utilitzat els nens i nenes en les seves exposicions. Més endavant, quan els

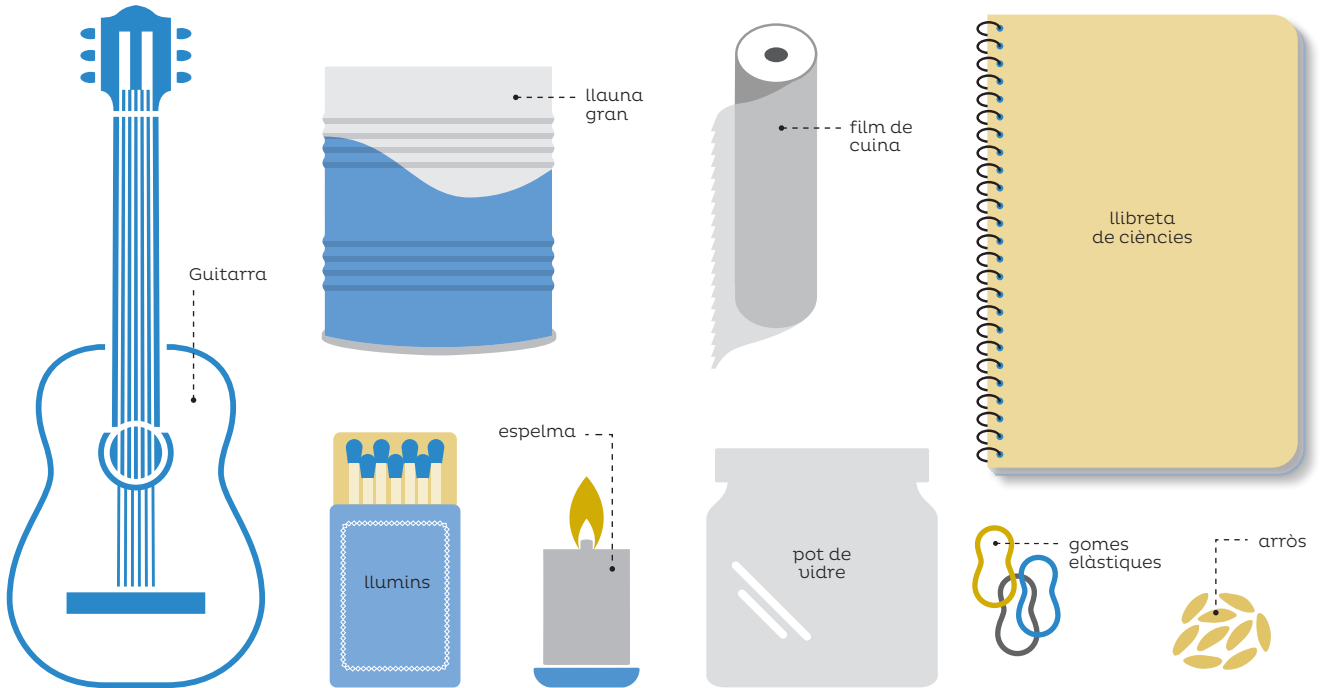
termes tinguin més significat per a tothom, ja anirem introduint-hi el vocabulari més precís.

Aquesta activitat ens servirà per analitzar quina idea majoritària de so tenen els nens i nenes. Probablement aparegui la idea de so "com a cosa" com una idea molt estesa entre els nens i nenes per explicar la situació 2, que detectarem perquè faran aparèixer a les seves explicacions la presència de forats o esclatxes per on passa el so d'una habitació a l'altra. Pot ser que alguns nens i nenes usin termes com "ona", o "ona sonora". En aquests casos serà important que el mestre o mestra els demani què són aquestes entitats, com se les imaginin, per així determinar si són termes dels quals coneixen bé el significat, o bé que simplement els fan servir perquè els han sentit altres vegades en situacions relacionades amb fenòmens sonors. També val la pena fixar-se en si quan representen el so consideren que el so es propaga en totes direccions o només va directament de l'emissor al receptor.

Finalitzarem l'activitat quan acabem la posada en comú, recordant que totes les idees ens poden ser útils per comprendre el so, i que les investigacions que farem a partir d'aquest moment serviran per aportar-nos evidències i reflexions que ens permetin decidir quines de les idees exposades a l'inici són més útils per explicar els fenòmens observats.

## Activitat 2

# COSES QUE FAN SOROLL



### Material per a un grup de quatre persones

Un tambor o pandereta (o llauna gran sense tapa), arròs (o sal o sucre), gomes elàstiques, guitarra o instrument similar, 1 pot de vidre buit, paper film, 1 espelma, llumins, folis o llibreta de ciències.

### Idees clau treballades en aquesta activitat

**Idea 1.** El so es produeix per un objecte que vibra.

**Idea 2.** Les vibracions del material es transmeten a les zones veïnes i així és com el so es propaga.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Aquesta activitat ens servirà per investigar com es genera el so, tot observant diverses situacions en què podem vincular clarament la producció d'un so al fet que un objecte vibri, ja sigui donant-li un cop, gratant-lo, pinçant-lo, etc.

Donarem una pandereta (o un tambor, o una llauna gran) a cada grup de nens. També els donarem un pot de vidre buit, un tros de paper film i un grapadet d'arròs (o sal, o sucre). Indicarem que retallin un tros de paper film i el col·loquin ben tibant a la boca del pot de vidre,

i que un cop fet això col·loquin una mica d'arròs (o sal, o sucre) a sobre del paper film. Un cop tinguin aquest muntatge (figura 2), demanarem que colpegin la pandereta (o tambor, o llauna gran), des d'una distància aproximada d'uns 30 cm-40 cm, dirigint el so cap al pot, i que observin què passa amb l'arròs, responent la pregunta: *què fa l'arròs quan colpegem la pandereta?* Els nens i nenes haurien d'observar que l'arròs es mou –salta–, cada vegada que colpegem la pandereta.

Una observació similar a l'anterior es pot fer usant de nou la pandereta i una espelma. En aquest cas donarem als nens i nenes una espelma encesa i els demanarem que amb molt cura la col·loquin sobre la taula (figura 2). Després demanarem que colpegin la pandereta en direcció a la flama de l'espelma a una distància d'uns 30 cm-40 cm, i que observin què passa amb la flama de l'espelma, responent a la pregunta: *què fa la flama de l'espelma quan colpegem la pandereta?* Els nens i nenes haurien d'observar que la flama de l'espelma es mou en el mateix sentit del cop que hem donat.

Demanarem als nens i nenes que en grups registrin detalladament ambdues observacions, i que les acompanyin de dibuixos que les il·lustrin. Subratllarem que de moment no cal que les interpretin.

A continuació, demanarem que es posin en parelles i que un dels dos membres de la parella sostingui una goma elàstica entre els dits polze i índex de les dues mans. Un cop col·locada la goma elàstica demanarem a l'altre membre de la parella que l'estiri tot pinçant-la, i que registrin a la seva llibreta de ciències què fa la goma, i si senten que s'hagi produït algun so. Després podem subministrar una guitarra, o qualsevol altre instrument de corda, i demanar que col·loquin petits trossos de paper en forma de V invertida al damunt de les cordes. Un cop

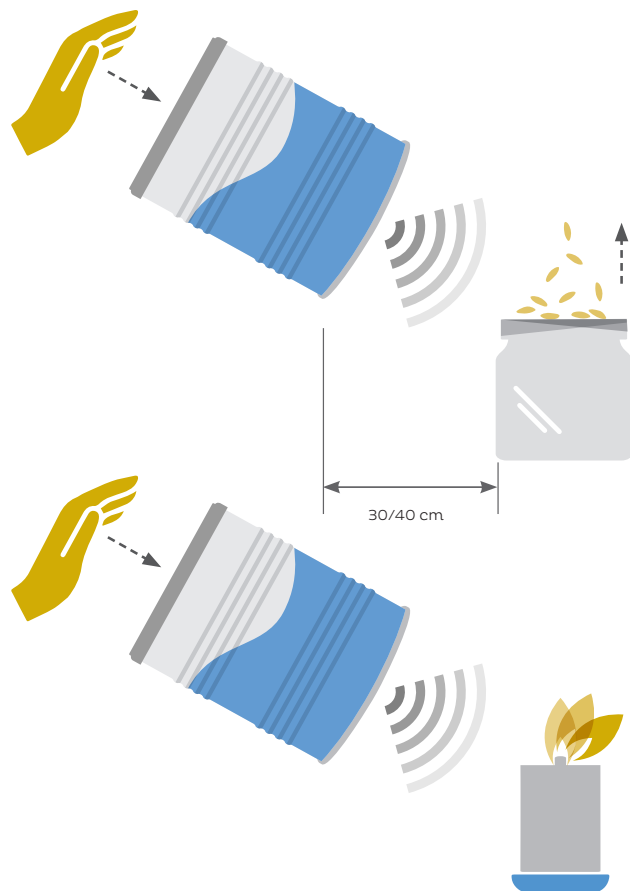


Figura 2. Experiència de l'arròs que salta i de la flama que es mou

col·locats els papers demanarem que pincin les cordes i que observin i registrin què passa amb els papers.

A la primera observació els nens i nenes haurien d'observar que quan pinçem la goma elàstica es produeix un so, que la goma elàstica vibra i que el so dura mentre la goma elàstica estigui vibrant. En el segon cas haurien d'observar que els paperets salten perquè la corda de

l'instrument vibra, que la vibració produeix un so i que el so persisteix fins que la corda deixa de vibrar.

Un cop fetes totes aquestes observacions, serà el moment de demanar als nens i nenes que les interpretin. Els farem adonar que fins ara hem observat què passa quan fem certes accions, i que ara el que volem és intentar explicar perquè passa el que passa. Deixarem una estona als nens i nenes perquè pensin sobre les següents preguntes: *com és que la goma elàstica produeix un so?*; *com és que la corda de guitarra produeix un so?*; *què tenen en comú aquestes dues observacions?* Passats uns minuts encetarem una conversa amb tot el grup per veure com podem respondre de la millor manera a les preguntes anteriors. Per acompanyar la conversa ens ajudarem de preguntes com ara: *quina relació hi ha entre la producció del so i la corda de la guitarra?*; *quina relació hi ha entre la producció del so i la goma elàstica?*; *què ha de fer la goma o la corda per aconseguir que es produeixi un so?*; *quan s'atura el so?* El producte final d'aquesta conversa hauria de ser que el so es produeix quan la corda vibra, i que quan la corda s'atura el so també s'atura. Constatar aquesta relació ens permetrà afirmar que el so és produeix quan un material vibra. Aquesta relació entre so i vibració, hem de procurar utilitzar-la contínuament a partir d'ara.

Arribats a aquí, recordarem les dues primeres observacions (la del pot amb arròs i la de l'espelma) i els demanarem que intentin donar resposta a les preguntes següents: *com és que l'arròs salta quan colpegem la pandereta?*; *com és que l'espelma es mou quan colpegem la pandereta?* Dividirem els grups en dues meitats i encarregarem als grups de cada meitat que responguin la primera pregunta, i als grups de la segona meitat que responguin la segona pregunta. Els demanarem que acompanyin la seva explicació amb un dibuix fet

en una cartolina o en una pissarra petita. També els demanarem que a la seva explicació ha d'aparèixer la idea que acabem de construir: el so es produeix per la vibració d'un material.

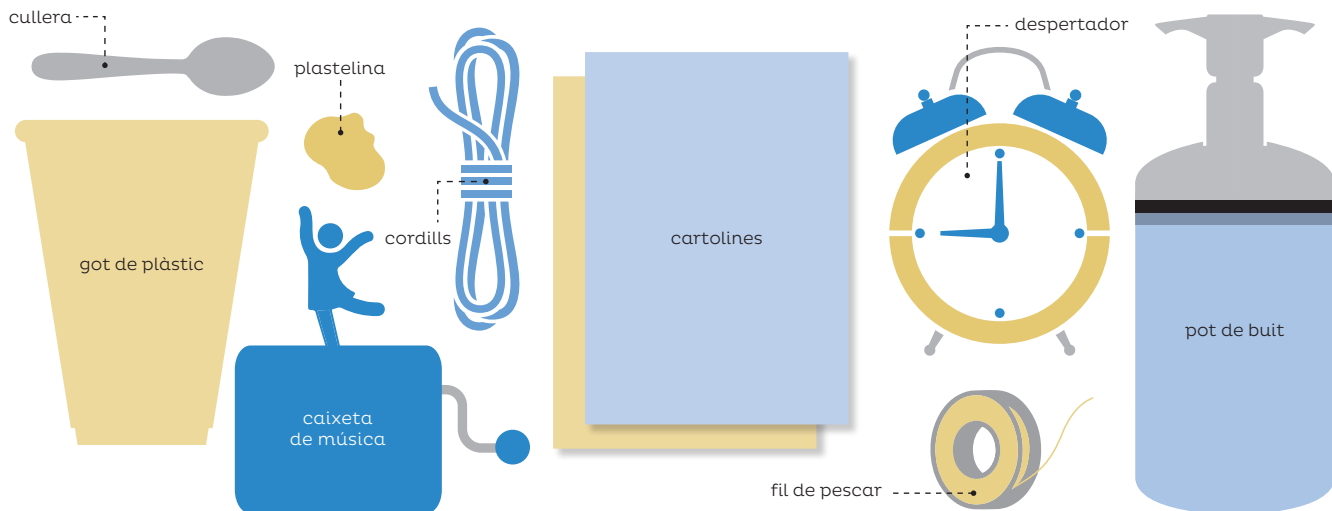
Passats uns minuts iniciarem una posada en comú, per tal que els nens i nenes expressin les seves idees i mostrin els seus dibuixos. El mestre o mestra pot animar la conversa a través de preguntes com ara: *què fa moure l'arròs?* (la vibració del paper film); *com és que es mou el paper film?* (perquè l'aire del seu voltant està vibrant); *quan colpegem la pandereta, què provoquem?* (que la pell de la pandereta vibri i es produeixi un so, però també que vibri l'aire més proper a la pandereta), *la vibració de l'aire provocada per la vibració de la pandereta pot arribar al paper film?* (sí que hi arriba, i a més el fa moure). Entre parèntesis hem donat les respostes que el mestre o mestra ha de conèixer i tenir en compte per gestionar la conversa. L'objectiu no és que les respongui, però cal que les conegui per si ha de repreguntar o modificar lleugerament les preguntes, i així anar encadenant un seguit de relacions causa-efecte que expliquin els fenòmens observats.

Farem una cosa similar en el cas de la pandereta i l'espelma i a més, en aquest cas, podem ajudar els nens i nenes a identificar les semblances amb la situació anterior, perquè ara fem vibrar la pandereta quan la colpegem, la vibració de la pandereta fa vibrar l'aire més proper, l'aire més proper fa vibrar l'aire circumdant, fins que el més proper a l'espelma fa bellugar-ne la flama.

Amb aquesta activitat haurem ajudat a construir la idea que el so es produeix per la vibració de la matèria, i que aquesta vibració es pot transmetre d'un punt a un altre. A la propera activitat proposarem noves observacions per consolidar aquesta segona idea.

## Activitat 3

# EL SO ES TRANSMET A TRAVÉS DE LA MATÈRIA



### Material per a un grup de quatre persones

1 taula llarga (o una fusta llarga), una caixeta de música, cordill, culleres metàl·liques mitjanes, gots de plàstic o cartró per fer telèfons de fil, 2 m de fil de pescar per cada telèfon, cartolines grans o pissarres petites.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** El so es produeix per un objecte que vibra.

**Idea 2.** Les vibracions del material es transmeten a les zones veïnes i així és com el so es propaga.

**Idea 3.** Si no hi ha medi material que pugui vibrar, no hi haurà so.

**Idea 4.** En alguns medis (els sòlids) el so es transmet millor que altres (els líquids o els gasos).

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Amb aquesta activitat aprofundirem en la transmissió del so i servirà per consolidar les idees clau 2, 3 i 4.

Organitzarem l'aula en quatre estacions d'observació per les quals aniran passant els diferents grups d'alumnes. En un paper escriurem les consignes d'allò que han de fer a cada estació, perquè quan el grup hi arribi tingui ben clara la informació que ha de recollir. Abans de començar l'activitat comentarem que les observacions que fem a les diferents estacions ens serviran per comprendre més a fons els mecanismes de transmissió del so.

### Estació 1

A la primera estació, hi trobaran una taula llarga o una fusta llarga (no ens serviran dues taules juntes), i la consigna dirà:

- Grateu a sobre la taula amb els dits i escolteu el so que es produeix, i que us arriba a les orelles.
- Repetiu el mateix però ara fent que un dels nens o nenes que no graten la taula posin l'orella enganxada a sobre la taula.
- Procureu que tots els membres del grup hagin pogut escoltar els sons en totes dues circumstàncies.
- Anoteu a la vostra llibreta de ciències la resposta a la següent pregunta: *hi ha alguna diferència en la qualitat del so quan escoltàveu drets respecte a quan escoltàveu amb l'orella enganxada a la tala?*

Si es vol podem ampliar aquestes observacions fent que els nens i nenes les repeteixin amb altres objectes sòlids i rígids com ara els passamans de l'escala, una paret de l'aula, la porta de la classe, etc. Si disposeu del material adequat, també podeu demanar que comparin les observacions fetes amb els sòlids rígids, amb altres sòlids no tan rígids com ara una placa de porexpan, plastilina, un matalàs, unes cortines, etc.

El resultat que volem que detectin és que sentim molt millor el so quan aquest es transmet per un sòlid rígid, que no pas quan es transmet per l'aire o per un sòlid que no és tan rígid.

### Estació 2

A la segona estació demanarem que escoltin el so d'una caixeta de música que aguanten amb la mà, i després els demanarem que escoltin el so de la mateixa caixeta de música però ara col·locant-la fermament a sobre d'una taula. Les consignes que podem deixar a l'estació podrien ser les següents:

- Feu sonar una caixeta de música aguantant-la a l'aire amb la mà de manera que no tingui cap mena de caixa de ressonància.
- A continuació feu sonar la caixeta de música, però poseu-la damunt la taula de manera que estigui ben recolzada a la seva superfície.
- Anoteu a la vostra llibreta de ciències la resposta a la següent pregunta: *hi ha alguna diferència en la qualitat del so quan teníem la caixeta de música a la mà respecte a quan la teníem sobre la taula?*

Com a variacions de la mateixa activitat, podem demanar als nens i nenes que facin proves col·locant la caixeta de música sobre diferents objectes: un llibre, tocant una paret o una porta, la caixa d'una guitarra, una llauna, tocant al vidre de la finestra, etc.

El resultat que volem que detectin és que sentim molt millor el so quan la caixeta de música està a sobre d'una superfície que actua com a caixa de ressonància (tot i que dependrà dels tipus de superfície), que no pas quan la tenim sostinguda a l'aire amb la mà.

### Estació 3

A la tercera estació trobaran unes culleres, a les quals hem lligat un fil de manera que la cullera pengi del centre del cordill i els dos extrems quedin lliures per ambdues bandes (figura 3). També els deixarem uns telèfons fets amb fil de pescar (uns dos metres com a mínim) i gots de cartró o de plàstic. En aquest cas la consigna que els nens i nenes es trobaran dirà:

- Enrotlleu-vos els extrems dels fils als dits índexs de cada mà (figura 3).

- Feu picar la cullera a la cantonada d'una taula o d'una cadira.
- Amb el fil encara enrotllat als dits, fiqueu-vos un dit a dins de cada orella, fent que la cullera pengi a l'alçada de la vostra panxa.
- Mantenint la posició anterior, feu picar la cullera a una taula, de manera que doni un cop sec.
- Anoteu a la vostra llibreta de ciències la resposta a la següent pregunta: *hi ha alguna diferència en la qualitat del so quan hem escoltat el cop de la cullera directament, respecte a quan l'hem escoltat amb els dits a dins l'orella?*
- Ara en parelles agafeu els gots dels telèfons de fil i mentre un parla amb un got a la boca, l'altre escolta amb el got de l'altre extrem del telèfon a l'orella. Procureu de mantenir el fil ben tibet quan parleu, però també proveu a veure com se sent mantenint el fil destensat.
- Anoteu a la vostra llibreta de ciències la resposta a la següent pregunta: *hi ha alguna diferència en la qualitat del so quan usem els telèfons amb el fil ben tibet, respecte de quan els usem amb el fil destensat?*

El resultat que volem que detectin és que senten molt millor el so que provoca el cop sec de la cullera a la taula quan el so es transmet a través de fil fins a les nostres orelles, que no pas quan el sentim directament a través de l'aire. Igualment esperarem que els nens i nenes diguin que amb els telèfons senten millor el company quan el fil està ben tibet, que no pas quan el fil està destensat. Com a curiositat podeu demanar

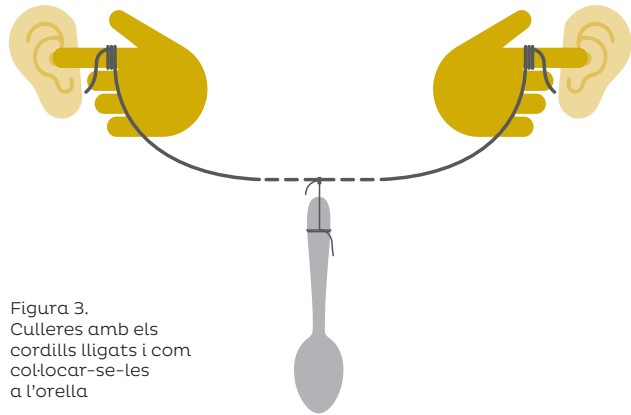


Figura 3.  
Culleres amb els cordells lligats i com col·locar-se-les a l'orella

que creuin els fils de dos telèfons: es pot fer una conversa a quatre!

#### Estació 4

A la quarta estació trobaran un pot de cuina per fer el buit al qual hi haurem col·locat un objecte que faci un soroll no massa intens, per exemple un rellotge que faci tic-tac, o bé una música a volum baix. Procureu que aquest objecte no toqui les parets del pot i que tampoc toqui directament el fons del pot, posant-lo damunt d'un tros d'un material tou: una esponja, porexpan, plastilina, etc. En aquest cas la consigna que els nens i nenes es trobaran dirà:

- Escolteu el so que fa l'objecte que hi ha dins el pot de buit sense col·locar la tapa del pot.
- Tapeu el pot i escolteu el so que fa l'objecte, apreci-ant si la intensitat de so que percebeu és la mateixa que abans.



- Amb la manxa del pot de buit, traieu tant aire com pugueu de dins el pot, i un cop ja no pugueu més, escolteu la intensitat del so de l'objecte que hi ha a dins.

- Anoteu a la vostra llibreta de ciències la resposta a la següent pregunta: *hi ha alguna diferència en la qualitat del so quan escoltem el soroll de... [objecte]... sense fer el buit, respecte de quan hem fet el buit a dins el pot?*

El resultat que volem que detectin és que sentim millor el so quan no hem fet el buit al pot, mentre que no sentim gairebé res quan hem tret l'aire de dins el pot. Cal recordar als nens i nenes que quan manxem el pot de buit, el que fem és treure aire i no pas posar-ne, al contrari del que passa quan utilitzem una manxa de bicicleta.

Un cop tots els nens i nenes hagin passat per les diferents estacions caldrà interpretar els resultats observats, perquè en les activitats de les diferents estacions hem observat què passava amb el so en diferents circumstàncies, però no ens hem plantejat perquè passava el que passava. Ara és el moment de fer-ho.

Primer demanarem als nens i nenes que en petit grup intentin donar resposta a les preguntes següents: *com és que sentim millor el so quan gratem la taula si posem l'orella a sobre la taula?* (estació 1); *com és que sentim millor la música de la caixa de música quan la recolzem a sobre d'una superfície sòlida?* (estació 2); *com és que sentim millor el so quan ens posem els dits a les orelles?*, *com és que sentim millor el company que parla quan el fil del telèfon està tibant?* (estació 3); *com és que quan traiem l'aire del pot de buit no sentim gairebé res?* (estació 4). Indicarem als grups que acompanyin la seva explicació d'un dibuix, en una cartolina o en una pissarra petita. També els indicarem que en la seva explicació

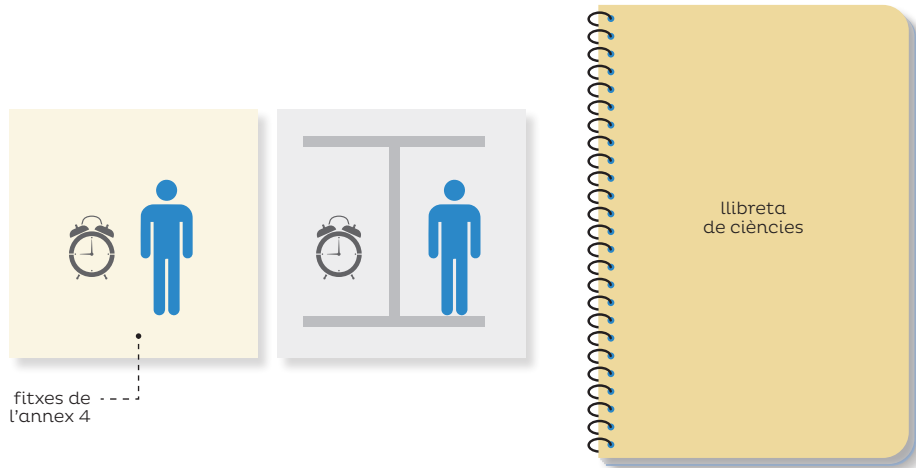
hi ha d'aparèixer la idea ja coneguda de que *“el so es produeix per la vibració d'un material”*.

Passats uns minuts iniciarem una posada en comú, en la qual els nens i nenes expressaran les seves idees i mostraran els seus dibuixos. El mestre o mestra pot animar la conversa a través de preguntes com ara: *per on es transmet el so quan gratem la taula i posem l'orella a sobre?, i quan ens posem els dits a l'orella?, i quan la capseta de música està a sobre la taula?, i quan tenim el fil tibant?* Al final de la conversa els nens i nenes haurien de poder constatar que en tots els casos es tracta de sòlids, més o menys rígids, i que el so es pot transmetre en aquests tipus de sòlids perquè en ser tan rígids, quan una part es mou, el moviment es transmet molt ràpid a les parts del costat d'aquest primer punt, i així successivament. Això ha de permetre prendre consciència que malgrat que estem molt acostumats a sentir els sons a través de l'aire, en realitat el so (les vibracions sonores) es transmet millor a través dels sòlids rígids que no pas de l'aire, i les observacions que els nens i nenes hauran fet a les diferents estacions seran evidències clares a favor d'aquesta idea. Aquesta mateixa reflexió ens servirà per explicar l'observació de l'estació 4, perquè quan traiem l'aire (o bona part de l'aire) de dins del pot de buit, el so no es pot transmetre (o no tan bé), perquè no hi ha matèria (o molt poca) que pugui vibrar.

En el cas que els nens i nenes amb qui fem la proposta hagin treballat anteriorment el model de partícules (podeu veure com fer-ho a Amat, Grau, Martí, 2017) serà interessant que facin servir el model de partícules en els sòlids (partícules molt juntes i fortament unides), i el comparin amb el model de partícules en els gasos (partícules molt separades les unes de les altres, sense lligams entre elles), per veure que en un sòlid les partícules vibraran d'una manera molt més solidària que no pas en els gasos.

## Activitat 4

# TORNEM AL PRINCIPI



### Material per a un grup de quatre persones

Folis o llibreta de ciències, fitxes de l'activitat 1 amb les respostes inicials.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** El so es produeix per un objecte que vibra.

**Idea 2.** Les vibracions del material es transmeten a les zones veïnes i així és com el so es propaga.

**Idea 3.** Si no hi ha medi material que pugui vibrar, no hi haurà so.

**Idea 4.** En alguns medis (els sòlids) el so es transmet millor que altres (els líquids o els gasos).

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Per finalitzar aquest breu itinerari d'investigació proposarem als alumnes de sintetitzar tota la informació adquirida durant les investigacions i tornar a respondre les preguntes que ens havíem formulat a l'inici. Per això els proposarem que en grups elaborin dues llistes a la seva llibreta de ciències. D'una banda, demanarem que facin una llista amb tots els fets empírics obtinguts, i per això explicarem que els fets empírics són allò que hem pogut observar en els moments d'experimentació. Indicarem que no cal explicar tot el que han fet per obtenir els fets, sinó que només cal escriure-hi el fet observat en una frase. També indicarem que si a través d'experiències diferents hem arribat a establir els mateixos fets empírics, només els anotarem una vegada. Per exemple, un fet empíric que hem establert

*és que el so es transmet millor a través de sòlids rígids que a través de l'aire, malgrat aquest fet empíric l'hem arribat a constatar en molts casos particulars. A la segona llista els demanarem que escriguin les idees sobre el so que han descobert al llarg de la investigació, per exemple que el so es produeix sempre que un objecte vibra, o que el so no es pot transmetre si no hi ha cap medi material.*

Compartirem les propostes de llistes que facin els diferents grups i en farem una de comú per a tota la classe que els nens i nenes copiaran a la seva llibreta de ciències. A partir d'aquí els repartirem les respostes individuals que havien donat a les preguntes de l'activitat 1 i els demanarem que tornin a donar-hi resposta, però ara a partir de tot el que han après en les activitats portades a terme.

Segurament la resposta que ens interessa més d'avaluar és la que donen a la pregunta de com és que sentim el soroll del despertador en la situació 2, en què el despertador està en una habitació i la persona que escolta en una altra, perquè en aquest cas han de mobilitzar molts més fets i idees adquirits durant l'itinerari d'investigació. Hem de constatar que els nens i nenes ja no expliquen aquesta situació pel fet que hi hagi forats o escletxes per on passa el so, sinó que l'expliquen perquè el so es transmet per l'aire des del despertador, un cop arriba als vidres de la finestra o de la paret, la vibració es transmet per aquests dos sòlids i, finalment, es transmet per l'aire de l'altra habitació fins arribar a l'oïda de la persona que escolta.

# Quan el problema és explicar com es transfereix la calor

Ens posem guants i bufanda perquè “fa fred”; quan cuinem, veiem que la cullera de fusta no crema però l'olla de la sopa sí; mirem el termòmetre per saber si tenim febre; la xocolata se'ns desfà quan l'agafem amb la mà calenta, etc. El nostre dia a dia està ple de fenòmens relacionats amb la temperatura i la calor. Fred, calor, temperatura... conceptes tant quotidians com difícils de comprendre.

Des de la perspectiva de la ciència, la calor és un flux d'energia tèrmica que es transfereix d'un cos o sistema a més temperatura, a un cos o sistema que està a menys temperatura que l'anterior. Per tant, la calor no és cap propietat dels cossos sinó que és un flux o transferència d'energia. El que sí que és una propietat dels cossos és la seva energia tèrmica, que podem definir com una forma d'energia interna d'un cos que deriva del moviment o agitació contínua de les partícules que el formen. Finalment, la temperatura és la mesura de la mitjana de la velocitat del moviment de les partícules, i és una propietat intensiva d'un cos, la qual cosa vol dir que no depèn de la seva massa.

Per veure més clarament la diferència entre els conceptes científics de calor, energia tèrmica i temperatura, podem imaginar el següent cas: en un got tenim 100 g d'aigua a 50°C i en un altre got tenim 300 g d'aigua a 20°C. Amb aquestes dades podem afirmar que al primer got, les partícules es mouen de mitjana més ràpidament que no pas en el segon. També podem afirmar que el segon té més energia tèrmica que el primer, perquè té més massa. Finalment, també podem estar segurs que si els barregem, es produirà una transferència de calor del primer al segon, fins que la temperatura final s'equilibrarà al voltant d'uns 27,5°C.

Aquest significat científic dels termes temperatura, calor i energia tèrmica es confonen en el llenguatge

quotidià, perquè habitualment usem el terme calor per referir-nos tant a l'energia tèrmica d'un cos, com a una apreciació qualitativa de la seva temperatura, la qual cosa també condueix a què distingim entre objectes “calents” i “freds”.

Si ens centrem en la calor, allò important és comprendre que sempre es transfereix des d'un cos (o una zona del cos) a més temperatura, a un cos (o una zona del cos) que està a menys temperatura. Així per exemple, si escalfem l'extrem d'una barra d'alumini, el que aconseguim és que augmenti la temperatura, és a dir, el moviment relatiu de les partícules en aquest punt. Aquest moviment es va transferint a les partícules del costat de manera que si col·loquem termòmetres en diferents punts, observarem que la temperatura en cadascun dels termòmetres va augmentant poc a poc degut a la propagació de la calor, primer en el termòmetre més proper a l'extrem que estem escalfant, i després en tots els altres. Aquesta forma de transferir energia en forma de calor és el mecanisme que anomenem conducció de la calor.

Si estudiem com es produeix la conducció de la calor en diferents materials ens adonarem que no tots la condueixen amb la mateixa facilitat, i això ens permet distingir entre materials conductors i materials aïllants. Els materials conductors són els que transfereixen fàcilment la calor, mentre que els materials aïllants, tot i que també la transfereixen i s'escalfen, ho fan molt més lentament.

Hem de tenir clar que aquesta transferència de calor es produirà sempre que hi hagi objectes a diferents temperatures, però que la rapidesa de la transferència dependrà del tipus de materials implicats, és molt important per comprendre fenòmens tan quotidians com el fet que una cadira augmenti de temperatura quan fa una

estona que hi estem asseguts, que l'aula estigui més “calenta” quan fa una estona que hi fem classe, que un glaçó embolicat amb roba no es fongui tan ràpidament com un que està a la intempèrie sense embolicar, que quan toquem un metall tinguem més sensació de fred que no pas quan toquem una fusta, malgrat tots dos estiguin a la mateixa temperatura, o bé que les paelles estiguin fetes de metall però el mànec per agafar-les sigui de fusta o de plàstic.

### Les idees dels nens i nenes sobre la calor

Des de ben petits, els nens i nenes viuen experiències diverses amb fenòmens del seu entorn en què intervé la calor, i hi donen sentit des del seu coneixement intuïtiu, des la seva experiència personal i des dels significats i usos quotidians dels termes temperatura, calor, fred, calent, escalfar, refredar, etc. Tot plegat fa que en la majoria de casos, i sense distinció d'edats, els nens i nenes considerin que la pota metàl·lica de la taula és més “freda” que la superfície de fusta de la taula, o bé que no és una bona idea embolicar un glaçó amb roba perquè la roba escalfa i provocarà que el glaçó es fongui molt ràpidament.

La recerca sobre les idees dels nens i nenes sobre la calor ha posat de manifest una sèrie de reptes que els mestres i les mestres hem de tenir presents quan investiguem sobre la calor a l'aula (de Berg, 2008; Driver et al. 1989; Driver et al., 1999). Fruit d'aquestes recerques sabem que els infants acostumen a pensar en la calor com una substància –com també hem explicat que passava amb el so–, i que pensen en la temperatura com una propietat característica dels materials o objectes, de manera que els metalls són “freds” i en canvi la roba és “calenta”, i que per això la roba és una font de calor: “la roba escalfa”. També solen pensar que els ma-

terials que s'escalfen ràpid, els que serien conductors, trigaran més a refredar-se.

El fet de substancialitzar la calor provoca que “fred” i “calor” es considerin com dues coses diferents, i no com els extrems d'un continu. Aquesta distinció entre “fred” i “calor” fa que en el raonament dels nens i nenes sigui possible que el fred es pugui transmetre d'un objecte a un altre, igual com ho fa la calor. Així, per exemple, en l'experiència dels glaçons embolicats hi ha alguns nens i nenes que diuen que el glaçó embolicat es mantindrà més estona perquè el drap de roba “no deixa marxar el fred”.

A l'educació primària no cal que els nens i nenes coneguin la definició estricta dels conceptes que hem introduït a l'apartat anterior, però sí que hem d'ajudar-los a començar de veure que termes com calor, temperatura, etc., poden tenir altres significats, i els podem concebre de noves maneres. En una primera aproximació, podem usar el terme calor com a equivalent a energia tèrmica (tot i que, tal com hem indicat anteriorment, no són sinònims) perquè és un significat més proper a l'ús quotidià del terme. També és recomanable analitzar i donar a conèixer moltes situacions de transferència de calor entre objectes (o zones d'un mateix objecte) per anar incidint en la idea de calor com a transferència.

Com ja hem comentat també en el cas del so, introduir el model de partícules com a forma de concebre l'estructura interna de la matèria (Amat, Grau i Martí, 2017) ajuda molt als nens i nenes a distingir d'una manera més clara els conceptes de calor, energia tèrmica i temperatura, i per això considerem indispensable que en el desplegament curricular de l'escola, es tingui molt en compte la introducció d'aquest model en els darrers cursos de l'etapa.

## Les idees que cal treballar sobre la calor

En l'estudi sobre la calor i la seva transferència que es planteja en el conjunt d'activitats de l'itinerari d'investigació que es presenta a continuació, es pretén ajudar els nens i nenes a construir les següents idees clau:

**Idea 1.** La calor és energia que es transfereix d'un cos (o zona) que està a més temperatura a un altre cos (o zona) que està a menys temperatura.

**Idea 2.** Una font de calor pot ser qualsevol cos que està a més temperatura que els cossos del seu entorn i per tant els transfereix calor.

**Idea 3.** No tots els materials condueixen la calor de la mateixa manera.

	<b>Activitat 1.</b> Què en pensem?	<b>Activitat 2.</b> Què escalfa a què?	<b>Activitat 3.</b> Representem com es transfereix la calor	<b>Activitat 4.</b> Conductors i aïllants
<b>Idea 1.</b> La calor és energia que es transfereix d'un cos (o zona) que està a més temperatura a un altre cos (o zona) que està a menys temperatura.				
<b>Idea 2.</b> Una font de calor pot ser qualsevol cos que està a més temperatura que els cossos del seu entorn i per tant els transfereix calor.				
<b>Idea 3.</b> No tots els materials condueixen la calor de la mateixa manera				

## Activitat 1

# QUÈ EN PENSEM?



### Material per a un grup de quatre

Folis o llibreta de ciències, cartolina gran o pissarra petita, dos glaçons, draps de roba, safata de plàstic, gomets o etiquetes, 1 termòmetre digital, 1 manta o similar, un llistó de fusta curt.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** La calor és energia que es transfereix d'un cos (o zona) que està a més temperatura a un altre cos (o zona) que està a menys temperatura.

**Idea 2.** Una font de calor pot ser qualsevol cos que està a més temperatura que els cossos del seu entorn i per tant els transfereix calor.

**Idea 3.** No tots els materials condueixen la calor de la mateixa manera.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Iniciarem l'activitat explicant als nens i nenes una historieta breu que ens planteja un problema a resoldre. La historieta és la següent: "Avui és l'aniversari de la Mireia i sortint de l'escola faran una festa amb les seves amigues i amics. El seu pare ha anat a la gasolinera a comprar glaçons per als refrescos. Com que de la gasolinera a casa hi ha una bona estona caminant, ha pensat que la millor manera de portar els glaçons perquè no es fonguin és embolicar-los amb draps de roba". Un cop explicada la situació inicial, plantejarem les dues preguntes següents: creus que és bona idea embolicar els glaçons amb draps de roba per evitar que es fonguin? Explica per què?

Com que en aquesta part de l'activitat ens interessa explorar les idees de cadascun dels nens i nenes de la classe sobre la situació que els hem plantejat, utilitzarem una dinàmica 1-2-4 (o la simplifiquem a 1-4), per tal que tots i cadascun dels alumnes pensin sobre la situació i hi donin resposta a la seva llibreta de ciències. Un cop tots els nens i nenes hagin pogut proposar la seva resposta, demanarem que la posin en comú en petits grups, recordant que no han d'arribar necessàriament a cap acord entre ells.

Paral·lelament prepararem una situació semblant a la plantejada a la historieta, de manera que embolicarem un glaçó amb draps de roba i el col·locarem a sobre una

safata de plàstic, i al costat del glaçó embolicat hi deixarem un altre glaçó a la intempèrie, sense embolicar. Marcarem les safates amb els noms dels grups, però les deixarem a la taula del mestre o mestra, mentre resolen la tasca anterior.

Mentre comparteixen les seves idees en grup, circularem per tots els grups i escoltarem bé les converses que tenen, per poder moderar millor la posada en comú. Com a producte final d'aquesta posada en comú en petit grup, indicarem que en una cartolina gran o en una pissarra petita han d'anotar les explicacions i dibuixos que hagin acordat, per tal de mostrar-los als seus companys i companyes en una posada en comú posterior.

Quan els diferents grups hagin acabat, iniciarem una posada en comú amb l'objectiu de recollir les solucions diferents que els diversos grups hagin donat al problema que els hem plantejat. Durant la posada en comú afavorirem l'intercanvi d'idees entre els diferents grups, i acollirem totes les aportacions de l'alumnat, ajudant a clarificar-les en el cas que considerem que no siguin prou clares per a tothom. Evitarem avaluar cap idea, i també evitarem introduir cap terme científic que no hagin utilitzat els nens i nenes en les seves pròpies exposicions. Més endavant, quan els termes tinguin més significat per a tothom, ja anirem introduint els termes més precisos que volem que incorporin al seu vocabulari.

Segurament la posada en comú mostrarà que la majoria dels nens i nenes pensen que no és una bona idea embolicar els glaçons amb roba perquè la roba escalfa i per tant els glaçons es fondran molt ràpid. També pot ser que alguns nens i nenes considerin que sí que és una bona idea, i ho argumentin dient que "la roba manté el



fred". Finalment pot ser que alguns pocs indiquin que sí que és bona idea embolicar els glaçons amb roba perquè "la roba protegeix el glaçó de la calor".

Les diferents opinions i idees que apareguin al llarg de la posada en comú les anotarem a la pissarra. Per finalitzar l'activitat repartirem a cada grup la seva safata amb els dos glaçons i els demanarem que observin l'estat en què es troba cadascun i que registrin la seva observació a la seva llibreta de ciències. Els nens i nenes s'adonaran que el glaçó sense embolicar s'ha començat a fondre (hi haurà aigua al seu voltant), mentre que el glaçó embolicat s'haurà mantingut intacte, o gairebé intacte. Hem de tenir en compte que la fusió dels glaçons dependrà de la temperatura ambient de la classe.

El fet que el glaçó embolicat sigui el que aguanta més estona sense fondre's no ens permet discriminar si la roba "aguanta el fred" o bé "protegeix de la calor", però sí que és una clara evidència en contra de la idea dels infants que afirmaven que es fondria primer el glaçó embolicat perquè era la roba que escalfava. Per això, proposem de cloure aquesta primera activitat tot proposant una experiència que ens permeti comprovar si la roba escalfa o no.

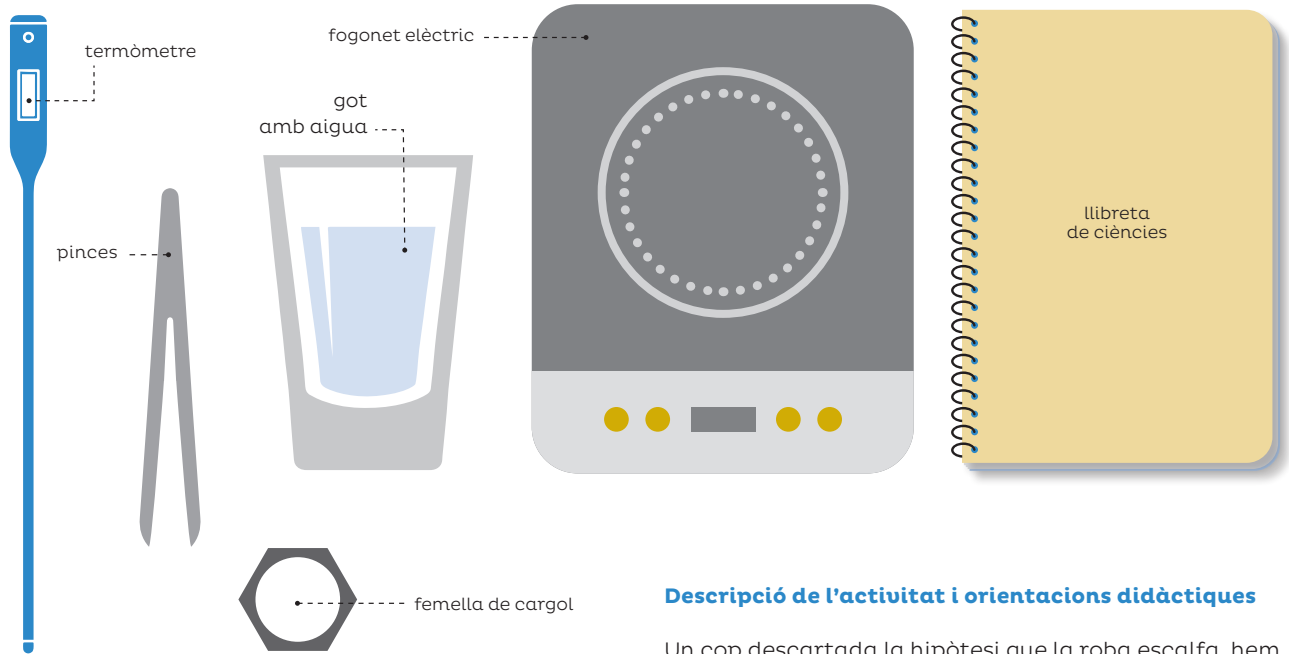
Demanarem als nens i nenes: *com podríem comprovar si la roba escalfa?* Escoltarem totes les seves propostes i analitzarem quina és la millor segons el temps i els aparells que tenim disponibles. Una manera de fer aquesta comprovació és agafar un llistó de fusta curt, mesurar la seva temperatura i registrar-la en una taula de dades com a temperatura inicial. Després, el posem a dins la manta o la roba, ben embolicat, i al cap d'uns minuts el traiem i tornem a mesurar la temperatura, que ara registrarem a la nostra taula de dades com a temperatura final.

Analitzant les dades observarem que la temperatura no s'ha modificat o que tan sols ha variat unes dècimes de grau. Val la pena que tinguem en compte que si els nens i nenes no han treballat el concepte d'error en la mesura, considerin que la diferència de temperatura és significativa quan, en realitat, és molt petita i la podem atribuir a errors de mesura. Una manera d'evitar alguns errors a causa del canvi de medi del termòmetre és, si la forma de l'objecte ho permet, enganxar el sensor metàl·lic del termòmetre a l'objecte i fer que la petita pantalla digital on fem la lectura quedi a fora de la manta. Això ens permetrà veure si realment es va escalfant o no, sense haver de moure ni l'objecte ni el termòmetre de dins la manta.

Com a conclusió final, registrarem a la llibreta de ciències que la roba no escalfa directament el glaçó però que segur que ha de rebre calor, perquè tard o d'hora s'acaba fonent. Això ens portarà a identificar un nou problema que desenvoluparem a l'activitat 2: què escalfa a què?

## Activitat 2

# QUÈ ESCALFA A QUÈ?



### Material per a un grup de quatre

Folis o llibreta de ciències, termòmetre, femella de cargol grossa, fogonet elèctric, got o vas de precipitats, aigua, pinces.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** La calor és energia que es transfereix d'un cos (o zona) que està a més temperatura a un altre cos (o zona) que està a menys temperatura.

**Idea 2.** Una font de calor pot ser qualsevol cos que està a més temperatura que els cossos del seu entorn i per tant els transfereix calor.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Un cop descartada la hipòtesi que la roba escalfa, hem d'explorar més a fons com actua la roba en el problema del glaçó embolicat. És probable que a la conversa inicial de l'activitat anterior apareguin dues idees que atribueixen un paper important però més passiu a la roba: "la roba protegeix el glaçó de la calor", o bé "la roba manté el fred, i per això el glaçó no es fon". Des d'un punt de vista quotidià semblen dues maneres oposades però equivalents d'interpretar el fenomen, però des d'un punt de vista científic, la primera ens és més útil que la segona, perquè en el món de la ciència el fred no es transfereix, només la calor.

Per això en aquesta activitat proposarem als nens i nenes diverses situacions que permetin observar com la calor es transfereix sempre d'un punt o un objecte que està a més temperatura a un punt o un objecte que

està a menys temperatura. L'objectiu últim que perseguim és acostumar-los a contemplar els problemes de transferència de calor analitzant sempre quina pot ser la font de calor —allò que estigui a més temperatura— i des d'aquí pensar cap on es transferirà —cap a tots els objectes o punts que estiguin a menys temperatura. Ho farem a partir de l'observació i registre de dades en situacions ben diverses.

La primera observació la farem a la mateixa aula. Indicarem als nens i nenes que mesurin la temperatura de la superfície de la cadira abans de seure, i que registrin aquesta dada a la seva llibreta de ciències. Al cap d'una estona indicarem que facin de nou la mesura i que l'anotin a la llibreta de ciències. Finalment els demanarem que elaborin una taula de dades amb tres columnes, una per a les temperatures inicials (abans de seure), una altra per a les temperatures finals (al cap d'una estona d'estar asseguts) i una tercera amb la diferència entre l'una i l'altra. A la columna on anotem la diferència posarem un signe (+) abans del nombre si la temperatura ha augmentat, i un signe (-) si la temperatura ha disminuït. Demanarem que escriguin una conclusió final usant l'estructura: afirmació + evidències, com ara: *Hem observat que en tots els casos la temperatura de la superfície de la cadira ha augmentat perquè hem vist que..., i en canvi...* Els espais en blanc s'hauran d'omplir amb les dades recollides.

Aquesta primera recollida de dades la complementarem amb una segona recollida de dades de la temperatura de l'aula. Per això mesurarem la temperatura de l'aula abans que els nens i nenes hi arribin —ho pot fer el mestre o mestra i guardar la mesura—, i tornant-la a mesurar quan faci una bona estona que els nens i nenes estan a dins l'aula. Aquesta última mesura la poden fer els nens i nenes mesurant la temperatura de l'aire de

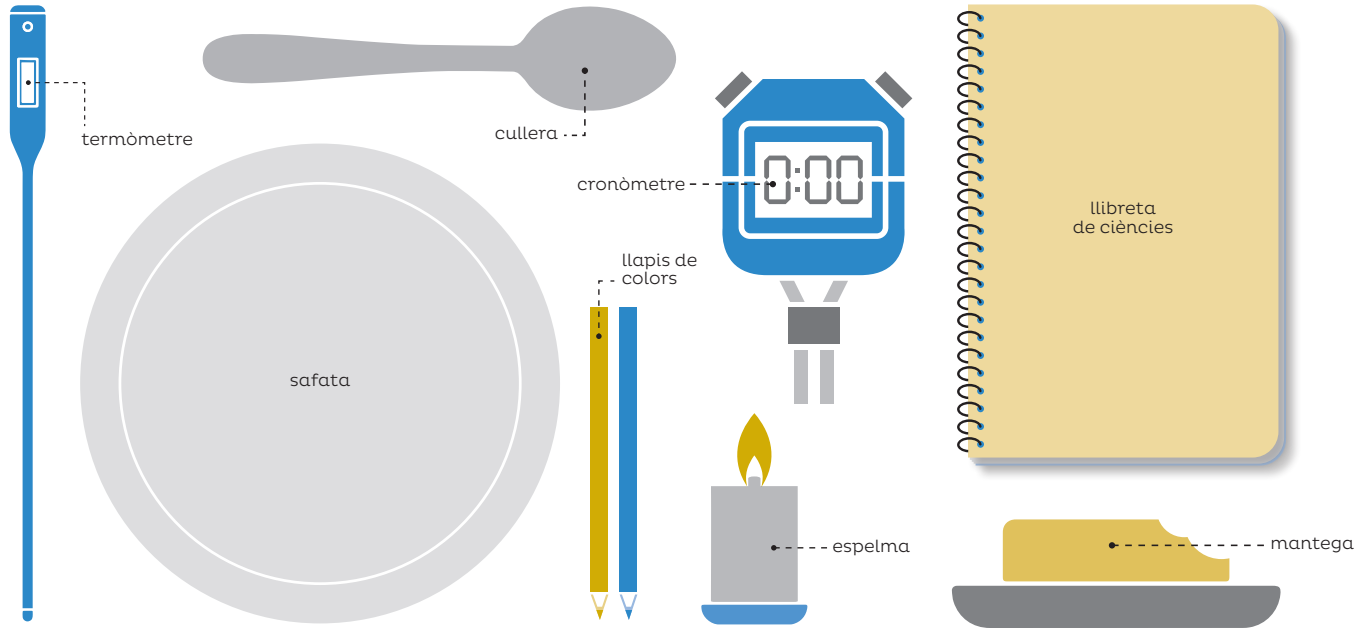
la zona on seu el seu grup. Un cop col·locades les dades en una taula de dades adient, les analitzarem i demanarem als nens i nenes que escriguin una conclusió final usant l'estructura afirmació + evidències, com ara: *Hem observat que la temperatura de l'aula ha augmentat perquè hem vist que..., i en canvi...* Els espais en blanc s'hauran d'omplir amb les dades recollides.

La tercera i última recollida de dades la farem utilitzant una femella de cargol tan grossa com puguem. En aquest cas es tracta de posar la femella de cargol a sobre d'un fognonet elèctric durant uns 5'. Mentrestant omplirem un got o un vas de precipitats amb uns 200-250 ml d'aigua. Farem que mesurin la temperatura de l'aigua i que la registrin a la seva llibreta de ciències. Subratllarem que un cop feta la mesura cal que deixin el termòmetre a dins de l'aigua. Amb l'ajuda d'unes pinces el mestre o mestra col·locarà la femella calenta a dins l'aigua mentre els infants observen el canvi de temperatura i l'anoten a la llibreta de ciències. A la pissarra tindrem preparada una taula de dades on poder comparar les diferències de temperatura de l'aigua abans i després de posar-hi la femella de cargol. Observarem de quin signe és el canvi de temperatura. Finalment demanarem que escriguin una conclusió final usant l'estructura afirmació + evidències, com ara: *Hem observat que la temperatura de l'aigua ha pujat després d'abocar-hi la femella perquè hem vist que..., i en canvi...* Els espais en blanc s'hauran d'omplir amb les dades recollides.

Per acabar l'activitat, demanarem que pensin què ha escalfat a què a partir de preguntes com ara: *què ha escalfat la superfície de la cadira?; què has escalfat l'aire de l'aula?; què ha escalfat l'aigua?*, i que ho anotin a la seva llibreta de ciències, perquè tot allò que els nens i nenes proposin serà el punt de partida de la següent activitat.

## Activitat 3

# REPRESENTEM COM ES TRANSFEREIX LA CALOR



### Material per a un grup de quatre

Folis o llibreta de ciències, llapis de colors, 2 termòmetres, 1 safata d'alumini circular, mantega o cera d'espelma, 3 barres de ferro o 3 culleres metàl·liques grans, 4 espelmes, 1 cronòmetre.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** La calor és energia que es transfereix d'un cos (o zona) que està a més temperatura a un altre cos (o zona) que està a menys temperatura.

**Idea 2.** Una font de calor pot ser qualsevol cos que està a més temperatura que els cossos del seu entorn i per tant els transfereix calor.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

En aquesta activitat volem consolidar la idea que la calor es transfereix des d'un cos (o zona) que està a més temperatura cap a un cos (o zona) que està a menys temperatura. Per això començarem l'activitat recuperant els resultats de la tasca final de l'activitat 2 on havíem demanat: *què ha escalfat la superfície de la ca-*

*dira?; què ha escalfat l'aire de l'aula?; què ha escalfat l'aigua?* Discutirem les respostes que els infants han donat a cada pregunta, una per una.

En relació a la primera pregunta pot ser que els nens i nenes ens diguin “som nosaltres que hem escalfat la cadira”. En aquest cas els demanarem si saben a quina temperatura tenen (uns 36,5 °C) i la comparin amb la temperatura a què estava la cadira a l'inici. Per visualitzar aquesta transferència de calor els demanarem que en el seu grup dibuixin de manera esquemàtica la situació, i que s'inventin un símbol per representar la transferència de calor des del nostre cos cap a la superfície de la cadira, per exemple, unes fletxes de color groc o similar. Després els demanarem que facin una cosa semblant per a la tercera situació, la de la femella de cargol i l'aigua.

Finalment els demanarem que facin la representació de com s'ha transferit la calor en el cas de l'augment de temperatura de l'aula. En aquest cas, els nens i nenes haurien de tenir en compte que hi ha més fonts de calor: l'alumnat, els radiadors, la calor provinent de l'exterior o del pis de sota, la calor que desprenen els llums o els ordinadors, etc. També caldrà tenir en compte que la calor es transfereix en totes direccions i que per això tota l'aula augmenta de temperatura, tot i que pot ser que ben bé al costat de les fonts de calor la temperatura de l'aire sigui més alta (per exemple, a sobre d'un radiador).

És probable que en les representacions que els nens i nenes hagin proposat apareguin fletxes, o ones que van des de la font de calor cap al lloc, o llocs, on aquesta es transfereix. Si bé aquesta representació pot ser vàlida, ens podríem plantejar si en realitat la calor va directament de la font al lloc que s'escalfa, o hi va de mica

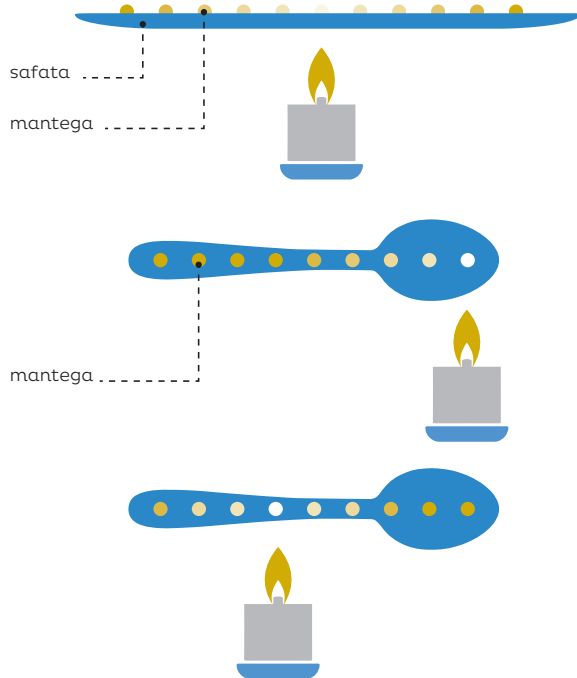
en mica. És a dir, la calor es transfereix de cop, o bé es va transferint a poc a poc d'una zona a una altra zona adjacent a la primera. És probable que els nens i nenes pensin que realment la calor es transfereix de mica en mica, i no pas de cop, però el mestre o mestra poden proposar: *com podríem comprovar si la calor es transfereix de mica en mica o tot de cop?*

Escoltarem totes les propostes que tinguin però, per si de cas, no tindrem reservada la nostra pròpia proposta. Es tractarà de fer el següent: donarem a cada grup una safata d'alumini circular i una barra o una cullera metàl·lica gran. Els demanarem que girin la safata d'alumini i que, des del punt central, col·loquin una mica de cera o de mantega de la mida d'un gra d'arròs, fent cercles concèntrics cap a l'exterior. Després demanarem que a la barra de ferro o a la cullera col·loquin una mica de mantega o de cera des d'un extrem a l'altre deixant un centímetre de distància entre cada punt de mantega/cera. Finalment els demanarem que, de la mateixa manera, col·loquin mantega o cera a l'altra barra o cullera (figura 4).

Un cop estigui tot preparat encendrem les tres espelmes i els demanarem que amb molta cura col·loquin la primera espelma a sota la safata d'alumini, ben bé al centre, la segona en un extrem de la barra o cullera, i la tercera al mig de la barra o cullera.

Demanarem als nens i nenes que observin quan tarden a fondre's les taques de mantega o cera —si tenen un cronòmetre poden registrar el temps exacte— però, sobretot, amb quin ordre ho fan. Per acabar la recollida de dades demanarem que col·loquin una espelma a sota la darrera barra de ferro o cullera, en un dels seus extrems, però aquest cop sense posar mantega o cera. El que volem és que usant tots dos termòmetres, me-

Figura 4. Com col·locar la mantega o la cera per a aquest experiment



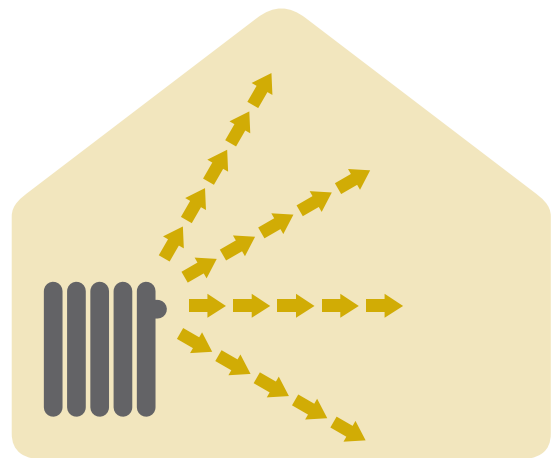
surin simultàniament la temperatura al mig de la barra o cullera, i a l'extrem oposat de la barra o cullera, i que repeteixin aquesta operació quatre vegades, deixant passar uns dos minuts entre observació i observació (el temps suficient perquè els termòmetres tornin a mesurar la temperatura ambient). Demanarem que registrin les dades en una taula.

Posarem totes les dades recollides en comú i demanarem a quina conclusió podem arribar que ens ajudi a respondre la pregunta que ens havíem fet: *la calor es transfereix de mica en mica des de la font de calor, o tot de cop?* Evidentment totes les dades recollides coincideixen a indicar-nos que la calor sempre es transfereix de mica en mica des de la font de calor, el punt a més

temperatura, cap a les zones adjacents a aquesta font. Per acabar l'activitat, podem proposar que revisin els símbols que havíem fet servir fins ara per representar la calor i, si escau, usin nous símbols que representin millor la transferència de calor. Així, per exemple, si havien proposat de representar la transferència amb una sola fletxa, podem discutir que potser és millor representar-la amb un seguit de fletxes petites que potser ajuda més a concebre la transferència com un procés gradual (figura 5).

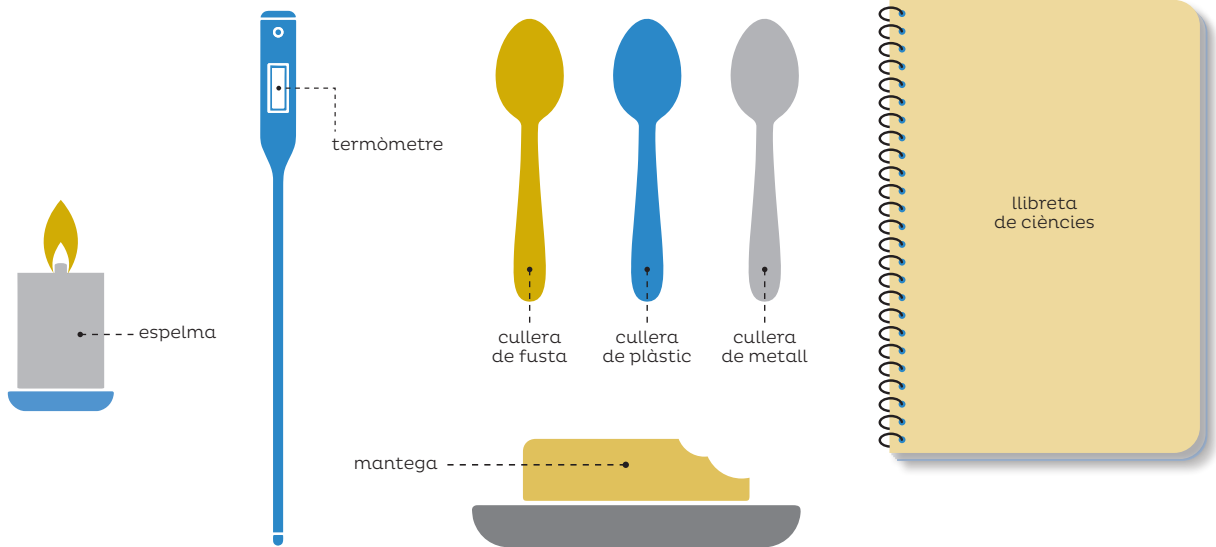
Per acabar completament l'activitat i donar peu a la propera, el mestre o mestra plantejarà un nou problema: *tots els materials transfereixen la calor de la mateixa manera?*

Figura 5. Representacions de la transferència de calor. Tal com justifiquem al text, seria millor usar petites fletxes que no pas una sola fletxa.



## Activitat 4

# CONDUCTORS I AÏLLANTS



### Material per a un grup de quatre

Folis o llibreta de ciències, 1 cullera de fusta o bambú, 1 cullera de plàstic, 1 cullera de metall (totes tres de la mateixa mida), 1 espelma, mantega o cera, 1 termòmetre.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** La calor és energia que es transfereix d'un cos (o zona) que està a més temperatura a un altre cos (o zona) que està a menys temperatura.

**Idea 3.** No tots els materials condueixen la calor de la mateixa manera.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

En aquesta activitat comprovarem que no tots els materials transfereixen la calor de la mateixa manera, mentre que alguns la transfereixen molt bé i els anomenem conductors, d'altres no la transfereixen tan bé i els anomenem aïllants. En aquesta activitat també podem introduir el terme conducció de la calor per referir-nos a tots els casos de transferència de calor que hem observat fins ara.

Començarem la recollida de dades proposant a cada grup que col·loqui una mica de mantega o cera a l'extrem prim de cadascuna de les culleres que tenen. Després els demanarem que col·loquin l'espelma encesa a

sota de l'altre extrem de la cullera i que anotin el temps que tarda la cera o la mantega a fondre's. En aquest precís moment, també hauran de mesurar la temperatura de la cullera a l'extrem on hi ha la mantega o la cera. Indicarem als nens i nenes que repeteixin aquesta operació per a cadascuna de les altres dues culleres i que registrin les dades en una taula de dades adequada a la seva llibreta de ciències.

Un cop els diferents grups hagin recollit les seves dades, les posarem en comú i les analitzarem conjuntament. Podem dinamitzar aquesta anàlisi de dades amb preguntes com ara: *a quina cullera s'ha fos primer la mantega?; a quina s'ha fos en segona posició?; quina ha estat la cullera que ha aguantat més estona la mantega sense fondre's?; quants minuts han trigat cadascuna?; hi ha hagut molta diferència entre elles?; entre quines dues hi ha hagut més diferència?; a quina temperatura ha arribat cada cullera quan la mantega es fonia?; hi ha molta diferència entre elles?; etc.*

Un cop analitzades les dades, demanarem que escriuin una conclusió empírica utilitzant l'estructura afirmació + evidències. Un exemple de conclusió podria ser: *Hem observat que la mantega no es fon igual de ràpid segons quin sigui el material de la cullera, perquè hem vist que..., en canvi...* Els espais en blanc s'hauran d'omplir amb les dades recollides.

En aquest moment podem introduir el terme conducció per referir-nos a la transferència de calor que hem estat observant en tots els fenòmens estudiats fins ara, i també podem informar als nens i nenes que anomenem conductors als materials que condueixen bé la calor, i aïllants als que també la condueixen, però no tan bé.

Per acabar tota la proposta d'investigació demanarem a cada infant que recuperi les explicacions que havia fet al problema dels glaçons que ens havia servit per iniciar el nostre itinerari d'investigació i els demanarem que, individualment, facin una nova explicació a partir de tot el que han après durant l'itinerari d'investigació que s'ha portat a terme. Els demanarem que acompanyin el text de la seva explicació amb la representació de com i des d'on es deu transmetre la calor que fa fondre els glaçons, i com això explica el comportament diferent de cada glaçó. Remarcarem que cal usar els símbols que hem acordat a l'activitat 3 per fer aquesta representació. El text i la il·lustració que facin pot servir als mestres per avaluar la comprensió de les idees clau que es volien introduir en aquest itinerari d'investigació.



## Referències bibliogràfiques

Amat, A.; Martí, J.; Grau, V. (2017) *Investiguem la matèria*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona-IMEB. Col·lecció Petits Talents Científics.

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

Departament d'Educació (2022) DECRET 175/2022, de 27 de setembre, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica. DOGC, 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*, 17, 75-114.

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

Driver, R. et al. (1999) *Dando sentido a la ciència en secundària: 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*, 20, 2.

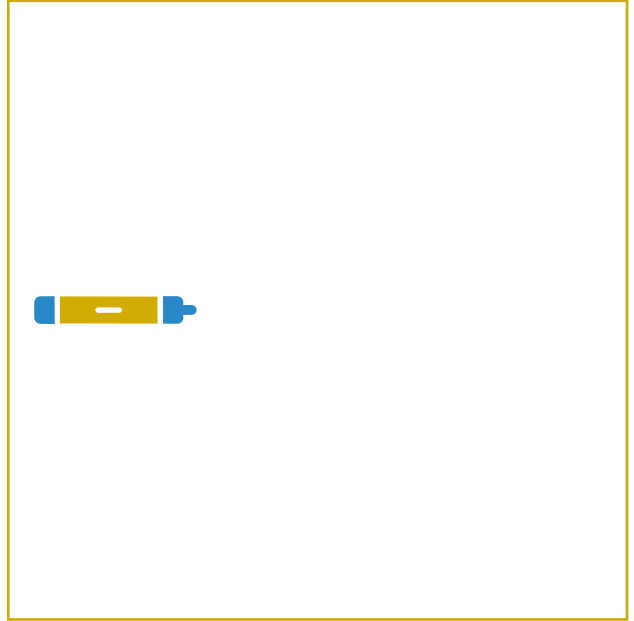
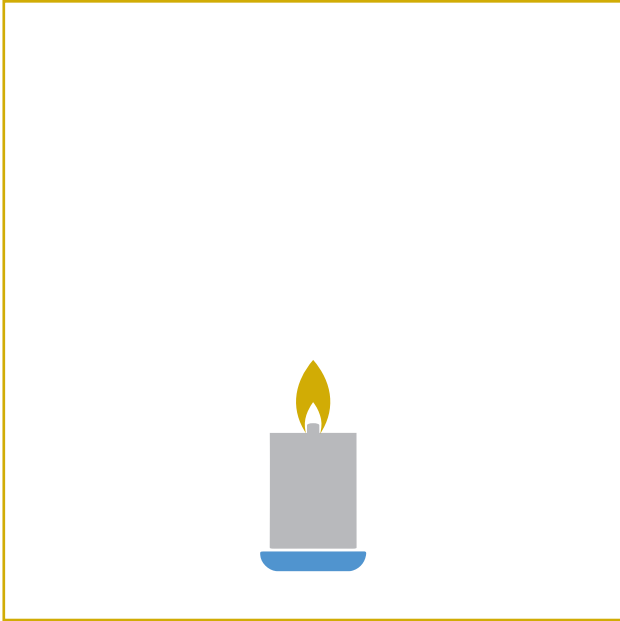
Izquierdo, M. (2005) Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.

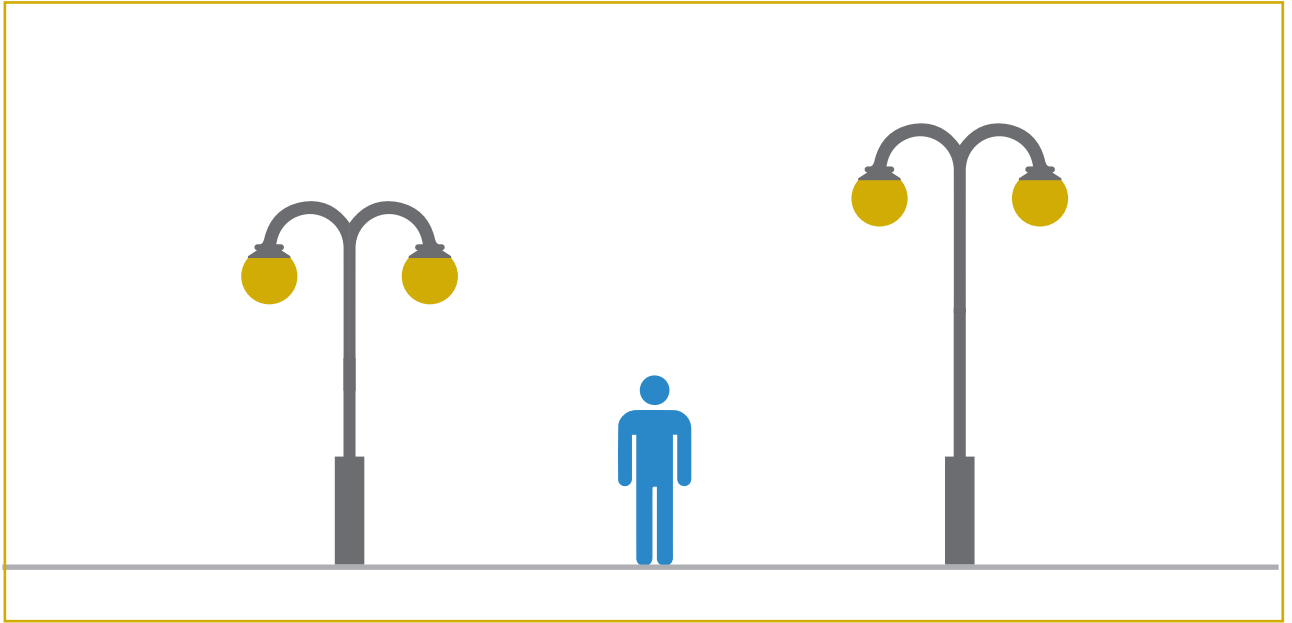
Martí, J. (2012) *Aprender ciencias a l'educació primària*. Barcelona: Graó.

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

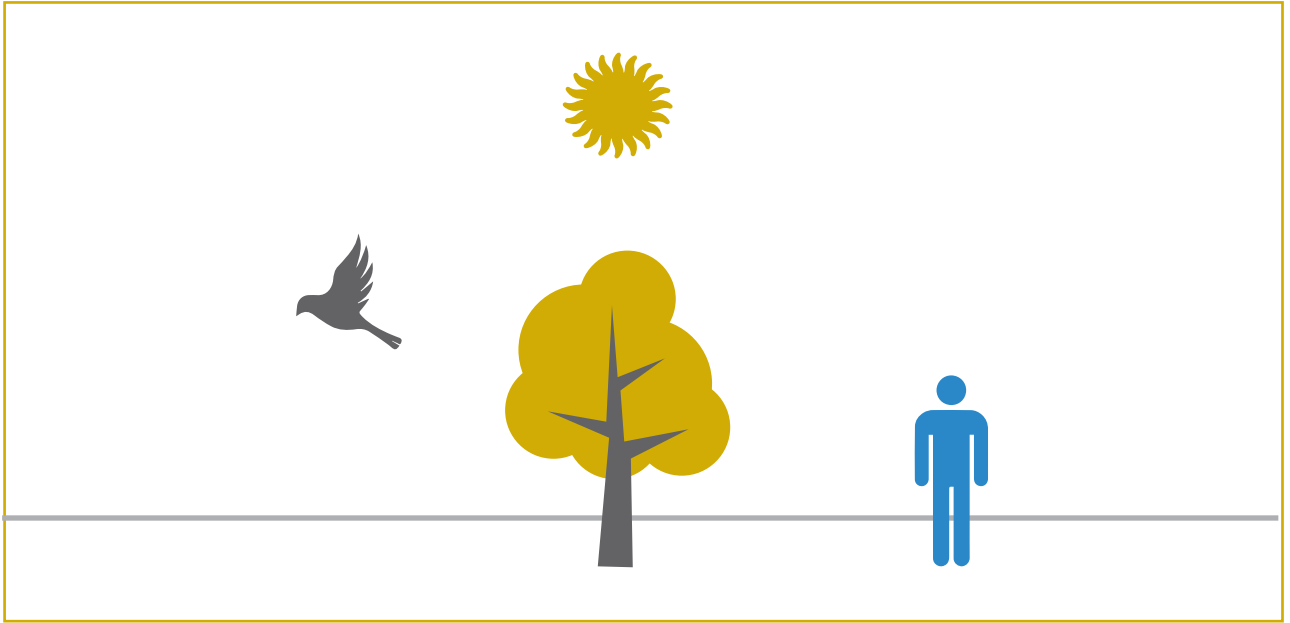
Pozo (2014) *Psicología del Aprendizaje Humano: Adquisición de conocimiento y cambio personal*. Madrid: Morata.

Annex 1

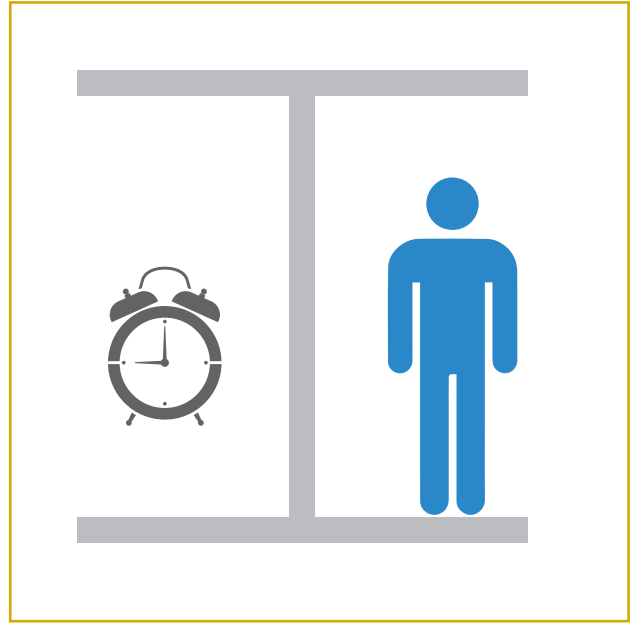
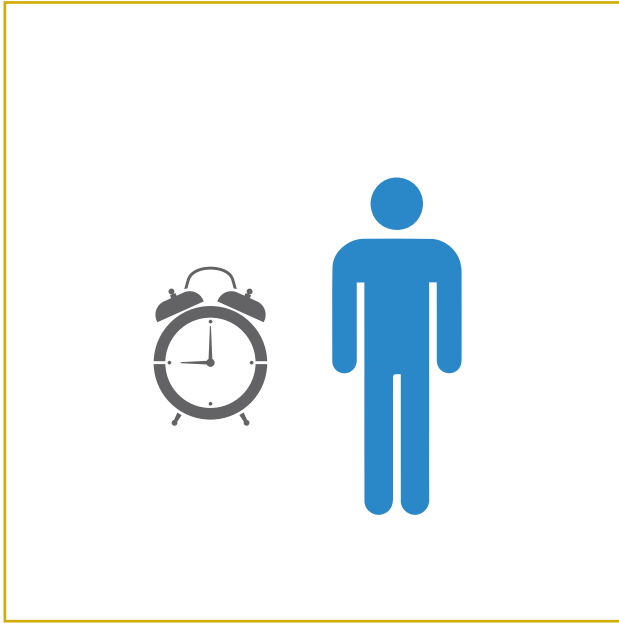




Annex 3



Annex 4



# Índex

- 3 Presentació
- 4 Investigar a l'aula per ajudar a adquirir cultura científica
- 7 Investigar sobre la llum, el so i la calor
- 9 **Quan el problema és comprendre com es formen les ombres**
- 12 Activitat 1. Explorem les idees dels infants sobre la llum i les ombres
- 14 Activitat 2. La llum es propaga, i ho fa en línia recta
- 16 Activitat 3. Representem la trajectòria de la llum
- 18 Activitat 4. Què és una ombra?
- 21 **Quan el problema és comprendre què és el so i com es comporta**
- 24 Activitat 1. Explorem les idees dels infants sobre el so
- 26 Activitat 2. Coses que fan soroll
- 29 Activitat 3. El so es transmet a través de la matèria
- 33 Activitat 4. Tornem al principi
- 35 **Quan el problema és explicar com es transfereix la calor**
- 38 Activitat 1. Què en pensem?
- 41 Activitat 2. Què escalfa a què?
- 43 Activitat 3. Representem com es transfereix la calor
- 46 Activitat 4. Conductors i aïllants
- 48 Referències bibliogràfiques
- 49 Annexos

## **Crèdits**

### **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

