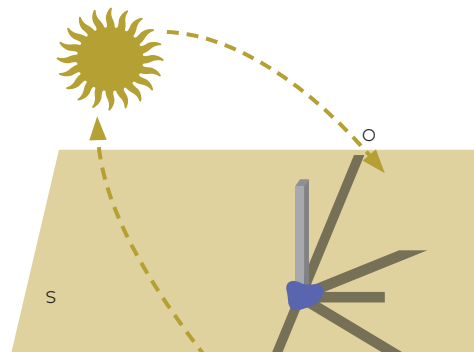
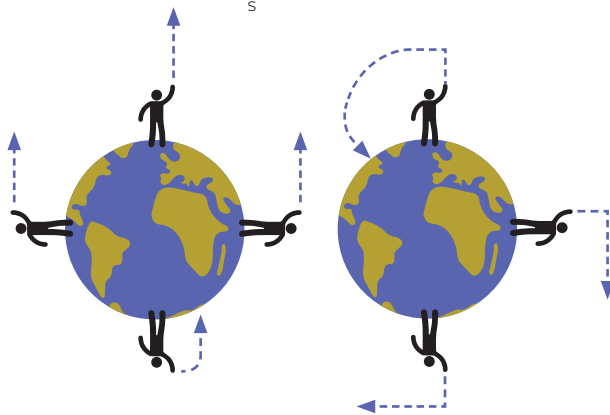
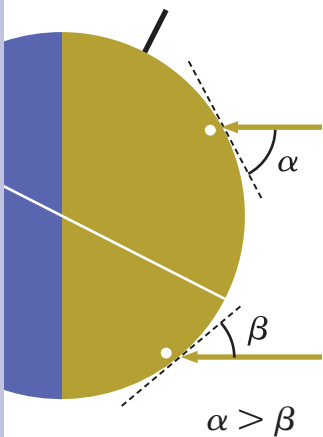
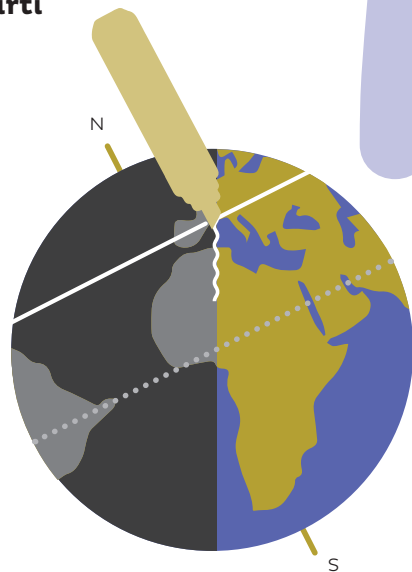
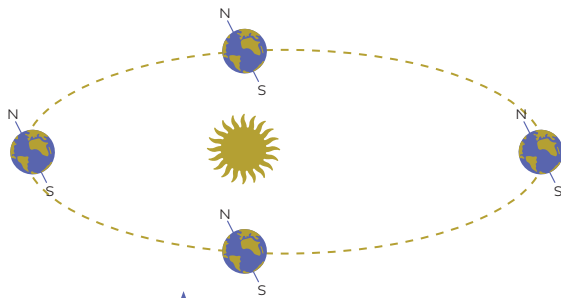
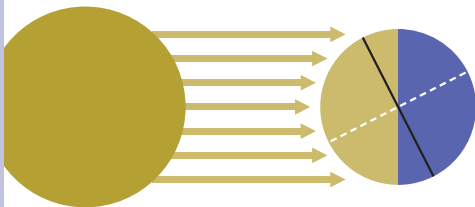
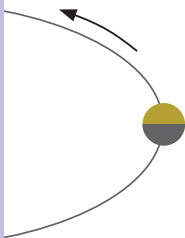


Investiguem els fenòmens astronòmics

Victor Grau, Arnau Amat i Jordi Martí



Crèdits

Edita:

Ajuntament de Barcelona. Institut Municipal d'Educació de Barcelona
Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRi)
Fundació Bancària "la Caixa"

Text:

Victor Grau, Arnau Amat i Jordi Martí, membres del grup de recerca CODI
(Conèixement i Didàctica) de la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya

Coordinació:

Direcció de Promoció Educativa de l'Institut Municipal d'Educació de Barcelona

Col·laboració:

Jordi Aloy, Àrea de Cultura i Divulgació Científica de la Fundació Bancària "la Caixa"
Equip educatiu del Planetari Municipal de Barcelona

Agraïments:

A tots els i les docents que han participat al curs Els fenòmens astronòmics i al seu alumnat. Les seves preguntes, els seus projectes i les seves comunicacions ens han ajudat a escriure aquest llibre.

Disseny gràfic, maquetació i il·lustracions:

Jordi Salvany

Impressió:

Uan-tu-tri. S.L.

Barcelona, desembre de 2019

© de l'edició: Ajuntament de Barcelona

© dels textos i les imatges: els autors esmentats

DL: B 28953 2019

ISBN: 978-84-945957-2-1

Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRi)

Passeig Lluís Companys, 23. 08010 Barcelona

Tel. 932687700

info@fundaciorecerca.cat

fundaciorecerca.cat

Institut Municipal d'Educació de Barcelona

Plaça d'Espanya, 5. 08014 Barcelona

Tel. 934023663

imebatencio@bcn.cat

barcelona.cat/educacio

Aquesta publicació es pot consultar a:

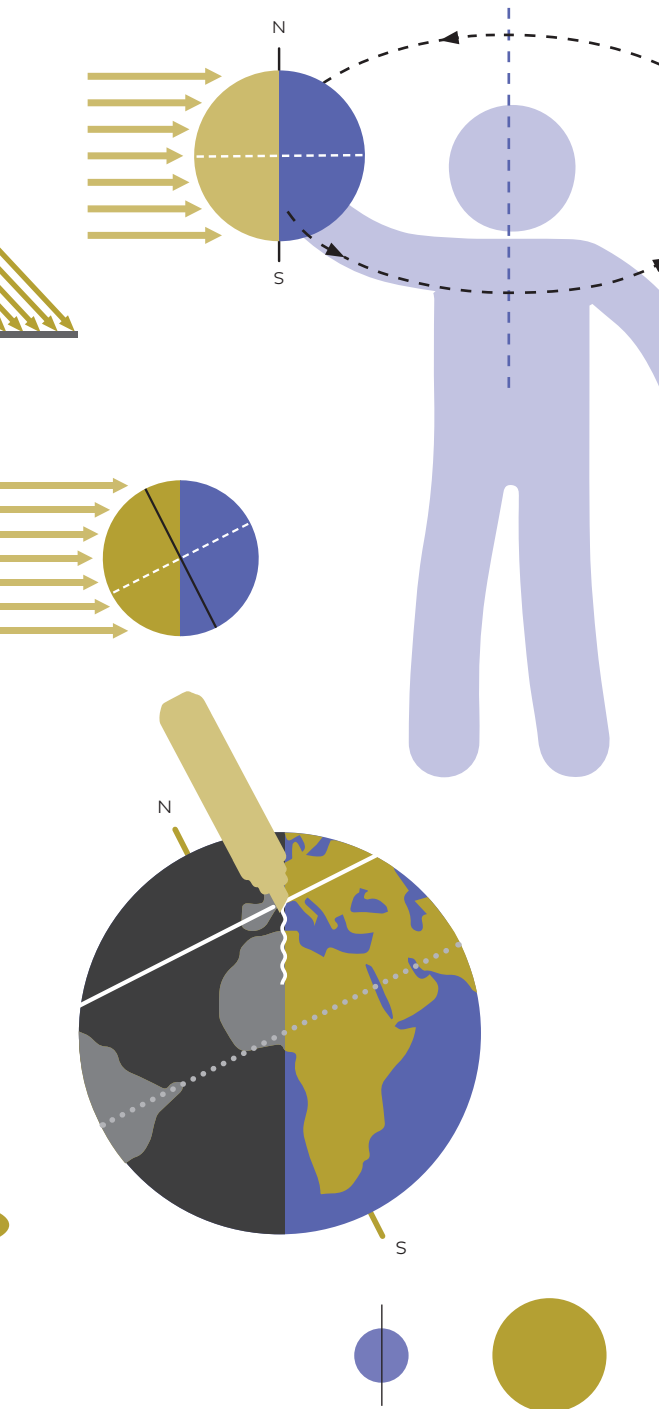
www.barcelona.cat/educacio

www.fundaciorecerca.cat

www.educaixa.com

Índex

- 3 Presentació
- 4 Introducció
- 5 Investigar per comprendre com funcionen els fenòmens astronòmics
- 9 **Quan el problema és explicar com el sol es mou al llarg d'un dia**
- 16 Activitat 1. On va el Sol quan es pon? Explorem les idees dels infants sobre com es mou el Sol al cel
- 18 Activitat 2. Com canvien la forma i l'orientació de les ombres al llarg del dia
- 21 Activitat 3. Construïm el model de Terra esfèrica i el moviment de rotació
- 25 Activitat 4. Els colors del cel. Com canvia el color del cel al llarg del dia
- 28 **Quan el problema és explicar com és que hi ha estacions**
- 33 Activitat 1. Exploració d'idees
- 35 Activitat 2. Construïm el model Terra-Sol
- 40 Activitat 3. Com és que a Catalunya fa més fred a l'hivern i més calor a l'estiu?
- 45 Activitat 4. Com és que als pols hi ha èpoques de l'any que no veuen la llum?
- 47 **Quan el problema és explicar l'aspecte i els moviments de la Lluna**
- 51 Activitat 1. Exploració d'idees sobre la forma de la Lluna
- 53 Activitat 2. Les fases de la Lluna
- 56 Activitat 3. Investiguem els eclipsis
- 58 Activitat 4. Els cràters de la Lluna
- 61 Referències bibliogràfiques



Presentació

“Petits talents científics” és un programa d’actualització científica que vol fomentar l’experimentació, la indagació i la descoberta en l’aprenentatge de les ciències per part de l’alumnat d’educació infantil i primària.

L’objectiu és proporcionar als centres educatius un seguit de recursos i orientacions que permetin als mestres implementar metodologies més participatives i creatives a l’aula i que facilitin a l’alumnat fer petits treballs de recerca.

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 i el cos humà, ara els fenòmens astronòmics i després es continuarà amb els éssers vius, entre altres.

En aquest llibre s’apleguen els continguts i les propostes de treball pràctic sobre l’estudi dels fenòmens astronòmics. Els i les mestres de primària hi trobaran orientacions didàctiques per treballar aquesta temàtica: des de la informació científica bàsica per presentar aquest tema a l’alumnat, fins a propostes concretes de treball per tractar aspectes clau sobre l’estudi de la Terra; la Lluna, el seu satèl·lit i el Sol (els moviments que fan cadascun, com s’interrelacionen aquests moviments i els fenòmens que provoquen: les estacions, la durada del dia i la nit, els eclipsis, les fases de la Lluna, les mareas...). S’aborden els continguts científics que cal conèixer, les idees prèvies que els alumnes solen tenir, les activitats que es proposen i com treure’n tot el profit pedagògic.

“Petits talents científics” està organitzat conjuntament per l’Institut d’Educació de l’Ajuntament de Barcelona, la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació i EduCaixa, de l’Obra Social “la Caixa”.

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

Introducció

Aquesta publicació és el recull dels continguts i les activitats que s'han treballat en la cinquena edició del curs per a mestres de cicle mitjà i superior d'educació primària que forma part del programa "Petits talents científics", coorganitzat per l'Institut d'Educació de l'Ajuntament de Barcelona, la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació, i EduCaixa de l'Obra Social "la Caixa". Al llarg del curs 2017-2018, el programa es va centrar a ajudar el professorat a desenvolupar projectes d'investigació amb el seu alumnat sobre la comprensió dels fenòmens astronòmics, un dels blocs curriculars principals del coneixement del medi natural de primària.

Aquest material s'ha estructurat en dues parts. En la primera part es presenta l'enfocament didàctic del llibre, que es basa a promoure una investigació com la que fan els científics i les científiques, amb la intenció que l'alumnat de primària aprofundeixi en el coneixement de la cultura científica. En la segona part es presenten dotze activitats, que són una selecció de totes les que es van presentar al llarg del curs 2017-2018 en el programa. Les activitats s'estructuren en tres grans blocs, que agrupen els principals problemes que podem treballar a l'aula amb els infants de primària.

Cadascun d'aquests tres grans blocs de problemes s'ha estructurat en quatre parts. En la primera part es dona la informació científica necessària perquè el professor o la professora pugui treballar els temes d'aquest bloc a primària. La segona part descriu les principals idees intuïtives que tenen els infants sobre cadascun del problema que es plantegen. En la tercera part es presenten les idees bàsiques que, des del nostre punt de vista, cal treballar amb l'alumnat. I, finalment, en cadascun dels blocs es proposen quatre activitats.

Cada problema requereix una manera diferent de representar el sistema que formen el Sol, la Terra i la Lluna. Com que el que pretenem és que els i les alumnes puguin canviar les seves idees i construir-se un model mental sobre com es mou el sistema Sol-Terra-Lluna, les experiències no es presenten com una recepta, sinó que s'acompanyen d'una descripció detallada de com podem guiar l'alumnat al llarg de la investigació.

Per acabar, volem destacar que hem procurat ser rigorosos perquè aquesta guia sigui d'utilitat al professorat de primària que vulgui innovar en el camp de l'educació científica. És per aquest motiu que la majoria dels coneixements i les experiències proposades són fruit dels treballs d'assessorament i de formació permanent que estem duent a terme a moltes escoles i de la recerca en didàctica de les ciències que desenvolupem des del grup de recerca Coneixement i Didàctica de la Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya.

Investigar per comprendre com funcionen els fenòmens astronòmics

Cap a una manera autèntica d'investigar els fenòmens astronòmics

Des de temps remots, sota una nit plena d'estrelles, la humanitat s'ha fet preguntes sobre el cel: com és que el dia i la nit se succeeixen repetidament? Com és que tenim estacions any rere any? Què són les estrelles que brillen al cel? Quin lloc ocupem a l'univers? Cultures i civilitzacions antigues, des de la Grècia clàssica fins a les cultures precolombines d'Amèrica, han intentat donar resposta a aquestes i altres preguntes. En el fons, les preguntes sobre els astres es relacionen amb la pregunta de quin lloc ocupem a l'univers, la seva estructura i la gènesi del món. Potser per aquest motiu l'astronomia és una de les disciplines científiques més antigues, i a causa de les implicacions que tenen les seves respostes sobre el lloc de l'ésser humà al cosmos és un dels temes més treballats per la història i la filosofia de la ciència. Només la simple afirmació que és la Terra la que dona voltes al Sol, i no a l'inrevés, va provocar problemes transcendents i condemnes a la foguera no fa pas gaire segles.

Davant d'un tema de tanta importància, el professorat podria sentir-se temptat a transmetre el coneixement científic ràpidament, de manera directa, amb la bona voluntat que els infants abandonin les seves explicacions intuïtives per aprendre allò que els científics i les científiques han descobert sobre l'univers. Normalment, els mestres que opten per aquesta manera d'acostar l'astronomia als infants ho fan a través de classes magistrals, l'ús del llibre de text o de la cerca d'informació bibliogràfica. Aquesta manera d'ensenyar ciències basa el seu enfocament metodològic en la transmissió de continguts, i, tot i que ha estat el predominant en les últimes dècades i a dia d'avui és bastant freqüent en moltes escoles, des del nostre punt de vista aquests

enfocaments metodològics continuen entenent erròniament l'infant com un simple receptor d'informació.

La millor manera perquè els infants comprenguin els fenòmens naturals és generar processos de ciència autèntica a l'escola.

Cal tenir en compte, a més a més, que aquestes metodologies no només tenen conseqüències en l'aprenentatge dels infants de la comprensió dels fenòmens científics, sinó que també tenen conseqüències en relació amb com els infants perceben la ciència. Com hem defensat (Martí, 2012; Amat, Martí i Darné, 2018; Amat, Martí i Grau, 2017), la millor manera perquè els infants aprenguin a investigar i comprendre els fenòmens naturals que els envolten i, a més, a adquirir una visió més precisa del que és la ciència, és generar processos de ciència autèntica a l'escola. D'aquesta manera, el que us proposem és procurar que els infants estiguin involucrats en processos d'investigació en què puguin fer preguntes, obtenir i analitzar dades, i així establir conclusions i elaborar explicacions, tal com fan les científiques i els científics quan investiguen.

Basar l'aprenentatge de la ciència en la transmissió del coneixement fa que sigui difícil que els infants puguin comprendre la causa del perquè sobre els fenòmens astronòmics. Aquestes metodologies posen l'atenció en la memorització de fets, en comptes d'ajudar els infants a construir-se representacions que els permetin explicar-se els fenòmens astronòmics. Actuant així també perdem l'oportunitat que l'alumnat aprengui a investigar.

Finalment, una de les conseqüències de basar el treball en la recerca bibliogràfica i en les classes magistrals és que la ciència és mostrada de manera dogmàtica. La

visió que els infants acaben tenint de la ciència és la d'un cos de coneixements acabat que cal aprendre's de memòria, en comptes de ser un conjunt d'idees que es construeixen, es consensuen i es posen a prova.

L'ús de representacions per comprendre

Un dels reptes que comporta investigar els fenòmens astronòmics amb nenes i nens de primària és el mateix que van tenir aquelles civilitzacions antigues: només disposem de l'observació i la nostra capacitat de representar-nos com es deuen moure els astres al cel, ja que difícilment disposarem dels aparells especialitzats que utilitzen els astrònoms i les astrònomes avui en dia. Per tant, les investigacions que podem portar a terme a les aules hauran d'anar enfocades sobretot a aquests dos grans aspectes: observació i representació.

D'una banda, s'hauran d'orientar a l'observació dels fenòmens astronòmics com ara la posició del Sol al cel al llarg del dia i en el transcurs de l'any, la durada del dia i la nit en diferents moments de l'any, la forma i la posició de la Lluna al llarg del cicle lunar. En alguns casos, es tracta d'observacions en què són necessaris diversos dies o setmanes per portar-les a terme i, per tant, només si les sistematitzem ens podran ser útils per poder-les analitzar i establir conclusions.

D'altra banda, a part de les conclusions derivades directament de les observacions, els infants només podran comprendre el moviment dels cossos celestes si som capaços de fer que puguin generar representacions sobre com es mouen. Part de les dificultats que tenen els infants estan causades per representacions prèvies que tenen, i que són diferents de les científiques. Com veurem, aquestes representacions prèvies estan influïdes per una determinada manera de donar sentit al món,

però també per un problema de perspectiva i de magnitud. De perspectiva, perquè formem part d'un d'aquests cossos que analitzem. De magnitud, ja que les mides dels cossos i les distàncies que els separen són enormes.

Cal promoure que els infants construeixin les seves representacions (maquetes, dibuixos...) Sobre el moviment dels astres.

Per tant, treballar amb representacions ens ha d'ajudar a superar les dificultats en aquests dos aspectes. Les representacions, que prendran forma de maquetes, dibuixos o representacions corporals, no deixen de ser l'expressió dels nostres models mentals, és a dir, dels esquemes que generem mentalment per explicar els fenòmens. A l'aula, hem de promoure que els infants, des de bon començament, puguin construir les seves representacions sobre el moviment dels astres. Només quan concretem aquests models mentals amb una representació física podem compartir-los i comparar-los amb els dels nostres companys i companyes, per tal de fer-los evolucionar. A través de les observacions directes dels fenòmens astronòmics, posarem a prova aquestes representacions inicials amb la finalitat de revisar-les perquè siguin tan coherents com sigui possible amb allò que hem observat.

Finalment, quan tinguem una representació consensuada es tractarà de posar-la a prova, per tal que sigui capaç de predir o explicar nous fenòmens que no havíem treballat. Per tant, es tracta que els infants construeixin, posin a prova, revisin i usin aquestes representacions amb el que anomenem procés de modelització (Kenyon, Schwarz i Hug, 2008).

D'aquesta manera, utilitzant la investigació per comprendre els fenòmens astronòmics, podrem fer reflexio-

nar els infants sobre com els científics i les científiques construeixen coneixement de manera precisa. Podrem, així, acabar donant la visió que els coneixements que estableix la ciència, lluny de cap dogma, sempre són revisables, que són posats a prova a través de les observacions que es van fent de l'univers i de les representacions que acabem fent de com es mouen els astres.

De la teoria a la pràctica

Al llarg del curs de Petits Talents Científics, que vam titular "Investiguem els fenòmens astronòmics", i que va tenir lloc durant el curs 2017-2018, es van presentar més d'una vintena d'activitats per fer que les nenes i els nens de primària fossin capaços de representar i explicar alguns fenòmens astronòmics.

En aquesta publicació, es presenten dotze d'aquestes activitats que hem agrupat temàticament amb tres grans tipus de problemes que podem treballar a l'aula relacionats amb els fenòmens astronòmics. Cadascun dels problemes es pot abordar a través de construir i usar la representació d'un sistema concret que expliqui com la Terra es mou en relació amb el Sol i la Lluna.

- **Quan el problema és com el Sol es mou al llarg d'un dia.** Amb les activitats d'aquest bloc es vol treballar el model de Terra esfèrica i el moviment de rotació, per tal de donar recursos perquè es puguin treballar les observacions sobre com es mou el Sol i les ombres al llarg d'un dia i com és que el cel canvia de color des de l'alba fins al capvespre.

- **Quan el problema és com és que hi ha estacions.** Amb les activitats d'aquest bloc es vol treballar el sistema Terra-Sol i el moviment de translació, per tal que els infants puguin donar resposta a com és

que a Catalunya hi ha estacions o com és que al cercle polar àrtic hi ha èpoques de l'any que no s'hi veu el Sol.

- **Quan el problema és l'aspecte i els moviments de la Lluna.** Amb les activitats d'aquest bloc es vol treballar el sistema Sol-Terra-Lluna, amb la intenció de donar resposta a les preguntes dels infants en relació amb com és que la Lluna té fases i sempre veiem la mateixa cara de la Lluna, però també com és que hi ha eclipsis de Sol i de Lluna, per què a la Lluna hi ha cràters i com s'han format.

Per a cadascun dels problemes que suggerim per investigar i comprendre els fenòmens astronòmics, hi ha tres apartats amb tota la informació teòrica que creiem que és necessària perquè el professorat pugui portar a terme les activitats a l'aula. En primer lloc, la informació científica necessària relacionada amb cada tipus de model. En segon lloc, un recull de les idees intuïtives que tenen els infants sobre cada un dels problemes relacionats amb la comprensió dels fenòmens astronòmics. Finalment, es presenten les idees més rellevants que creiem que s'han de treballar amb la resolució de cada problema. Aquestes idees són una concreció del que està descrit en el currículum oficial.

La funció del professorat serà fer que les representacions inicials de l'alumnat evolucionin segons les observacions fetes.

En referència a les activitats d'aula, la primera activitat que es descriu en relació amb cada problema sempre és una activitat per explorar les idees de l'alumnat. La construcció de coneixement científic a l'escola ha de partir de com les nenes i els nens conceben el funcionament d'allò que els envolta. D'aquesta manera, l'objec-

tiu principal d'aquestes primeres activitats és que les nenes i els nens puguin fer explícites les seves representacions mentals sobre el funcionament dels fenòmens astronòmics. La funció del professorat serà que, a través de l'observació, de les preguntes, de les converses i de buscar noves maneres de representar el moviment dels cossos celestes, aquestes representacions inicials evolucionin cap a representacions que siguin més coherents amb les observacions fetes.

Finalment, les activitats de cadascun dels problemes es presenten sempre seguint la mateixa estructura:

a. Una **llista de material**, sempre pensada basant-se en el fet que les nenes i els nens estan organitzats en grups cooperatius de quatre persones.

b. **Idees per treballar**, en què es concreten les idees clau sobre cadascun del camins que es posen en joc a cada activitat. A més a més, també es descriuen i es justifiquen les idees dels infants més rellevants i com les solen usar quan fan l'activitat. Finalment, es presenta l'explicació científica de l'activitat que s'està treballant.

c. **Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques**, en què es descriuen les estratègies metodològiques per treballar a l'aula.

Quan el problema és explicar com el Sol es mou al llarg d'un dia

Comprendre el model de Terra esfèrica i el moviment de rotació

Entendre que la Terra és esfèrica pot ser una tasca difícil. Com expliquem en l'apartat de les idees dels nens i les nenes, la concepció d'una Terra plana és molt persistent, i és que és fruit de l'experiència quotidiana. De fet, aquesta era la visió predominant en cultures antigues, com la sumèria, i tot i arguments de pensadors com Aristòtil que defensaven l'esfericitat de la Terra, algunes cultures, com la xinesa, van creure en una Terra plana fins al segle XVII, quan la influència d'astrònoms jesuïtes va començar a difondre la idea de Terra esfèrica.

Les evidències d'una Terra esfèrica van venir per diverses observacions, per exemple: (a) la Terra fa una ombra de perfil circular sobre la Lluna durant un eclipsi; (b) l'estrella polar es veu més a prop del zenit en viatjar cap al nord, al mateix temps que altres estrelles desapareixen rere l'horitzó; (c) en mirar un veler molt distant al mar el primer que en veiem és el pal, i fins que no és prou a prop no en podem veure el casc; (d) i per esmentar-ne un propi del nostre país a Catalunya, des del nivell del mar, no veiem Mallorca, però, en canvi, des de punts elevats, i si les condicions meteorològiques són bones, podem veure els punts més alts de l'illa.

L'esfericitat de la Terra no és intuïtiva, ni tampoc ho és el fet que estigui girant constantment.

De la mateixa manera que l'esfericitat de la Terra no és intuïtiva, tampoc ho és el fet que estigui girant constantment. Com que l'evidència quotidiana és que el terra està quiet, i que el Sol es mou sobre el cel, la conseqüència primera és òbvia: el Sol es mou i la Terra està

quieta. L'acceptació d'una Terra que gira sobre si mateixa va anar històricament molt paral·lela a la consolidació del model de Terra esfèrica.

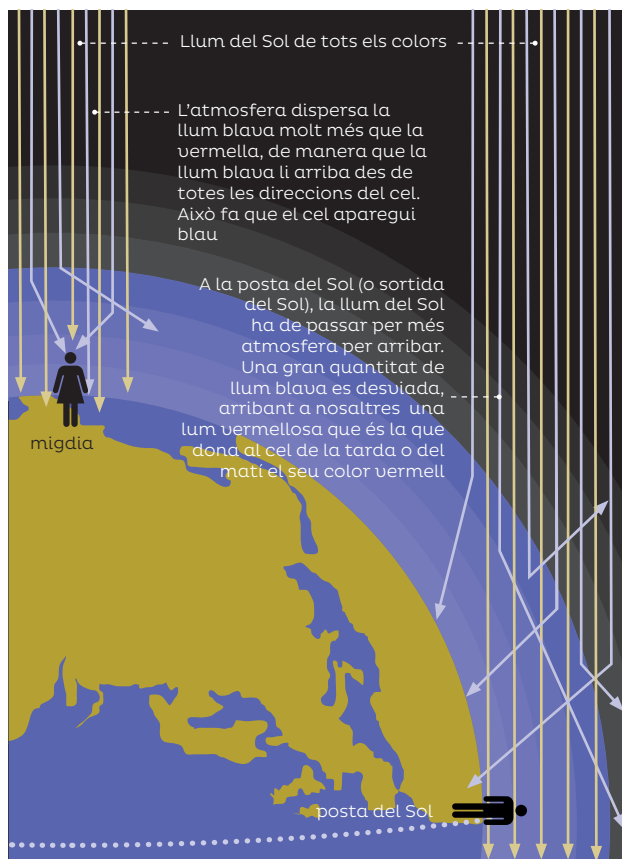
Un dels arguments que s'esgrimien a favor de la immobilitat de la Terra és que no podia ser que la Terra girés, perquè quan deixem caure un objecte aquest cau verticalment, i no desplaçat respecte a la vertical del punt de partida. Quan van començar a ser conegudes i enteses les lleis de Newton, aquest problema va quedar resolt, però és interessant de saber-ho, perquè les lleis de Newton són contràries a la intuïció de l'alumne/a.

Respecte als colors del cel (activitat 4), l'explicació és la següent. L'atmosfera està formada per gasos (bàsicament nitrogen, oxigen i petites quantitats d'altres gasos, com el diòxid de carboni). La llum del Sol, en entrar a l'atmosfera, xoca amb les molècules d'aquests gasos. En el xoc es produeix un procés complex en el qual la llum és desviada de la direcció en què incidia; el fet important és que la desviació de la llum depèn del color: la llum blava és desviada fortament per les molècules, mentre que la vermella travessa l'atmosfera sense pràcticament desviar-se (la llum del Sol conté més colors, però blau i vermell són els que són desviats de manera més extrema).

Observem ara la figura 1. Si pensem què veu la persona que té el Sol alt sobre l'horitzó, veurem que, miri cap on miri, li arribarà als ulls llum blava desviada d'altres punts, que en principi no li hauria arribat. El resultat és que al seu entorn veu llum blavosa que li arriba de totes direccions des del cel: veu el cel blau.

Si imaginem ara què veu la persona que té el Sol baix a l'horitzó, veurem que, com que la llum ha fet un recorregut molt més llarg a través de l'atmosfera, pel camí la

Figura 1. Quan la llum blanca travessa l'atmosfera, el component blau és fortament dispersat, a diferència del vermell, que travessa grans distàncies sense a penes ser dispersat. Així, el cel es veu blau quan el Sol està alt sobre l'horitzó i vermellós quan està baix

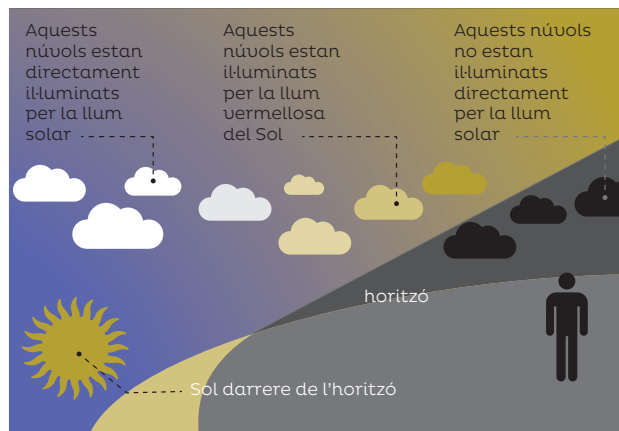


llum blava s'ha anat desviant, de manera que quan miri cap al Sol veurà que li arriba una proporció més gran de llum vermella que blava: veu el cel vermellós.

Per entendre com és que veiem núvols blancs, vermellós o foscos, cal pensar en quin color té la llum que els ha il·luminat. Si el núvol és il·luminat per llum blanca, veurem el núvol blanc, que seria el que veuria l'observador o observadora del dibuix que té el Sol alt sobre l'horitzó. Si el núvol és il·luminat per llum que té una alta proporció de vermell, el veurem vermellós, que és el que pot ser que observi la persona del dibuix que veu el Sol més baix.

La figura 2 següent ens permet entendre com és que de vegades, quan el Sol està baix a l'horitzó, veiem núvols blancs i, al costat, altres núvols vermells o foscos.

Figura 2. El color de la llum que il·lumina els núvols en determina el color



Les idees de les nenes i els nens en relació amb el model de Terra esfèrica i el moviment de rotació

Des dels anys vuitanta ençà, s'han publicat molts articles de recerca sobre les idees dels nens i les nenes en relació amb diversos fenòmens científics. Uns dels àmbits més investigats, i des de fa més temps, ha estat el dels fenòmens astronòmics, sobretot la forma de la Terra, la successió dia-nit, el moviment aparent del Sol, l'estacionalitat o les fases de la Lluna. En aquest apartat farem referència als principals resultats dels estudis referits als tres primers fenòmens (forma de la Terra, cycle dia-nit i moviment aparent del Sol), i en apartats posteriors descriurem les aportacions fetes sobre els altres dos.

Forma de la Terra

Diversos estudis han mostrat que els nens i les nenes de 6 a 12 anys disposen de diferents models mentals (o nocions, segons els autors o autores) en relació amb la forma de la Terra. Malgrat que hi ha diferències importants en les interpretacions teòriques que diferents autors i autores fan sobre la naturalesa de les idees de l'alumnat en relació amb la forma de la Terra, la majoria coincideixen àmpliament en l'existència d'una sèrie de models que apareixen en totes les edats, i en diversos contextos culturals (Driver, 1999).

Un model àmpliament estès entre l'alumnat d'infantil i primària és el model de Terra plana, ja sigui en forma de cercle o més o menys rectangular. Si bé és cert que davant de preguntes tancades (per exemple, "Quina forma té la Terra?") O d'opció múltiple (per exemple, "La Terra és plana o esfèrica?") Fins i tot els nens i les nenes més petits responen amb frases com "És com una pilota", o bé "És una esfera", davant de preguntes obertes la

situació canvia radicalment. Així, en un estudi en què als nens i les nenes se'ls formulava la pregunta "Si camines en línia recta, on aniràs a parar?", es va poder determinar que el model de Terra plana apareixia en totes les edats, encara que era molt més freqüent entre els més petits (4-7 anys) (Vosniadou i Brewer, 1992). Aquest resultat mostra clarament que les preguntes obertes exploren millor els models mentals dels nens i les nenes, perquè per respondre-les no poden limitar-se a reproduir informació, sinó que han d'usar els models mentals que tenen per construir explicacions ad hoc.

Altres estudis clàssics sobre les idees de l'alumnat en relació amb la forma de la Terra han mostrat que, a més a més del model de Terra plana, els nens i les nenes presenten altres models mentals, tal com es mostra a la figura 3 (Nussbaum, 1979; Vosniadou i Brewer, 1992).

Un primer model considera que la Terra té forma d'esfera però que és aplanada per l'extrem superior o inferior, i les persones viuen a les zones planes. En un segon

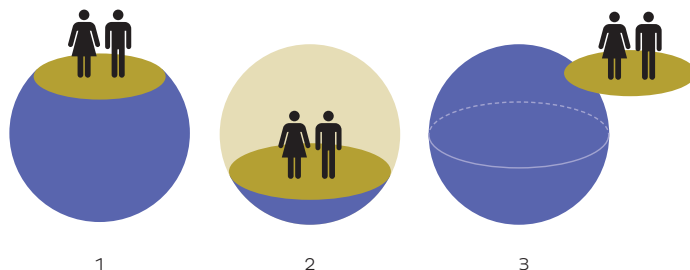


Figura 3. Models sintètics de Terra. Model 1: Terra aplanada, model 2: Terra buida, model 3: model dual

model, es considera que la Terra és esfèrica però està buida per dins, i les persones viuen a l'interior, que és pla. Un tercer model considera que hi ha dues terres, una de plana que és on vivim, i una altra d'esfèrica que és el planeta Terra.

Els autors i les autores d'aquests estudis interpreten que tots aquests altres models apareixen com a conseqüència dels intents que els nens i les nenes fan d'integrar la nova informació que reben del seu entorn (globus terraquès esfèric com a representacions acceptades de la Terra, imatges o fotografies en llibres o al web, afirmacions de famílies i mestres, etc.) amb el model inicial més intuïtiu i primari de Terra plana, basat en la percepció directa que els nens i les nenes tenen del seu entorn real. Així doncs, l'aparició d'aquests models, que alguns autors i autores anomenen models sintètics (Vosniadou, 1994), no ha de ser considerat, per part del professorat, com un dèficit de coneixement dels nens i les nenes, sinó una mostra dels intents que fan per donar sentit a la nova informació que reben, que d'entrada no és gens coherent amb el model mental intuïtiu de Terra plana que tenen.

La persistència d'un model intuïtiu de Terra plana també es posa de manifest quan es plantegen als nens i les nenes tasques sobre la caiguda dels cossos. Així, quan se'ls demana com es mourà un objecte que es tira cap enlaire en diversos llocs de la Terra, a vegades s'observen dibuixos com els de la figura 4, en què implícitament els nens i les nenes usen un model de Terra plana amb una única direcció absoluta amunt-avall.

Cicle dia-nit

En relació amb la comprensió dels nens i les nenes del cicle dia-nit, les investigacions també han posat de

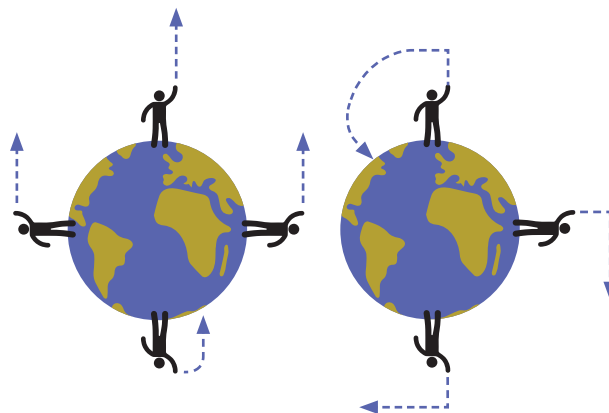


Figura 4. La persistència del model intuïtiu de Terra plana es pot posar de manifest en les trajectòries que els alumnes preveuen dels objectes llançats amunt

manifest l'aparició de diversos tipus d'explicacions (Vosniadou i Brewer, 1994). En unes, les nenes i els nens expliquen que arriba la nit perquè el Sol "se'n va darrere les muntanyes o darrere els núvols", o simplement, "el Sol se'n va a un altre lloc". Els investigadors i les investigadores consideren que aquestes explicacions deriven de dos fets principals: a) d'atribuir un moviment aparent al Sol, fruit de la percepció real que tenen del moviment del Sol, i b) d'usar, encara que sigui implícitament, un model de Terra plana i estàtica. Altres explicacions identificades entre l'alumnat de primària usen altres pressupòsits. Per exemple, hi ha alumnes que atribueixen moviment al Sol però disposen d'un model de Terra esfèrica, tot i que estàtica. En aquests casos apareixen explicacions com ara: "El Sol se'n va a l'altre cantó de la Terra, on ara és de nit" tot assenyalant l'extrem oposat de l'esfera. Altres nens i nenes generen un model mental en què no atribueixen moviment al Sol, però sí que

consideren que la Terra es mou (rotació), a més a més d'adoptar un model de Terra esfèrica. En aquest cas apareixen explicacions com ara: "Quan la Terra gira, un cantó mira cap al Sol i és de dia, i l'altre mira cap a la Lluna i és de nit".

Sembla, doncs, que aquest conjunt d'investigacions posen de manifest que hi ha una certa relació entre els models que té l'alumnat sobre la forma de la Terra i les explicacions que construeix sobre les causes del cicle dia-nit. Com hem comentat en els paràgrafs anteriors, en les explicacions del cicle dia-nit hi té un paper rellevant el fet que els nens i les nenes atribueixin (o no) moviment a la Terra (rotació), o al Sol (moviment aparent del Sol). Per això també s'han fet alguns estudis sobre les idees dels nens i les nenes sobre el moviment aparent dels objectes celestes.

Moviment aparent del Sol

Els estudis sobre les idees dels nens i les nenes sobre el moviment aparent dels objectes celestes (sobretot el Sol i la Lluna) quan són observats des de la Terra mostren com la majoria de nens i nenes de 6-10 anys no han desenvolupat una representació mental clara del moviment aparent del Sol (Plummer, 2009). Molts pensen que el Sol surt i s'enfila ràpid cap al capdamunt del cel, i després baixa de cop i es pon. Així doncs, la majoria de nens i nenes no tindrien clar que el moviment aparent del Sol es produeix en una trajectòria en forma d'arc, des de l'horitzó est cap a l'horitzó oest.

Igualment, la majoria de nens i nenes desconeixen els canvis que es produeixen en aquesta trajectòria al llarg de l'any (més alçada de l'arc a l'estiu, menys alçada de l'arc a l'hivern). Finalment, aquests estudis subratllen el fet que molts nens i nenes d'aquestes edats no tenen

una representació clara del moviment aparent de les estrelles al firmament al llarg de la nit, o ni el consideren factible.

En resum, els i les mestres hem de tenir molt clar que els models i les idees que els nens i les nenes manifesten sobre la forma de la Terra, el cicle dia-nit i el moviment aparent del Sol (i altres astres) responen, en un primer moment, a la generació de models intuïtius basats sobretot en la percepció real que tenen d'aquests fenòmens i, posteriorment, als intents d'integrar aquests models inicials amb les idees científiques que provenen del seu entorn i que, normalment, no són coherents amb els seus models intuïtius inicials. Per això és molt important que el professorat escolti bé les explicacions que generen els nens i les nenes, i que intenti inferir quins són els coneixements que a cada moment estan mobilitzant i com els estan articulant entre ells. Aquesta actitud d'escolta i interpretació (que es coneix com a responsive teaching) és fonamental per no fer judicis avaluatius que sempre condueixin a pensar que els nens i les nenes tenen un coneixement molt simple, o que el coneixement científic sobre els fenòmens astronòmics està massa lluny del que a aquestes edats els nens i les nenes poden abastar. Hem de partir del que les nenes i els nens ja saben i saber-hi jugar, en lloc de voler substituir directament el que saben per les respostes científicament correctes de la ciència, perquè això últim mai no sol donar gaire bons resultats.

Idees que cal treballar sobre el model de Terra esfèrica i el moviment de rotació

Com hem vist, molts nens i nenes d'edats primerenques tenen una visió de la Terra no esfèrica i, per tant, és una idea central que caldria treballar. Amb tot, la idea no ha estat inclosa en el llibre, ja que les activitats estan

enfocades per a nens i nenes de cicle mitjà i superior de primària i creiem que aquesta idea hauria d'haver estat treballada amb anterioritat.

Des del nostre punt de vista, les idees més importants per treballar a través del model de Terra esfèrica i el moviment de rotació són les següents:

Idea 1. El recorregut aparent que fa el Sol al cel és d'est a oest en forma d'arc.

Idea 2. El canvi de forma i d'orientació de les ombres al llarg del dia és provocat directament pel moviment aparent del Sol al cel.

Idea 3. El moviment aparent que fa el Sol, i els punts de sortida i posta, són diferents en diferents moments de l'any.

Idea 4. El moviment aparent del Sol és causat pel moviment de rotació.

Idea 5. Al llarg del dia canvia el color del cel pel fet que la llum del Sol travessa més o menys gruix d'atmosfera.

	Activitat 1. On va el Sol quan es pon? Explorem les idees dels infants sobre com es mou el Sol al cel	Activitat 2. Com canvien la forma i l'orientació de les ombres al llarg del dia	Activitat 3. Construïm el model de Terra esfèrica i el moviment de rotació	Activitat 4. Els colors del cel. Com canvia el color del cel al llarg del dia
Idea 1. El recorregut aparent que fa el Sol al cel és d'est a oest en forma d'arc.				
Idea 2. El canvi de forma i d'orientació de les ombres al llarg del dia és provocat directament pel moviment aparent del Sol al cel.				
Idea 3. El moviment aparent que fa el Sol, i els punts de sortida i posta, són diferents en diferents moments de l'any.				
Idea 4. El moviment aparent del Sol és causat pel moviment de rotació.				
Idea 5. Al llarg del dia canvia el color del cel pel fet que la llum del Sol travessa més o menys gruix d'atmosfera.				

Activitat 1

ON VA EL SOL QUAN ES PON?

EXPLOREM LES IDEES DELS INFANTS SOBRE COM ES MOU EL SOL AL CEL



Material per a un grup de quatre persones

Fulls de paper DIN A4, fulls de paper DIN A3, llapis, llapis de color i goma d'esborrar.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 1. El recorregut aparent que fa el Sol al cel és d'est a oest en forma d'arc.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

1. Presentació de la investigació sobre com canvia la posició del Sol al llarg del dia

Iniciarem la investigació amb una pregunta que per respondre-la sigui necessària la representació del model de Terra esfèrica i el moviment de rotació. Per tant, cal que sigui una pregunta que centri l'atenció en algun fet ja conegut pels infants, com per exemple "Com és que el Sol surt sempre per l'horitzó est i es pon per l'horitzó oest?" O "Per què les ombres canvien al llarg

d'un dia?". En cas que partim de preguntes que hagin fet les nenes i els nens, segurament serà necessari reajustar-les perquè s'assemblin a aquest tipus de preguntes.

2. Exploració dels infants sobre el moviment diari del Sol

Podem començar fent que els infants pensin sobre quin és el moviment del Sol al llarg d'un dia. Per donar-los suport i guiar-los en aquesta reflexió, demanem que els infants dibuixin en un full de paper: "Quin creieu que és el recorregut del Sol en el cel des que surt fins que es pon?".

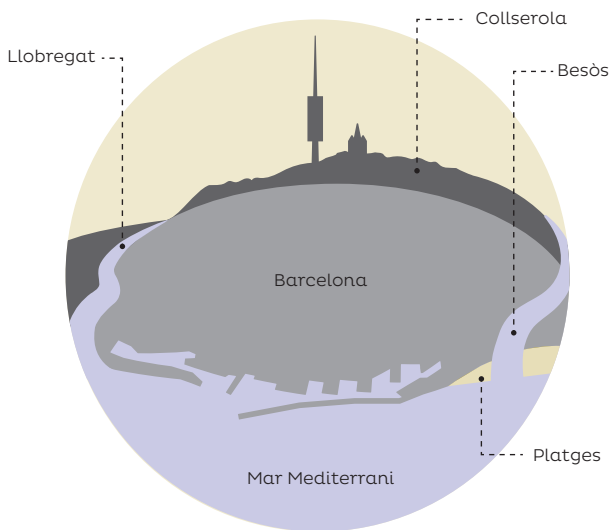
Podem preparar una imatge que ajudi els infants a figurar-se el moviment que pot fer el Sol, com per exemple una silueta de la platja i de la muntanya. Per concretar una mica més la demanda, podem demanar que dibuixin tres posicions diferents del Sol: una al matí, una al migdia i una a la tarda. Els demanem que connectin les posicions amb tres fletxes. Podem demanar-los, també, que anotin els punts cardinals si els saben.

A continuació, podem demanar que facin un nou dibuix, però aquesta vegada per parelles. Per fer el nou dibuix farem aquesta part de l'activitat en tres moments diferents: primer, el nen o la nena més petit explica a l'altre membre de la parella com ho ha dibuixat, mentre l'altre membre de la parella escolta atentament; a continuació, el membre més gran que ha escoltat serà el qui explicarà el seu dibuix; finalment, els dos membres del grup acorden com serà la seva nova representació i la fan en un nou full de paper.

Una vegada acabat el dibuix per parelles, ajuntem cada parella d'infants amb una altra parella. Per torns, cada parella presenta el dibuix que han elaborat i, a continuació, els quatre infants fan un nou dibuix en un

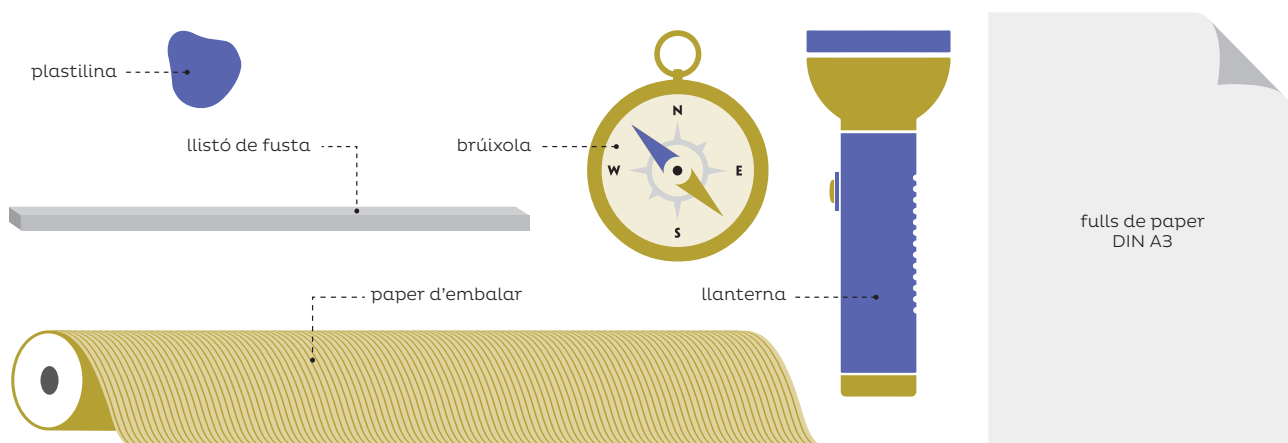
full DIN A3. Durant aquest procés de conversa entre les parelles i els grups de quatre, la mestra o el mestre anota a la pissarra els punts que generin més controvèrsia.

L'activitat conclou amb l'exposició oral dels dibuixos finals a la resta de la classe. Podem deixar els dibuixos penjats a l'aula. A partir d'aquí, guiem una conversa seguint els punts anotats a la pissarra que hagin generat més controvèrsia. És important que aquells punts dels quals els infants no sàpiguen la resposta o no s'hagin respost sense un consens quedin oberts per poder-los resoldre durant les sessions posteriors.



Activitat 2

COM CANVIEN LA FORMA I L'ORIENTACIÓ DE LES OMBRES AL LLARG DEL DIA



Material per a un grup de quatre persones

Paper d'embalar, llistó de fusta de més de 30 cm, bola de plastilina, full DIN A3, brúixola, llanterna.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 1. El recorregut aparent que fa el Sol al cel és d'est a oest en forma d'arc.

Idea 2. El canvi de forma i d'orientació de les ombres al llarg del dia és provocat directament pel moviment aparent del Sol al cel.

Les idees dels infants

Si no han treballat prèviament aquesta activitat o no han observat les ombres amb cura anteriorment, probablement els infants tindran dificultats per saber l'orientació i com canvia la mida que tenen les ombres al llarg del dia.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

A la latitud de Catalunya, veiem que el Sol es mou fent un arc al cel des de l'est fins a l'oest, però no perpendicularment, sinó que és un arc inclinat cap a l'horit-

zó sud. Fruit d'aquest moviment, les ombres a primera hora del matí estaran orientades en direcció oest i seran llargues. A mesura que el Sol vagi pujant al cel, les ombres s'aniran fent més i més petites i aniran canviant l'orientació apuntant cap al nord. Quan el Sol estigui al seu punt més alt, serà quan l'ombra sigui més petita i estarà orientada cap al nord. Això no ho observarem al punt exacte del migdia a causa de la diferència entre l'hora oficial i la solar: aquestes diferències fan que les ombres més curtes s'observin pels volts de les 13.00 hores a l'hivern i a les 14.00 hores a l'estiu. De la tarda fins que el Sol es pongui, les ombres aniran creixent i es mouran canviant la seva orientació de nord cap a est.

1. Dibuixem com creiem que es mouen les ombres des del matí fins al migdia

En primer lloc, expliquem als infants que farem una observació per veure com la forma i l'orientació de les ombres canvien al llarg del matí. Descriuim breument com es portarà a terme l'observació: en el centre d'un paper d'embalar, hi posarem un llistó de fusta i cada mitja hora resseguirem l'ombra del llistó que es projecti sobre el paper.

En grups de quatre, els donem un full de paper DIN A3 i demanem que el posin horitzontalment. Fem que en el centre del full representin el lloc on col·locar el llistó i que anotin els punts cardinals al full de paper: el nord a la part superior, el sud a la inferior, l'oest a l'esquerra i l'est a la dreta, tal com es mostra figura 5. Preguntem: "Quin dibuix creieu que quedarà sobre el full de paper?"

Cada grup comparteix les seves prediccions amb la resta del grup classe i deixem els fulls DIN A3 penjats a la classe per tal de comprovar, després de l'observació, si les prediccions anaven ben encaminades.

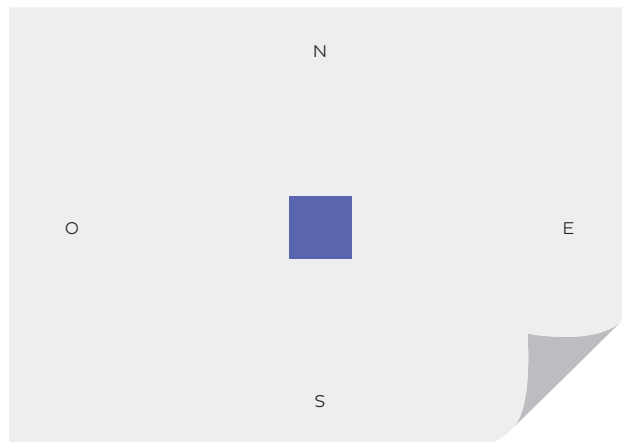


Figura 5. Disseny del dibuix per fer la predicció sobre com es mouen les ombres al llarg del dia

2. Observem com es mouen les ombres al llarg del dia

A fora el pati de l'escola, en un espai on hi toqui el sol, sense l'ombra de cap arbre o edifici, cada grup estén el seu tros de paper d'embalar. Demanem que anotin els quatre punts cardinals i que amb l'ajuda de la brúixola els orientin correctament. Al centre del paper d'embalar, clavem el llistó de fusta amb l'ajuda d'una bola de plastilina.

Ressegüim la forma de l'ombra del llistó projectada sobre el paper d'embalar amb un retolador i anotem l'hora en què ho hem resseguit amb llapis. Cada hora, repetim el procés fins al migdia i, si és possible, durant algunes hores de la tarda. Recollim els papers d'embalar i els pengem a l'aula.

Una vegada tinguem tots els papers d'embalar penjats, guiem la conversa amb la intenció d'establir conclusions, fent que els infants comparin els resultats dels diferents grups a través d'algunes preguntes com ara: "Què tenen en comú tots aquests dibuixos?", "Com són les primeres ombres del matí en comparació a les del migdia?", "Cap on estan orientades les ombres del matí i com va canviant la seva orientació a mesura que avança el matí?", etc. Procurem que a través de les preguntes es faci evident que:

- La primera ombra del matí és més llarga i està orientada en direcció oest;
- Les ombres del matí es van escurçant cada vegada més fins que l'ombra més curta és al migdia (horari solar);
- Les ombres del matí van canviant d'orientació, des de l'oest fins al nord;
- Les ombres de la tarda van canviant d'orientació, des del nord fins a l'est, i
- Les ombres de la tarda es van allargant cada vegada més fins que l'ombra més llarga és just quan el Sol es pon.

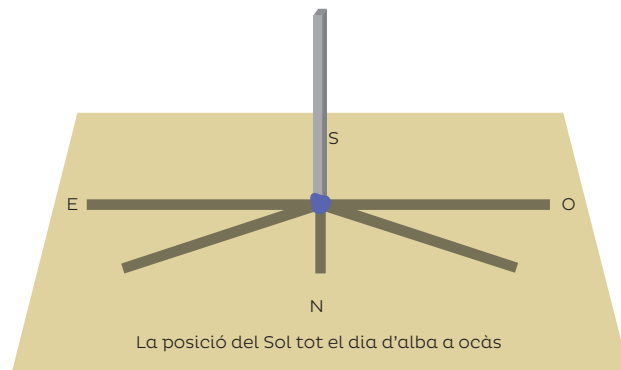
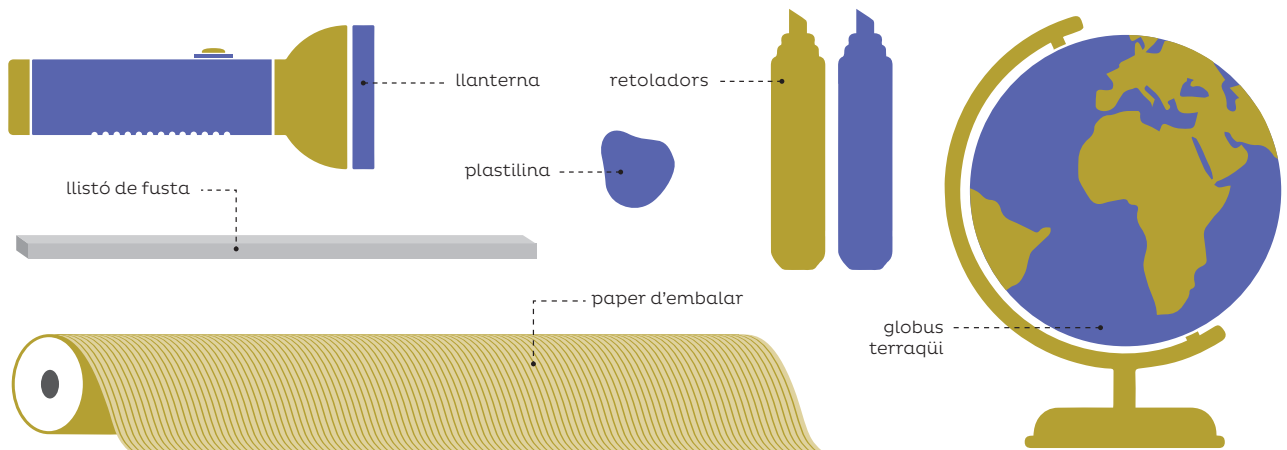


Figura 6. Les ombres es desplacen d'oest a est passant per la direcció nord al punt del migdia. Les ombres a primera hora del matí i a última del capvespre són llargues, el punt en què són més curtes és al migdia

Per esquematitzar aquestes conclusions, de manera consensuada podem fer un esquema a la pissarra com el de la figura 6 explicant com canvien les ombres al llarg d'un dia. També pot ser d'utilitat per il·lustrar quin seria el moviment de les ombres a la tarda, ja que difícilment haurem pogut fer cap observació.

Activitat 3

CONSTRUÏM EL MODEL DE TERRA ESFÈRICA I EL MOVIMENT DE ROTACIÓ



Material per a un grup de quatre persones

Llanterna, llistó de fusta, bola de plastilina, paper d'embalar, globus terraquí, retoladors.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 1. El recorregut aparent que fa el Sol al cel és d'est a oest en forma d'arc.

Idea 2. El canvi de forma i d'orientació de les ombres al llarg del dia és provocat directament pel moviment aparent del Sol al cel.

Idea 3. El moviment aparent que fa el Sol, i els punts de sortida i posta, són diferents en diferents moments de l'any.

Idea 4. El moviment aparent del Sol és causat pel moviment de rotació.

Les idees dels infants

Els infants de 6 a 12 anys tenen una àmplia varietat de models sobre la forma de la Terra en què combinen la seva idea intuïtiva de Terra plana amb els coneixements que li transmet l'escola, la família o els mitjans

de comunicació. El fet que, a la nostra pregunta, ens responguin que la Terra és rodona, no significa que tinguin consolidat el concepte correcte de Terra esfèrica. Per a ells també és evident la immobilitat del terra.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

El canvi de forma i d'orientació de les ombres al llarg del dia l'explicarem a través de dos punts de vista diferents. D'una banda, el punt de vista que tenim des de la superfície de la Terra i que anomenem el moviment aparent del Sol, és a dir, el moviment que fa el Sol al cel al llarg d'una dia. Aquest moviment és en forma d'arc i s'inicia a l'est. A mesura que avança el dia, el Sol va pujant al cel, però a la nostra latitud no ho fa perpendicularment, sinó una mica orientat cap al sud. Després del punt del migdia, el Sol va descendint fins a pondre's a l'oest. D'altra banda, el punt de vista de la Terra com a cos celeste que dona voltes sobre ella mateixa, és a dir, a través del moviment de rotació. La Terra fa voltes sobre ella mateixa d'oest a est, fet que provoca que el dia sempre s'iniciï per l'est i s'acabi per l'oest.

1. Representem el model aparent del Sol per explicar com s'han mogut les ombres

Comencem aquesta activitat a partir de les observacions fetes a l'activitat 2 "Com canvien la forma i l'orientació de les ombres al llarg del dia". Expliquem als infants que volem comprendre com és que les ombres s'han mogut d'aquesta manera. Abans de començar, repassem i anotem les conclusions consensuades a l'activitat 2 a la pissarra. Si ho creiem necessari, podem mostrar altra vegada l'esquema de la figura 6.

A continuació, repartim el material. A cada grup, li donem una bola de plastilina, un llistó, un tros de paper

d'embalar i una llanterna. Demanem que clavin el llistó al mig del paper d'embalar amb l'ajuda de la bola de plastilina.

Per ajudar a fer l'explicació dels infants de com és el moviment aparent del Sol, estructurarem aquesta part de l'activitat al voltant de quatre reptes diferents. Cada grup ha de resoldre cada repte abans de poder passar al següent. La mestra o el mestre passa grup per grup ajudant-los i guiant-los a través de preguntes.

- **Primer repte:** situar la llanterna com si fos el Sol a primera hora del matí. Per ajudar els infants, els hem de fer notar que la posició de l'ombra ha d'estar orientada cap a l'oest i ser tan llarga com sigui possible.
- **Segon repte:** situar la llanterna com si fos el Sol al migdia. Per ajudar els infants, els hem de fer notar que la posició de l'ombra estigui orientada cap a la direcció nord, però també ha de tenir la mida més petita.
- **Tercer repte:** situar la llanterna com si fos el Sol a última hora del dia. Per ajudar els infants, els hem de fer notar que la posició de l'ombra ha d'estar orientada cap a l'est i ser tan llarga com sigui possible.
- **Quart repte:** moure la llanterna com si fos el Sol des de primera fins a última hora del dia. Per ajudar els infants, els hem de fer notar que la llanterna s'ha de moure fent un arc d'est a oest per sobre el llistó, però una mica orientat en direcció sud.

Quan tots els grups hagin superat tots els quatre reptes, farem parar l'atenció en el fet que el Sol, a la nostra latitud, es mou en el cel fent un arc d'est a oest. L'arc

que dibuixa, però, no passa de manera perpendicular sinó una mica orientat al sud, tal com es pot veure a la figura 7.

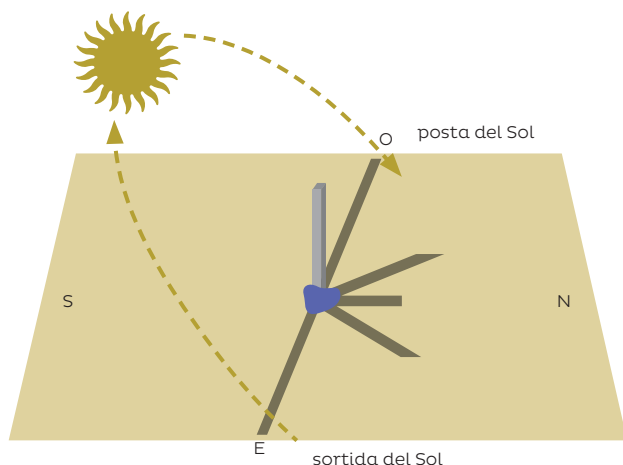


Figura 7. Moviment aparent del Sol a la latitud de Catalunya

2. Usem la representació de Terra esfèrica per explicar les ombres

Donem a cada grup un globus terraquí, un escuradents, una bola de plastilina i una llanterna. Demanem que enganxin l'escuradents amb una petita bola de plastilina més o menys al lloc on és Catalunya. Els ajudem a interpretar la representació: els expliquem que la llanterna representa el Sol i que la zona que queda il·luminada del globus terraquí representa que seria de dia, mentre que la zona fosca representa que seria de nit; els indiquem que l'escuradents representa el llistó amb

què hem projectat les ombres a l'activitat 2 "Com canvien la forma i l'orientació de les ombres al llarg del dia".

Amb l'ajuda d'una llanterna, els infants han de fer que l'ombra de l'escuradents es projecti sobre la superfície del globus terraquí. Com en l'apartat anterior d'aquesta mateixa activitat, estructurarem aquesta part en diferents reptes.

- **Primer repte:** produir el mateix patró d'ombres que el que s'ha observat al pati de l'escola. Per fer un patró d'ombres com el que s'ha observat cal girar el globus terraquí en sentit antihorari. Només d'aquesta manera es pot veure com l'ombra de l'escuradents està orientada en direcció oest i es va escurçant a mesura que canvia la direcció cap al nord, per tornar-se a allargar quan va virant cap a l'est.

- **Segon repte:** predir com serà el patró d'ombres a l'hemisferi sud. En un full de paper, repetint la mateixa estructura de la figura 5 de l'activitat 2, els infants han de dibuixar com creuen que és la forma i l'orientació de les ombres al llarg d'un dia a l'hemisferi sud.

- **Tercer repte:** observar com canvien les ombres a l'hemisferi sud sobre el globus terraquí. Per fer-ho, els demanem que colloquin l'escuradents a algun lloc de l'hemisferi sud i que comprovin com canvia l'orientació i la forma de les ombres al llarg d'un dia. A l'hemisferi sud, les ombres també van virant d'oest a est, però en comptes de passar pel nord al punt del migdia, ho fan pel sud.

- **Quart repte:** buscar un punt del globus terraquí on hi hagi un moment en què l'ombra desaparegui. Si orientem bé el raig de llum de tal manera que co-

breixi ben bé la meitat del globus terraquí, podem observar que just als punts que es troben a l'equador l'ombra desapareix del tot quan l'escuradents està orientat perpendicularment al feix de llum. Això succeeix dos dies a l'any: als equinoccis. Al migdia a l'equador, el Sol incideix perpendicularment a la superfície, fet que provoca que durant uns moments no hi hagi ombres. De fet, a tots els indrets situats entre els tròpics hi ha dos dies a l'any en els quals els objectes deixen de fer ombres. Als tròpics pròpiament dits només hi ha un dia en què passa això: el solstici de juny al tròpic de Càncer i el solstici de desembre al tròpic de Capricorn.

3. Discutim les dues hipòtesis: representació del moviment aparent del Sol i representació de la Terra donant voltes sobre ella mateixa

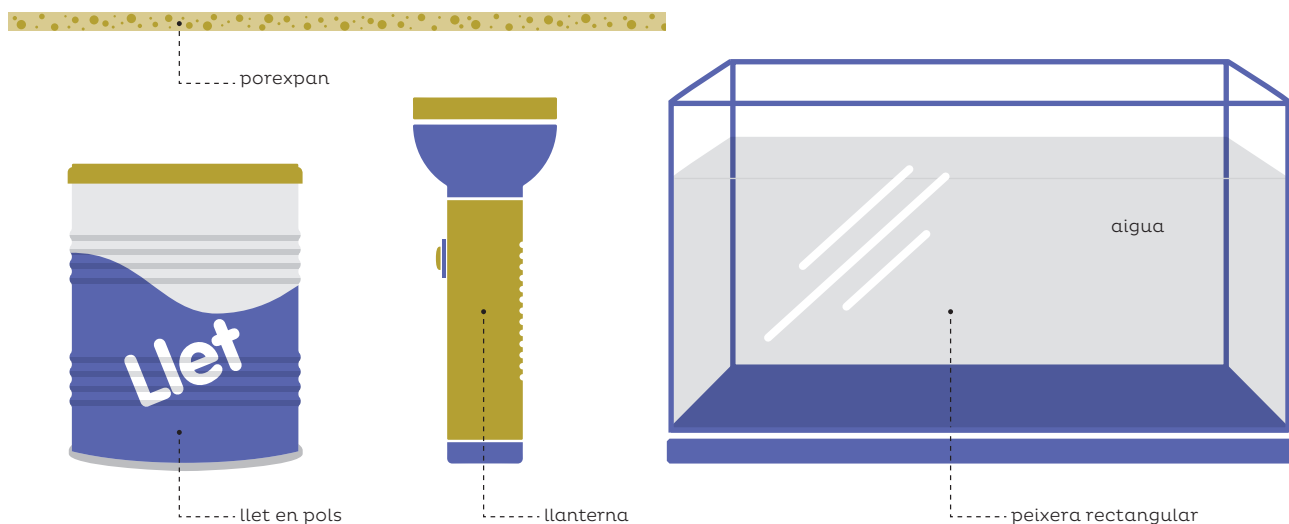
A continuació debatem les dues possibles explicacions treballades per explicar el moviment de les ombres: el moviment aparent del Sol al cel i el moviment de rotació. Podem presentar el debat explicant que hem investigat sobre dues maneres d'explicar perquè les ombres canvien de forma i orientació al llarg del dia.

Per grups fem que discuteixin quina de les dues maneres creuen que explica més bé el que s'ha observat. Demanem que cada grup esculli una teoria per explicar el moviment de les ombres. Podem fer que un o una representant de cada grup comparteixi amb la resta del grup classe quina de les dues explicacions han escollit i per què creuen que és la correcta. Podem explicar que aquesta discussió, si era el Sol que feia voltes a la Terra o la Terra que es movia sobre ella mateixa i al voltant del Sol, va ser discutida durant molts segles i que fins fa pocs segles no se'n va trobar la resposta.

Per guiar les discussions en els grups, fem algunes aportacions. Primerament, els podem recordar que els científics i les científiques usen les representacions per predir fenòmens; per tant, la millor manera de representar qualsevol fenomen científic hauria de ser aquella que tingui més capacitat de predicció. A partir d'aquí, podem qüestionar també quina de les dues maneres d'explicar ens ajuda a comprendre més fets, com per exemple com canvia la forma i l'orientació de les ombres a l'hemisferi sud o com l'ombra desapareix al migdia a l'equador. Segon, podem intentar que els infants entenguin el problema de perspectiva. "Imagineu-vos que som l'escuradents que hem clavat al globus terraquí, què observariem?". Podem fer notar que veuríem el Sol sortir per l'est, com es va alçant per sobre els nostres caps i com es pon per l'oest.

Activitat 4

ELS COLORS DEL CEL COM CANVIA EL COLOR DEL CEL AL LLARG DEL DIA



Material per a un grup de quatre persones

Una peixera rectangular o un recipient similar amb totes les seves parets transparents. Convé que una dimensió sigui clarament més gran que les altres dues. Aigua. Llet en pols. Un focus de llum col·limada i tan blanca com sigui possible (tipus llanterna, amb el feix de llum concentrat). Una superfície blanca de plàstic o porexpan que càpiga dins la peixera i que ha de ser una mica més llarga que la mateixa peixera per donar-li una certa curvatura (vegeu l'esquema de la figura 8).

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 5. Al llarg del dia canvia el color del cel pel fet que la llum del Sol travessa més o menys gruix d'atmosfera.

Les idees dels infants

És convenient que l'alumnat hagi treballat abans sobre la llum i conegui que la llum blanca és la superposició de llum de tots els colors. Sense aquest coneixement és difícil que compreguin l'explicació del fenomen. Nor-

malment no hi ha unes idees clares sobre el perquè del blau del cel, senzillament se li atribueix com a color propi. Els vermells del crepuscle i ocàs els expliquen senzillament per la descripció del que observen: l'acció del Sol que està baix sobre l'horitzó.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

L'activitat proposa observar la variació de colors del cel, reproduir l'efecte de l'atmosfera sobre la llum del Sol en una peixera i, a partir d'aquestes observacions, construir una explicació.

1. Observem els colors del cel des del matí fins al vespre

Primerament, expliquem als infants que farem observacions per veure de quins colors veiem el cel. Podem fer observació al llarg de tot un dia i repetir-la en diversos dies. Podem demanar que es fixin en el color en la direcció del Sol i també en direccions perpendiculars a la del Sol. Una manera d'obtenir bons registres i poder-los comparar és fent fotografies en diversos moments del dia, si és possible des de la sortida del Sol fins a la seva posta.

Els registres en la direcció del Sol mostraran un color vermellós quan el Sol estigui baix a l'horitzó, i blau quan ja hagi pujat sobre l'horitzó, que serà la major part del dia.

Les imatges en direccions perpendiculars al Sol mostraran, a qualsevol hora, colors blavosos, llevat de postes de Sol excepcionals en què la boira o els núvols poden difondre molt la llum vermellosa que ens arriba del Sol. Si això passa pot ser interessant aprofitar-ho per entendre'n els motius.

Pot ser útil, i estèticament bonic, imprimir alguna seqüència de fotografies dels canvis de color.

2. Preparem la peixera

Omplim la peixera amb aigua i hi anem dissolent petites quantitats de llet en pols. Per saber quanta en cal, il·luminem la peixera per un extrem, i n'aboquem fins que l'aigua més allunyada del focus adquireixi un to vermellós. Ara tenim el model d'atmosfera preparat: la peixera simula l'atmosfera, i la llet en pols dissolta simula les molècules de l'atmosfera, que difonen la llum.

3. Observem i interpretem els colors de l'aigua a la peixera

Il·luminant la peixera per un extrem veurem que el líquid s'il·lumina amb una tonalitat blanca blavosa els primers centímetres de recorregut de la llum. A mesura que la llum recorre més peixera, la tonalitat esdevé progressivament més vermella. La llet dissolta fa el mateix que les molècules a l'aire: desvien molt la llum blava, però poc la vermella. D'aquesta manera, als primers centímetres de recorregut de la llum una bona part de la llum blava surt pels costats, per això veiem l'aigua blavosa. D'això en resulta que la llum que arriba al final de la peixera té una proporció més gran de llum vermella, i per això la veiem d'aquest color.

Si mirem el focus de llum a través de la peixera, el veurem vermellós, com si miréssim el Sol quan està baix a l'horitzó.

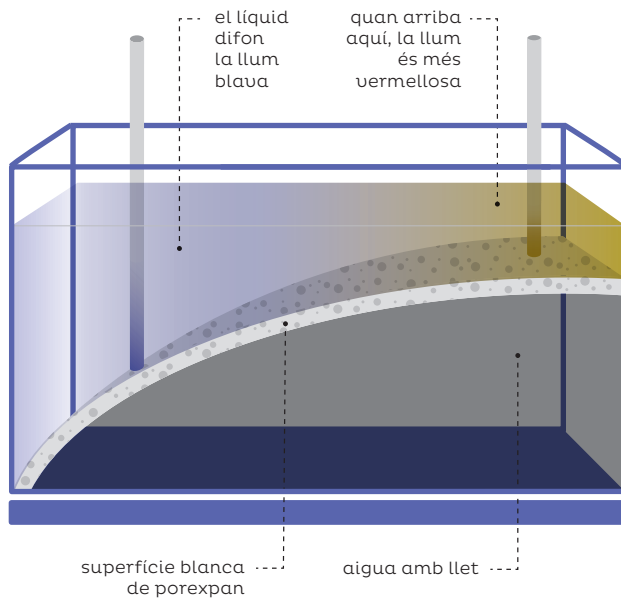
Podem fer més entenedor el fenomen situant dins la peixera una franja de porexpan que simuli la superfície de la Terra, com s'indica en la figura següent (figura 8). En aquest muntatge, la llum prové de l'esquerra.

Si situeu un petit element a la part de l'esquerra de la placa de porexpan, aquest tindrà el Sol alt sobre el seu cap, i la llum que veu al seu voltant és blava.

Un altre element situat a l'extrem dret veurà el Sol baix a l'horitzó, i veurà que li arriba llum vermellosa.

Aneu fent el paral·lelisme entre les fotografies preses anteriorment i el que observeu en diferents punts de la peixera.

Figura 8. Esquema de la peixera per reproduir la difusió de la llum blava del Sol en travessar l'atmosfera



Quan el problema és explicar com és que hi ha estacions

Comprendre el sistema Terra-Sol i el moviment de translació

La comprensió plena del perquè de les estacions de l'any no és evident per a l'alumnat, ja que hi ha implicats dos fets complexos. D'una banda, uns fets observacionals sobre l'orientació de l'eix de rotació de la Terra, i, d'altra banda, alguns conceptes de física que no són gens intuïtius.

El fet observacional es refereix a **la inclinació de l'eix de rotació de la Terra respecte al pla de la seva translació (l'eclíptica)**. No el podem observar directament, però a través de les activitats proposades i les explicacions que construïm, podrem consensuar amb l'alumnat arguments per convèncer-lo que ha de ser així. De fet, es tracta de mostrar que si l'eix no tingués aquesta inclinació no tindríem les estacions.

Pel que fa als conceptes físics implicats, es tracta de la conservació del moment angular, una magnitud associada a tots els objectes que estan en rotació, i que els proporciona unes característiques dinàmiques peculiars. És, per exemple, la responsable que quan una baldufa gira ràpidament mantingui el seu eix de rotació apuntant sempre en la mateixa direcció fixa a l'espai. L'analogia de la Terra amb la baldufa ens permet justificar aquest fet, ja que podem veure que la baldufa manté el seu eix de rotació en una direcció determinada, encara que l'agafem sobre la mà i ens moguem.

Així doncs, la Terra es mou en una trajectòria plana, el·líptica, al voltant del Sol. Alhora que es trasllada sobre aquesta trajectòria, la Terra gira sobre ella mateixa, mantenint el seu eix inclinat (no perpendicular) respecte a aquest pla de translació. El fet que aquesta incli-

nació no sigui de 90° , sinó de $66,5^\circ$, és el que possibilita l'existència d'estacions.

Com es mostra a la figura 9, durant la seva translació al voltant del Sol, la Terra es manté amb el seu eix apuntant sempre en la mateixa direcció. En el punt A es pot constatar que la llum del Sol incideix més i perpendicularment a l'hemisferi nord. És el solstici d'estiu (21 de juny). En la posició B, en canvi, la incidència de la llum solar és més gran a l'hemisferi sud. És el solstici d'hivern (21 de desembre).

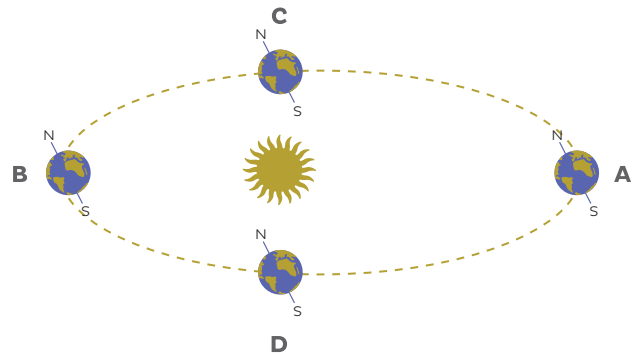


Figura 9. Moviment de translació de la Terra al voltant del Sol

Segui en A o en B, l'hemisferi que rep més llum rep més energia per unitat de superfície, i també durant més hores, la qual cosa fa que el dia sigui més llarg. Això és el que provoca l'estiu en aquell hemisferi.

Els punts C i D són els trams de la trajectòria en què l'eix de la Terra no apunta cap al Sol, i tots dos hemisferis es veuen igualment il·luminats. Són els equinoccis: el de

tardor (23 de setembre en el punt C, i el de primavera (20 de març) en el punt D.

L'excentricitat de la trajectòria de la Terra és petita. Al dibuix està molt exagerada; si haguéssim mantingut les proporcions no veuríem cap diferència entre l'el·lipse i una circumferència. Aquesta diferència en la proximitat al Sol entre A i B, tot i ser entorn dels 5 milions de quilòmetres, no representa cap canvi substancial en la radiació rebuda per la Terra en A o B, de manera que no té cap influència sobre les estacions.

Les idees de les nenes i els nens en relació amb el model Terra-Sol

Igual que passa amb els fenòmens astronòmics que s'han presentat a l'apartat anterior, els nens i les nenes també són capaços de generar explicacions en relació amb el fenomen de l'estacionalitat, tan evident en latituds mitjanes d'ambdós hemisferis com és el cas de Catalunya. Els infants que viuen en aquestes localitats tenen l'experiència directa que a l'estiu i a l'hivern no es donen les mateixes condicions meteorològiques i, per tant, estan en disposició de plantejar-se quina és la raó que provoca aquests canvis i generar les seves pròpies explicacions (Driver, 1999; Sneider, Bar i Kavanagh, 2011).

Els infants de 4 a 7 anys no solen fer referència al moviment de translació de la Terra per explicar l'estacionalitat, com sí que ho fa l'alumnat de més edat de primària. Probablement, això es deu al fet que els nens i les nenes més petits no generen models intuïtius espontanis sobre el moviment de translació, perquè no disposen de cap experiència directa que pugui actuar com a evidència clara de l'existència d'aquest moviment. Per això, les explicacions que generen sobre els canvis es-

tacionals (fred a l'hivern, i calor a l'estiu) no apellen a raons astronòmiques, sinó a raons purament meteorològiques: "A l'hivern fa fred perquè neva i hi ha boira", o "A l'estiu fa calor perquè fa molt Sol".

Quan els nens i les nenes reben informació de l'escola, o del seu entorn, sobre el moviment de translació de la Terra al voltant del Sol, i sobre l'òrbita el·líptica que caracteritza aquest moviment, és quan comencen a generar explicacions sobre l'estacionalitat que es basen en les representacions mentals que construeixen sobre aquest moviment, i els efectes que pugui tenir en l'escalfament de la superfície terrestre. Com que saben que la principal diferència entre hivern i estiu és que el primer és molt més fred que el segon, i també saben, per la seva experiència directa, que estar a prop d'una font de calor genera una sensació d'escalfor més gran que no pas estar-ne allunyat, molt fàcilment poden ajuntar aquests dos fets i generar una explicació de l'estacionalitat en què la causa és la diferència en la distància de la Terra al Sol a l'estiu, i a l'hivern. Per això diuen coses com ara: "És estiu quan la Terra està més a prop del Sol" i, en canvi, "És hivern quan la Terra està més lluny del Sol" (figura 10a). Com es pot deduir del que hem exposat, aquesta explicació no és gens ingènua, sinó que és construïda a partir de la voluntat d'explicar-se les causes d'un fenomen usant informacions i coneixements que els nens i les nenes tenen a l'abast i consideren indiscutibles. A més a més, els dibuixos que han observat en la majoria de llibres de text, o de llibres divulgatius de la ciència, que sovint mostren una òrbita el·líptica molt exagerada, contribueixen a reforçar la validesa d'aquesta explicació inicial basada en la distància relativa de la Terra al Sol.

Com a mestres, hem d'esperar que a la pregunta "Com és que a Catalunya fa més calor a l'estiu que a l'hivern?",

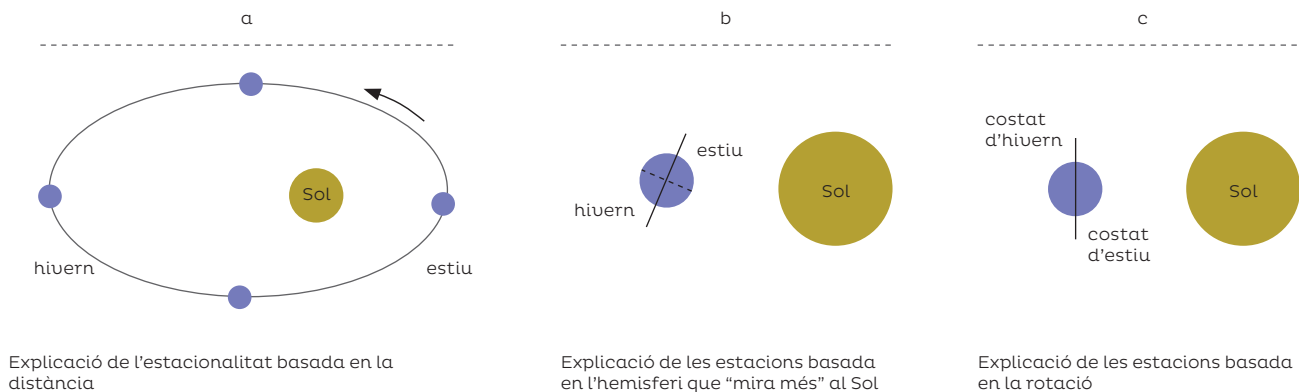
l'alumnat respongui majoritàriament apellant a la proximitat o llunyania de la Terra al Sol. Alguns estudis fins i tot han mostrat que quan s'introdueix el fet que l'eix de rotació de la Terra és inclinat, molts nens i nenes consideren que l'hemisferi que "mira més al Sol" està més proper al Sol i s'escalfa més, i en canvi, l'hemisferi que "mira menys al Sol" està menys proper al Sol i, per tant, s'escalfa menys (figura 10b). Probablement, aquesta interpretació que fan els infants, i que no respon a l'explicació científica canònica, és perquè en realitat el que estan intentant fer és encaixar nova informació (la inclinació de l'eix terrestre) amb la causa que consideren més plausible per explicar l'estacionalitat que, com hem dit, és la distància relativa de la Terra al Sol al llarg de l'any.

Per intentar que es moguin d'aquesta explicació inicial, és important que els mestres aportin fets que promoguin el qüestionament de la causa que solen defensar, és a dir, la distància relativa de la Terra al Sol a l'estiu

i a l'hivern. Per això, pot ser útil introduir el fet que al mateix moment que a l'hemisferi nord és hivern, a l'hemisferi sud és estiu, i a la inversa. També serà important que l'alumnat busqui informació bibliogràfica sobre les distàncies reals de la Terra al Sol durant els dos solsticis. Això li ha de permetre conèixer que justament quan la Terra és més a prop del Sol (periheli) és al nostre solstici d'hivern i, en canvi, el nostre solstici d'estiu es dona quan la Terra és més lluny del Sol (afeli).

Amb tot, donar a conèixer aquests dos fets molt probablement no conduirà directament al fet que els infants canviïn les seves explicacions, sinó que més aviat els generarà desconcert, perquè són dues dades incoherents amb la seva explicació inicial i encara no disposen de cap model alternatiu on puguin encaixar de manera coherent els seus raonaments. Per això, la mestra o el mestre haurà d'introduir un nou model basat en la inclinació de l'eix de rotació de la Terra, i centrar-se a

Figura 10.



analitzar els importants efectes que té això sobre l'escalfament de la superfície terrestre en diferents latituds. Debatre sobre tot això és el que permetrà als nens i a les nenes anar construint un nou model mental per explicar l'estacionalitat.

No voldríem acabar aquest apartat sense esmentar la possibilitat d'una altra explicació de l'estacionalitat que alguns estudis han posat de manifest, tot i no ser gaire freqüent (Sherin, Krakowski i Lee, 2012). Es tracta de vincular la causa de l'estacionalitat a la rotació de la Terra, de manera que alguns nens i nenes consideren que a la cara de la Terra que està orientada cap al Sol és estiu, mentre que a la part contrària és hivern (figura 10c).

A la figura 10 es mostren tots els models explicatius que solen manifestar els infants, i que hem descrit al llarg d'aquest apartat.

Idees que cal treballar sobre el sistema Sol-Terra i el moviment de translació

Des del nostre punt de vista, les idees més importants per construir un model mental més sofisticat del sistema Terra-Sol i del moviment de translació són les següents:

Idea 1. La Terra gira al voltant del Sol seguint una òrbita en forma d'el·lipse. El moment en què el Sol i la Terra estan més propers correspon a l'hivern de l'hemisferi nord.

Idea 2. L'eix de rotació de la Terra està inclinat respecte al pla de l'eclíptica i aquesta inclinació és sempre la mateixa.

Idea 3. La successió d'estacions és provocada per la inclinació de l'eix de rotació, i no pas per la distància relativa de la Terra al Sol durant la translació.

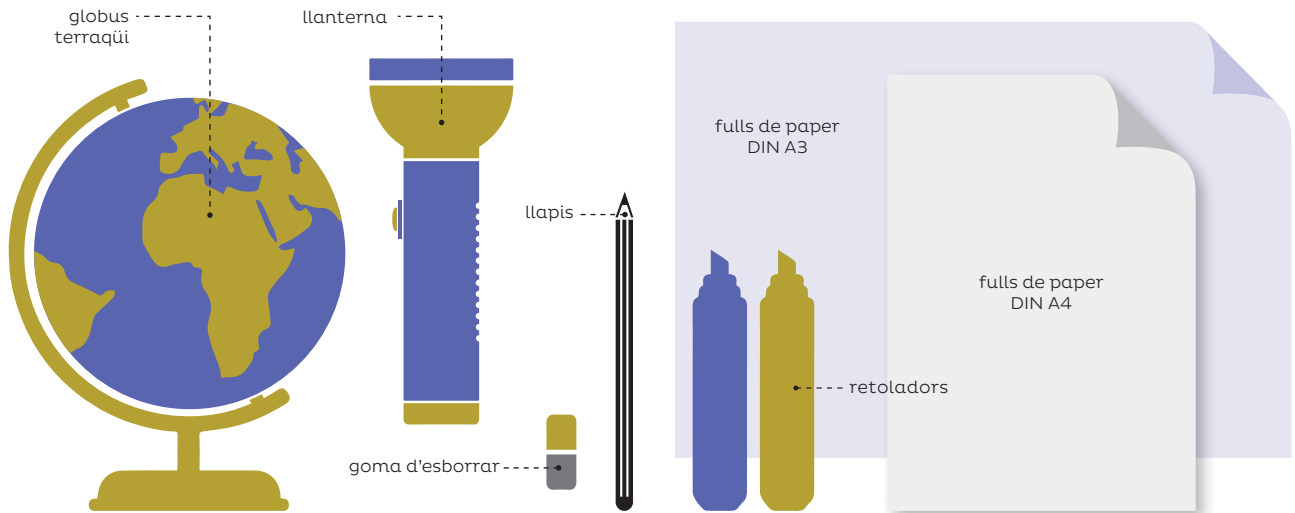
Idea 4. La inclinació de l'eix de rotació provoca que al solstici d'estiu de l'hemisferi nord els rajos de Sol incideixin molt perpendicularment a la Terra i arribi molta més calor per unitat de superfície. Al solstici d'hivern passa el contrari, hi incideixen menys perpendicularment i arriba menys calor per unitat de superfície.

Idea 5. La inclinació de l'eix de rotació provoca que hi hagi canvis anuals en la durada relativa del dia i la nit. A l'hemisferi nord, al solstici d'estiu hi ha més hores de llum solar diàries, i al solstici d'hivern hi ha menys hores de llum solar diàries.

	Activitat 1. Exploració d'idees	Activitat 2. Construïm el model Terra-Sol	Activitat 3. Com és que a Catalunya fa més fred a l'hivern i més calor a l'estiu?	Activitat 4. Com és que als pols hi ha èpoques de l'any que no veuen la llum?
Idea 1. La Terra gira al voltant del Sol seguint una òrbita en forma d'el·lipse. El moment en què el Sol i la Terra estan més propers correspon a l'hivern de l'hemisferi nord.				
Idea 2. La Terra gira al voltant del Sol seguint una òrbita en forma d'el·lipse. El moment en què el Sol i la Terra estan més propers correspon a l'hivern de l'hemisferi nord.				
Idea 3. La successió d'estacions és provocada per la inclinació de l'eix de rotació, i no pas per la distància relativa de la Terra al Sol durant la translació.				
Idea 4. La inclinació de l'eix de rotació provoca que al solstici d'estiu de l'hemisferi nord els rajos de Sol incideixin molt perpendicularment a la Terra i arribi molta més calor per unitat de superfície. Al solstici d'hivern passa el contrari.				
Idea 5. La inclinació de l'eix de rotació provoca que hi hagi canvis anuals en la durada relativa del dia i la nit. A l'hemisferi nord, al solstici d'estiu hi ha més hores de llum solar diàries, i al solstici d'hivern hi ha menys hores de llum solar diàries.				

Activitat 1

EXPLORACIÓ D'IDEES



Material per a un grup de quatre persones

4 fulls DIN A4, 1 full DIN A3, llapis, goma d'esborrar, retoladors, 1 globus terraqüi, 1 llanterna potent.

Les idees clau treballades en aquesta activitat

Idea 3. La successió d'estacions és provocada per la inclinació de l'eix de rotació, i no pas per la distància relativa de la Terra al Sol durant la translació.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Iniciarem la investigació sobre les causes de les estacions amb una pregunta que condueixi l'alumnat a generar una explicació sobre els canvis estacionals que s'observen en zones geogràfiques com Catalunya. El que perseguim és que per respondre la pregunta

l'alumnat hagi d'usar els seus models mentals sobre el sistema Terra-Sol i els seus moviments, i que mobilitzi totes les informacions i coneixements de què disposa. Una pregunta que compleix aquesta funció és: "Com explicaries que a Catalunya a l'estiu fa més calor que a l'hivern?". Aquesta és una bona pregunta perquè exposa un fet que l'alumnat coneix perfectament, que no té una resposta tancada i que, en aquesta fase inicial de la seqüència didàctica, contribuirà a mobilitzar tots els coneixements que hem esmentat anteriorment. En el cas que partim de preguntes que hagin fet els nens i les nenes, segurament serà necessari reajustar-les perquè perseguixin aquests mateixos objectius i s'assemblin a la pregunta que hem posat d'exemple.

És important que cada membre del grup faci l'esforç de pensar com respondria la pregunta. Per això, donarem la consigna de pensar-hi durant una estona i respon-

dre-la en el full DIN A4 que s'haurà repartit prèviament. Aquesta resposta individual s'hauria de fer sense manipular ni el globus terraqüi, ni la llanterna. És molt important que suggerim a nens i nenes que facin dibuixos per ajudar a il·lustrar i complementar la seva explicació.

Per afavorir la construcció conjunta de coneixement, podem seguir l'estructura 1-4. De manera que un cop hagin respost individualment, proposarem que debatin les respectives respostes amb els quatre membres del grup. Cal advertir als alumnes que l'objectiu final de l'activitat és generar una sola explicació conjunta, tot i que en la posada en comú final poden fer avinents les discrepàncies que considerin significatives en les explicacions que els diferents membres del grup hagin aportat. En el moment del treball conjunt dels quatre membres, els deixarem que puguin manipular el globus terraqüi i la llanterna (que simularà el Sol) com a suport al procés d'exposició de cadascuna de les explicacions individuals. Per això, en aquesta fase serà interessant que la classe estigui poc il·luminada. Demanarem que el producte final que elaborin i que presentaran en un full DIN A3 sigui una explicació escrita que doni resposta a la pregunta inicial, que haurà d'anar obligatòriament acompanyada de dibuixos que la il·lustrin i complementin.

Durant la fase de debat en grup adoptarem un rol orientador, clarificant l'activitat, suggerint maneres de representar les idees, vetllant perquè la dinàmica proposada es porti a terme amb correcció, atenent les preguntes de l'alumnat, etc. Mai no introduïrem nova informació, ni donarem pistes que orientin els nens i les nenes cap a la resposta correcta.

L'activitat es clourà amb l'exposició oral de les explicacions i els dibuixos elaborats per part del nen o nena que actüi de portaveu del grup. Durant la presentació

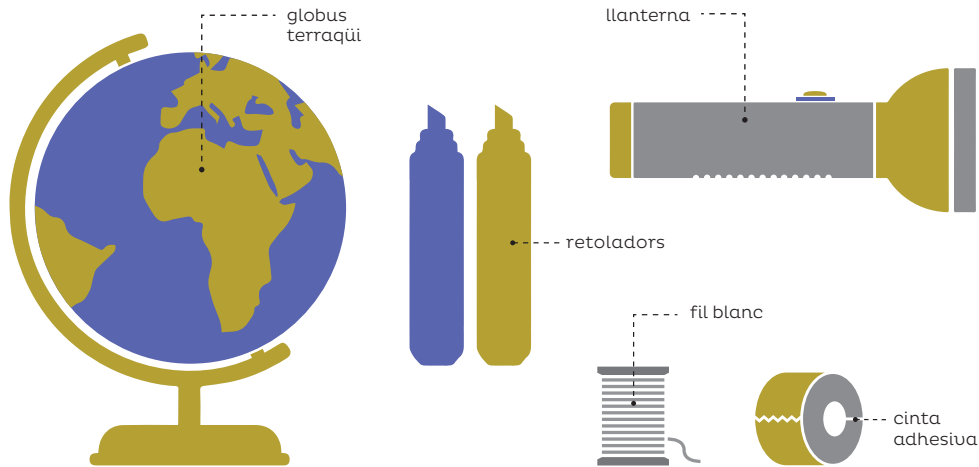
també permetrem que facin servir el globus terraqüi i la llanterna si així ho consideren oportú els portaveus respectius. Els dibuixos presentats els deixarem penjats a l'aula, per així poder-hi retornar més endavant. Durant la presentació de cada portaveu demanarem a la resta d'alumnat que pensi possibles preguntes o aclariments, i que els formuli en acabar la presentació.

Quan cada grup hagi fet la seva presentació i aclarit els dubtes que s'hagin generat, proposarem guiar una conversa en la qual es promogui l'intercanvi d'idees entre grups ("En què s'assembla/difereix la vostra proposta de la proposta de...?"), que posi èmfasi en possibles incerteses inicials ("Quins dubtes o incerteses teniu en la vostra explicació?"), o que faci pensar en les evidències que justifiquen algun element de l'explicació ("Què us fa pensar que...?" O "En què us baseu per dir...?").

L'objectiu final de l'activitat no és arribar a un consens final únic i general per a tot el grup classe, sinó que el que perseguim és que es facin explícites les idees que provenen dels mateixos nens i nenes. En cas que en l'exposició final apareguin diferents tipus d'explicacions, agruparem les que proposin causes similars, per exemple, les que fan referència a la distància Terra-Sol com a causa, o bé les que apelen a la incidència dels rajos solars, etc. Pot ser molt interessant que, un cop feta aquesta classificació, escrivim al costat quines evidències tenim que vagin a favor de l'explicació proposada (per exemple, sempre que estàs més a prop d'una font de calor, tens més calor), i quines evidències tenim que hi vagin en contra (per exemple, quan en un hemisferi és estiu, a l'altre és hivern, i viceversa).

Activitat 2

CONSTRUÏM EL MODEL TERRA - SOL



Material per a un grup de quatre persones

1 globus terraqüi, 1 llanterna potent (o retroprojector o projector de diapositives), fil blanc, cinta adhesiva, retoladors.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 1. La Terra gira al voltant del Sol seguint una òrbita en forma d'el·lipse. El moment en què el Sol i la Terra estan més propers correspon a l'hivern de l'hemisferi nord.

Idea 2. L'eix de rotació de la Terra està inclinat respecte al pla de l'eclíptica i aquesta inclinació és sempre la mateixa.

Les idees dels infants

Hem de partir de la base que sigui on sigui que visquin, els nens i les nenes no tenen una percepció directa del moviment de la Terra al voltant del Sol. No hi ha res que puguin observar amb facilitat que els permeti concloure que la Terra es desplaça per l'espai, a diferència del que passa respecte al cicle dia-nit. Per això, és difícil que els infants parlin del moviment de translació de la Terra, abans que no ho coneguin per la influència de l'escola o de l'entorn sociocultural.

També hem de tenir en compte que, tot i que pot ser que els nens i les nenes de cicle mitjà i superior coneguin l'existència del moviment de translació de la Terra al voltant del Sol, és molt probable que no siguin capa-

ços de descriure'l correctament. Així, és molt fàcil que l'alumnat no sàpiga que l'òrbita és una el·lipse poc excèntrica, de manera que (a escala astronòmica) no hi ha gaire diferència entre la posició en què la Terra està a més distància del Sol (afeli, aproximadament uns 152,10 milions de km) i el punt en què hi està més a prop (periheli, aproximadament uns 147,09 milions de km). Finalment, és probable que no coneguim que l'eix de rotació de la Terra està inclinat respecte al pla de l'eclíptica (el pla que conté l'òrbita de la Terra al voltant del Sol), i que tot això té importants conseqüències sobre la durada relativa del dia i la nit al llarg de l'any, d'una banda, i, d'altra banda, sobre l'escalfament de la superfície terrestre, a causa de la diferent inclinació dels rajos que arriben del Sol en diferents èpoques de l'any.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

L'objectiu final d'aquesta activitat és introduir i familiaritzar l'alumnat amb un model simulat del moviment de translació de la Terra al voltant del Sol. Un cop construït aquest model, el podran utilitzar com a base per generar explicacions sobre l'estacionalitat, o altres fenòmens relacionats que identificarem en activitats posteriors.

Aquesta activitat consta de tres tasques que descrivim a continuació.

1. Presentació del model

La primera tasca la iniciarem presentant a tots els grups el material que es farà servir: el globus terraquí (per simular la Terra), una llanterna potent o equivalent (per simular el Sol), fils blancs, cinta adhesiva i retoladors, per mesurar la durada relativa del dia i la nit a sobre del globus terraquí.

Un cop presentat el material, farem una demostració del moviment de translació de la Terra al voltant del Sol. Primerament, deixarem la llanterna a sobre d'una taula i mourem el globus terraquí al seu voltant, en un mateix pla, descriuint una el·lipse. Comentarem que aquest és el moviment de translació i que la Terra triga un any a efectuar-lo. Remarcarem quatre posicions clau de la Terra: els dos solsticis (estiu i hivern), i els dos equinoccis (primavera i tardor). També subratllarem que l'eix de rotació de la Terra està inclinat respecte al pla de l'eclíptica, de manera que aquest pla i el pla de l'equador terrestre formen un angle d'aproximadament uns $23'5^\circ$, que és el que ja sol tenir el globus terraquí respecte a la superfície on estigui col·locat. Finalment, indicarem que l'eix de rotació no canvia de direcció durant el moviment de translació, de manera que sempre apunta cap al mateix lloc.

Tot seguit, explicarem a l'alumnat que per entendre bé els canvis que es produeixen a la Terra durant el moviment de translació ens fixarem en com queda il·luminada la Terra en les quatre posicions remarcades anteriorment (els dos solsticis i els dos equinoccis). És molt important que aprenguin a il·luminar bé el globus terraquí, per així poder recollir bé les dades. Exposem a continuació com caldrà fer-ho.

La figura 11 mostra com queda il·luminada la Terra durant el solstici d'hivern. Com es pot veure a la figura, durant el solstici d'hivern la línia que separa la part il·luminada de l'esfera terrestre, de la part fosca, és tangent als dos cercles polars, de manera que totes les àrees que estan més al sud del cercle polar antàrtic queden il·luminades, mentre que les que estan més al nord del cercle polar àrtic estan a les fosques. Demanarem a l'alumnat que mogui el globus terraquí o la llanterna, fins que la Terra quedi il·luminada d'aquesta manera. En cas que no se'n surtin els ajudarem.

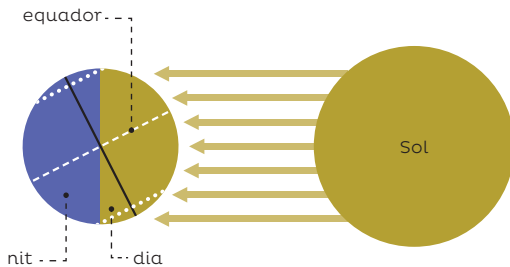


Figura 11. Il·luminació de la Terra durant el solstici d'hivern

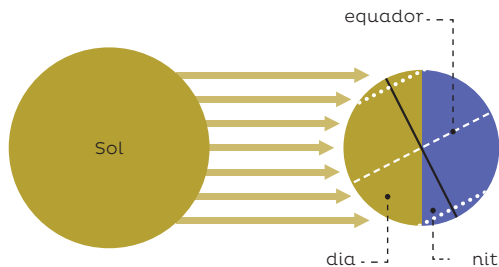


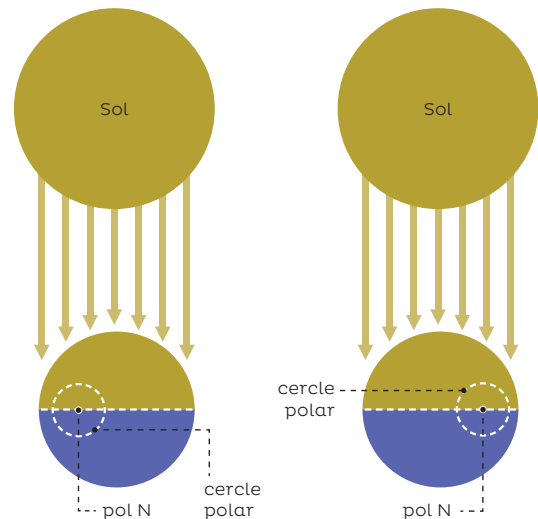
Figura 12. Il·luminació de la Terra durant el solstici d'estiu

Recuperem la figura 9 per representar el solstici d'estiu; només caldrà moure el globus terraquí, mitja el·lipse, de manera que quedarà a la posició oposada a la que es mostra a la figura 11. Hem de tenir en compte que l'eix de rotació no canvia de posició, de manera que si en la figura 11 apuntava cap a l'esquerra, en la nova posició també apuntarà en la mateixa direcció. Igual que passava abans, la línia que separa la part il·luminada de l'esfera terrestre, de la part fosca, ha de

ser tangent als dos cercles polars. Ara, però, totes les àrees que estan més al sud del cercle polar antàrtic quedaran a les fosques, mentre que les que estan més al nord del cercle polar àrtic quedaran il·luminades (vegeu la figura 12). Avisarem els nens i les nens que moguin la Terra, o la llanterna, fins que la Terra quedi il·luminada d'aquesta manera. En cas que no se'n surtin els ajudarem.

Per representar el que passa durant els equinoccis, aturarem la Terra entre un solstici i un altre, i farem que ens quedi una meitat de l'esfera il·luminada, i una altra meitat a les fosques (figura 13).

Figura 13. Il·luminació de la Terra durant els equinoccis vista des del pol nord



Un cop tots els alumnes estiguin familiaritzats amb la col·locació de la Terra, ja estarem en disposició de fer observacions a sobre el model simulat de translació (tasca 3), però de primer caldrà aprendre a mesurar la durada relativa del dia i la nit (tasca 2).

2. Mesurar la durada relativa del dia i la nit a sobre el model

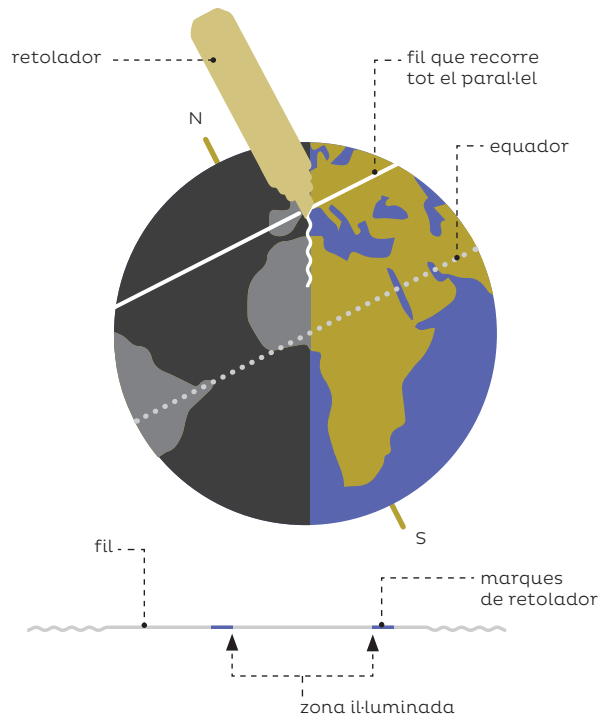
Per tal de mesurar la durada relativa del dia i la nit, demanarem a tots els grups que col·loquin el globus terraqüi en la posició de solstici d'hivern (o qualsevol altra que el professor o professora prefereixi). Mantenint aquesta posició, demanarem que posin el dit a sobre de Catalunya i que, sense aixecar-lo del globus terraqüi, simulin el moviment de rotació, movent la Terra en sentit contrari a les agulles del rellotge. Els farem adonar que durant la rotació, el dit ha quedat una estona il·luminat (la durada del dia), i una estona a les fosques (durada de la nit).

Els explicarem que a sobre del globus terraqüi podem mesurar la durada relativa del dia i la nit, usant fils blancs. Indicarem que enganxin un fil de color blanc a sobre de Catalunya i que, seguint el paral·lel corresponent a aquesta latitud, facin tota la volta al globus terraqüi fins a arribar a la posició inicial (Figura 14). Explicarem que aquest és el recorregut total que fa aquell punt geogràfic durant un dia (aproximadament 24 hores). Farem adonar els infants que una part del recorregut del fil està il·luminat, i una altra part està a les fosques, la longitud de la part il·luminada representarà la durada del dia, i la longitud de la part fosca representarà la durada de la nit. Per saber si dura més el dia que la nit, els farem marcar amb un retolador els dos punts de la circumferència del fil en què es produeix la transició de claror a fosc. Un cop fet això, hauran de

treure el fil i observar quin dels dos segments que han obtingut és més llarg.

Practicarem una mica aquest mètode per agafar pràctica. És important que tinguin cura de col·locar el fil formant un cercle que segueixi un paral·lel, és a dir, que sigui paral·lel al cercle que a sobre el globus terraqüi indica l'equador o els tròpics.

Figura 14. Mesurar la durada del dia i la nit



3. Canvis en la durada relativa del dia i la nit al llarg de l'any

Un cop familiaritzats amb el moviment de translació i amb el mètode per mesurar la durada relativa del dia i la nit, proposarem als alumnes que facin les observacions que detallem a continuació, i que recullin les dades obtingudes a la seva llibreta de ciències.

Observació 1: Farem col·locar el globus terraqüi al solstici d'hivern i el farem il·luminar correctament. A partir d'aquí preguntarem: 1a) Durant el solstici d'hivern, quin dels dos hemisferis està orientat més directament cap al Sol?; 1b) A Barcelona, què dura més, el dia o la nit? I en un punt que estigui a sobre l'equador? I a Buenos Aires?

Observació 2: Farem col·locar el globus terraqüi al solstici d'estiu i el farem il·luminar correctament. A partir d'aquí preguntarem: 1a) Durant el solstici d'estiu, quin dels dos hemisferis està orientat més directament cap al Sol?; 1b) A Barcelona, què dura més, el dia o la nit? I en un punt que estigui a sobre l'equador? I a Buenos Aires?

Observació 3: Farem col·locar el globus terraqüi a l'equinocci de primavera i el farem il·luminar correctament. A partir d'aquí preguntarem: 1a) Durant l'equinocci de primavera, quin dels dos hemisferis està orientat més directament cap al Sol?; 1b) A Barcelona, què dura més, el dia o la nit? I en un punt que estigui a sobre l'equador? I a Buenos Aires?

Observació 4: Farem col·locar el globus terraqüi a l'equinocci de tardor i el farem il·luminar correctament. A partir d'aquí preguntarem: 1a) Durant l'equinocci de tardor, quin dels dos hemisferis està orientat més directament cap al Sol?; 1b) A Barcelona, què dura més, el

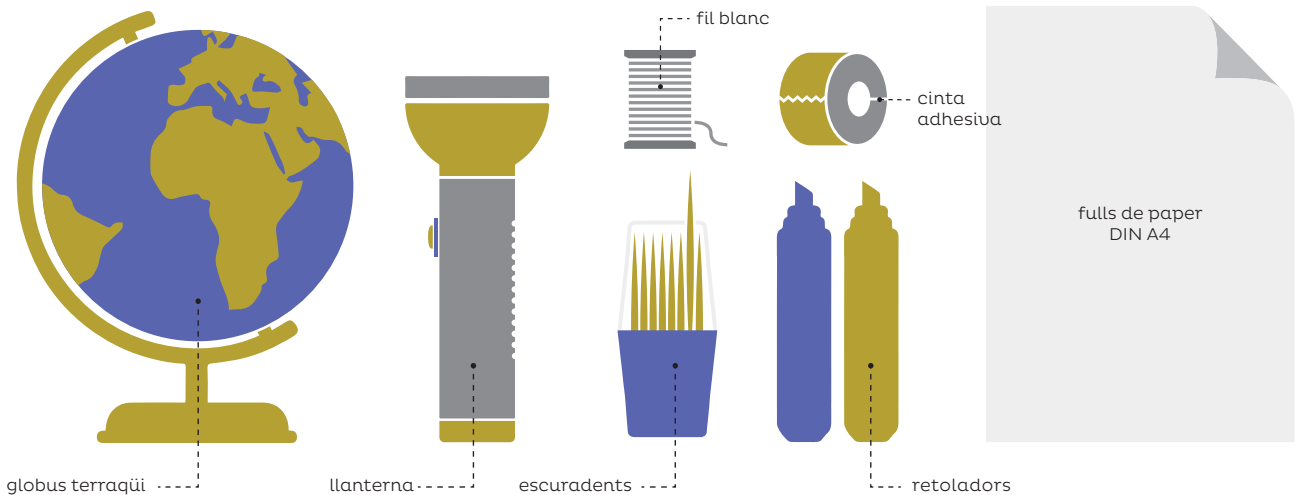
dia o la nit? I en un punt que estigui a sobre l'equador? I a Buenos Aires?

Les dades que cada grup haurà recollit en les observacions anteriors s'haurien de compartir amb tot el grup classe amb dues finalitats: comprovar que els resultats obtinguts són els mateixos (i, en cas contrari, debatre sobre què ha pogut passar) i, sobretot, descriure els patrons de durada relativa del dia i la nit a cadascuna de les posicions observades. Això ha de permetre determinar que (a) durant el solstici d'estiu el dia és molt més llarg que la nit a l'hemisferi nord (Catalunya), mentre que a l'hemisferi sud (Buenos Aires) la nit dura més que el dia; (b) que al solstici d'hivern el dia és més curt que la nit a l'hemisferi nord, però el dia dura més que la nit a l'hemisferi sud, i (c) que a l'equador, dia i nit duren el mateix tant en un solstici com en l'altre. Un altre patró interessant de remarcar és que als dos equinoccis, dia i nit duren el mateix a qualsevol dels punts en què s'han fet les observacions (de fet, aquesta afirmació és vàlida per a qualsevol punt del planeta). També és molt interessant observar què passa en les latituds compreses entre els cercles polars i els pols corresponents, però ho deixarem per a l'activitat 4.

Totes aquestes dades poden ser finalment contrastades amb l'experiència real de l'alumnat i/o amb dades obtingudes a internet sobre la durada relativa del dia i la nit en diferents localitzacions geogràfiques, i en diferents èpoques de l'any.

Activitat 3

COM ÉS QUE A CATALUNYA FA MÉS FRED A L'HIVERN I MÉS CALOR A L'ESTIU?



Material per a un grup de quatre persones

1 globus terraquíi, 1 llanterna potent, dibuixos i explicacions de l'activitat 1, fil blanc, cinta adhesiva, escuradents, fulls DIN A4, retoladors.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 3. La successió d'estacions és provocada, en última instància, per la inclinació de l'eix de rotació, i no pas per la distància relativa de la Terra al Sol durant la translació.

Idea 4. La inclinació de l'eix de rotació provoca que al solstici d'estiu de l'hemisferi nord els rajos de Sol incideixin molt perpendicularment a la Terra i arribi molta més calor per unitat de superfície. Al solstici d'hivern passa el contrari, hi incideixen menys perpendicularment i arriba menys calor per unitat de superfície.

Idea 5. La inclinació de l'eix de rotació provoca que hi hagi canvis anuals en la durada relativa del dia i la nit. A l'hemisferi nord, al solstici d'estiu hi ha més hores de llum solar diàries, i al solstici d'hivern hi ha menys hores de llum solar diàries.

Les idees dels infants

Com ja s'ha comentat anteriorment, els nens i les nenes solen atribuir la causa dels canvis de temperatura observats entre hivern i estiu al fet que la Terra, durant el seu moviment de translació, està més a prop del Sol en algun moment (estiu), i més lluny del Sol en algun altre moment (hivern). Aquesta és l'explicació més freqüent entre els nens i les nenes sobre l'estacionalitat.

També és possible que alguns infants apel·lin al fet que la Terra està inclinada, de manera que hi ha una part que “mira més” cap al Sol que una altra. En aquest cas usen igualment la idea de distància relativa de la Terra al Sol, però sense fer cap referència al moviment de translació. Finalment, hi ha alguns infants que consideren que quan és estiu a la cara de la Terra que mira al Sol, és hivern a la que no mira al Sol, i vinculen, per tant, l'estacionalitat amb el moviment de rotació.

Normalment els nens i les nenes no disposen d'altres hipòtesis alternatives, de manera que per acostar-los a una explicació més científica sobre les causes de l'estacionalitat caldrà introduir-los al model de translació, així com a saber analitzar alguns dels efectes que té per a la il·luminació de la superfície terrestre el fet que l'eix de rotació de la Terra estigui inclinat (vegeu l'activitat 2).

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Iniciarem l'activitat amb la recuperació de les respostes i els dibuixos que els diversos grups hagin fet a l'activitat 1, i recordarem els principals tipus d'explicacions que s'hi han posat de manifest. Segurament la majoria de grups hauran proposat com la causa que provoca l'estacionalitat el fet que hi ha més distància de la Terra

al Sol durant l'hivern (i que hi ha menys distància de la Terra al Sol durant l'estiu).

Un cop recuperades les explicacions inicials, la dinàmica que es proposa per a aquesta activitat es basa a: (a) plantejar evidències que permetin afirmar o refutar l'explicació basada en la distància; (b) utilitzar el model de translació introduït a l'activitat 2 per explicar l'estacionalitat a Catalunya.

És bona l'explicació de l'estacionalitat basada en la distància?

Primerament explicarem que quan els científics i les científiques avaluen les seves explicacions ho fan a partir de diferents criteris, i que un de molt important és que tinguin evidències clares dels supòsits en què es basa l'explicació. Per això, demanarem que ens diguin quines són les evidències que necessitarien perquè l'explicació de la distància fos vàlida, a partir de la pregunta: “Què hauria de passar realment en el moviment de la Terra i el Sol que ens fes pensar que l'explicació [de la distància] és la millor explicació que tenim?”, o una qüestió similar.

Pot ser que aquesta pregunta no sigui fàcil de comprendre pels alumnes degut al poc costum que tenen de reflexionar sobre les afirmacions que fan quan expliquen, per la qual cosa segurament haurem d'insistir formulant la pregunta de maneres diverses, o bé posant alguns exemples que aclareixin la demanda, com ara: “hauria de passar que la trajectòria que la Terra fa al voltant del Sol no sigui un cercle, perquè si fos un cercle aleshores sempre estaria a la mateixa distància, i la nostra explicació no seria vàlida”, o bé “hauria de passar que sempre que un objecte s'apropi a una font de calor s'escalfa més, perquè si això no passa la nos-

tra explicació no seria vàlida”, “hauria de passar que la Terra realment giri al voltant del Sol”, “hauria de passar que quan la Terra està més a prop del Sol és estiu, i quan està més lluny és hivern”, “hauria de passar que quan és estiu, és estiu a tota la Terra; i quan és hivern, és hivern a tota la Terra”. L'objectiu d'aquesta tasca és que amb les aportacions dels alumnes s'arribi a construir una llista d'evidències necessàries semblant a la que acabem de presentar.

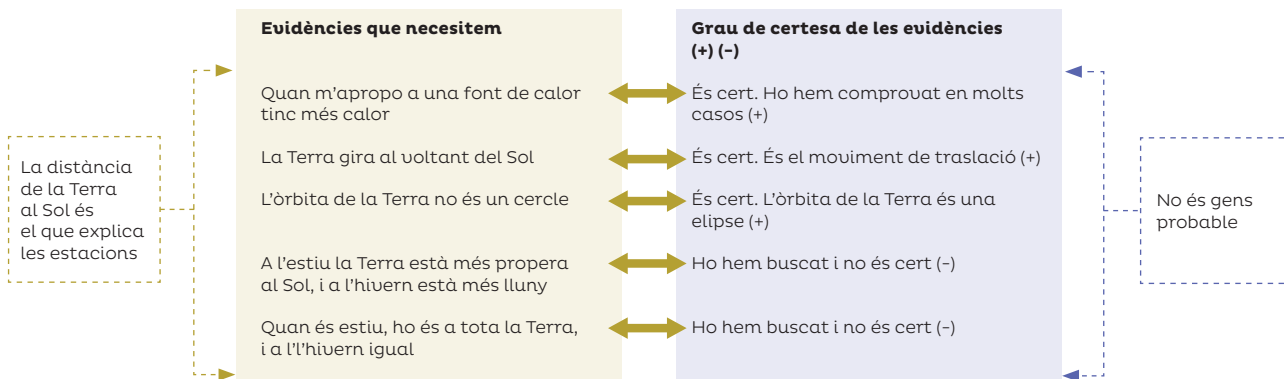
Un cop tinguem la llista d'evidències necessàries, demanarem a l'alumnat que amb els coneixements científics que ja tenen o bé buscant informació, confirmin o refutin cadascuna de les evidències de la llista. Amb tota aquesta informació proposem d'emplenar un esquema com el de la figura 15. A l'esquerra hi anotem l'explicació que estem posant a prova; a la primera columna, les evidències que donen validesa a la nostra explicació i que volem comprovar; a la segona columna, el grau de certesa de cadascuna de les evidències

anteriors sobre la base del coneixement ja disponible o la informació cercada. En aquesta segona columna, el signe + indica que tenim un alt grau de certesa de l'evidència, i el signe - que el grau de certesa és molt baix o nul. Finalment valorem el conjunt de resultats d'aquesta segona columna i fem un judici final sobre si la causa proposada és gens, poc, força o molt probable (vegeu l'exemple a la figura 15).

En el cas que hem posat d'exemple, el judici final és que la causa de la distància és “gens probable”, perquè almenys una evidència clau (que a l'estiu estem més a prop del Sol que a l'hivern) hem comprovat que era falsa.

Amb el que hem fet fins ara haurem vist que la distància relativa de la Terra al Sol al llarg de l'any no explica l'existència de les estacions. A partir d'aquí, en la segona part de l'activitat, proposarem fer servir el model de translació, juntament amb tots els altres coneixements

Figura 15. Esquema per exposar i valorar evidències



que s'han introduït a l'activitat 2, i provar si són útils per explicar l'estacionalitat.

Recordarem als alumnes que allò que volem explicar és “com és que a l'estiu fa més calor que a l'hivern?”. Demanarem que col·loquin el globus terraqüi en posició de solstici d'estiu i preguntarem: “Del que esteu veient ara mateix, o del que hem treballat a l'activitat 2, què us sembla que ens pot ajudar a explicar que ara sigui estiu a Catalunya?”. Pot ser que alguns nens o nenes considerin la possibilitat que la durada superior del dia respecte a la nit durant el solstici d'estiu (i les setmanes anteriors i posteriors) hi tingui a veure perquè “si hi ha més hores de Sol, aquesta part de la Terra [ex: Catalunya] s'escalfarà més”. En cas que aquesta idea no aparegui, la podem introduir i posar a consideració dels nens i les nenes perquè jutgin si la consideren plausible i útil per a l'explicació que volem construir. En la mateixa línia argumental podem preguntar: “El fet que durant el solstici d'estiu el dia sigui més curt que la nit a l'hemisferi sud pot ajudar a explicar que quan a Catalunya és estiu a Buenos Aires sigui hivern?”.

Mantenint el globus terraqüi en la posició del solstici d'estiu, farem observar que, a més a més de la durada relativa del dia i la nit, sembla que l'hemisferi nord “miri més” cap al Sol que no pas l'hemisferi sud. Ja hem dit que a vegades els infants interpreten aquesta orientació diferent dels dos hemisferis respecte al Sol com una prova que un està més a prop del Sol que l'altre; per això, és important que els fem veure que la distància real de Catalunya o de Buenos Aires al Sol és pràcticament la mateixa.

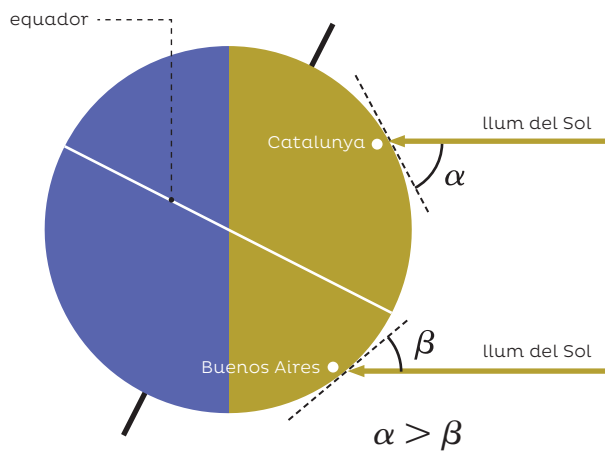
A partir d'aquí proposarem de representar un feix de rajos de llum que van del Sol (llanterna) a la Terra, usant un escuradents, i successivament simularem que

aquest feix incideix sobre Catalunya i sobre Buenos Aires (figura 16).

Feta la simulació preguntem: “A l'hemisferi nord, el feix de llum incideix molt perpendicular o molt inclinat?”, “Passa el mateix a l'hemisferi sud?”. Donem la consigna que situïn el globus terraqüi en la posició correcta de solstici d'hivern i preguntem: “I en aquesta posició, què passa amb la incidència dels feixos de llum a cada hemisferi?”, “Passa el mateix que al solstici d'estiu?”. Fetes les observacions preguntem: “Aquestes observacions, ens poden ajudar a respondre la pregunta que estem investigant?”.

Si els nens i les nenes tenen dificultats per relacionar els diferents angles d'incidència dels feixos de llum, se-

Figura 16. Diferències en l'angle d'incidència d'un feix de llum als dos hemisferis. Correspon a l'estiu de l'hemisferi nord

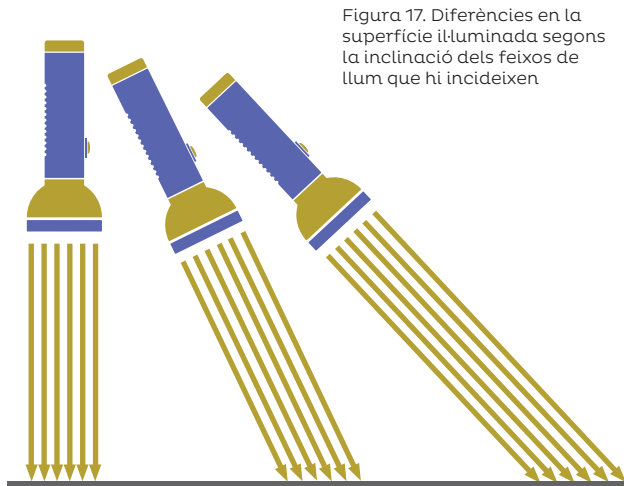


gons els hemisferis i els solsticis, els podem proposar una altra observació. Es tracta d'agafar la llanterna i posar-la perpendicularment a un full DIN A4 que hem deixat a sobre una taula. Demanem que facin un cercle a la superfície que hagi quedat il·luminada. Posteriorment demanem que tornin a emmarcar la superfície il·luminada però ara havent inclinat prèviament la llanterna (figura 17).

Feta l'observació anterior, proposem als alumnes de relacionar el que han observat amb el grau d'escalfament de la superfície en una i altra circumstància i preguntem: "Quan els rajos incideixen perpendicularment, la superfície s'escalfarà molt?", "I quan incideixen de manera més inclinada?", "Per què?". També caldrà relacionar aquesta observació amb el que passa entre la superfície terrestre i els feixos de llum que hi incideixen:

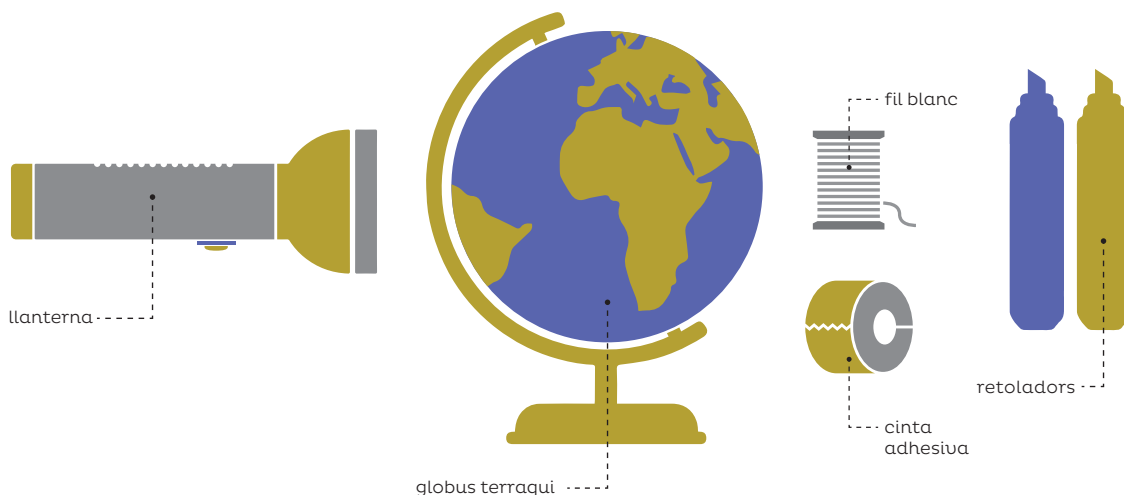
"Veieu alguna relació entre aquesta observació i l'escalfament de la superfície terrestre?"

Per acabar l'activitat, caldria recopilar tota la informació que de mica en mica s'ha anat introduint. Preguntem: "Amb tot el que hem fet en aquesta activitat, com explicaríeu que a Catalunya faci més calor a l'estiu que a l'hivern?"



Activitat 4

COM ÉS QUE ALS POLS HI HA ÈPOQUES DE L'ANY QUE NO VEUEN LA LLUM?



Material per a un grup de quatre persones

1 globus terraquí, 1 llanterna potent, fil blanc, cinta adhesiva, retoladors.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 2. L'eix de rotació de la Terra està inclinat respecte al pla de l'eclíptica i aquesta inclinació és sempre la mateixa.

Idea 5. La inclinació de l'eix de rotació provoca que hi hagi canvis anuals en la durada relativa del dia i la nit.

A l'hemisferi nord, al solstici d'estiu hi ha més hores de llum solar diàries, i al solstici d'hivern hi ha menys hores de llum solar diàries.

Les idees dels infants

No hi ha estudis específics sobre aquesta pregunta, però és fàcil pensar que els sigui difícil de respondre si es formula la pregunta sense haver fet les activitats 2 i 3 d'aquest mateix apartat. La dificultat pot venir del fet que estem parlant de zones geogràfiques molt allunyades de la seva experiència directa i, també, que el mateix fet que es demana d'explicar no sigui reconegut com a tal pels nens i les nenes.

En el cas que aquesta activitat es faci en l'ordre proposat en aquest capítol, pot ser que observem que els infants intenten usar el model introduït a l'activitat 2 per intentar construir una explicació adient.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Donem el material a cada grup i iniciem l'activitat formulant la pregunta que dona títol a l'activitat, "Com és que als pols hi ha èpoques de l'any que no veuen la llum?"; i deixem que l'alumnat elabori les seves respostes després de pensar-hi una mica.

En el cas que les respostes no siguin clares, o estiguin allunyades de l'explicació que es persegueix, proposem que mesurin la durada relativa del dia i la nit als dos pols fent servir el mètode que s'ha introduït a l'activitat 2. Demanem que facin el càlcul per al solstici d'estiu, i per al solstici d'hivern, i que amb les dades recollides intentin novament respondre a la pregunta inicial.

Per donar més solidesa a la resposta, plantegem l'interrogant següent: "Si l'eix de rotació de la Terra, en lloc d'estar inclinat fos perpendicular, també passaria el mateix?". Un cop hagin fet les seves prediccions, proposem que ho comprovin. Per fer-ho, demanem que treguin el globus terraqüi del seu suport. Amb el globus terraqüi a les mans, demanem que l'aguantin de manera que l'eix de rotació quedi perpendicular al pla de l'eclíptica (figura 18).

Un cop cada grup hagi situat el seu globus terraqüi i l'hagi il·luminat, demanem que recullin informació sobre la durada relativa del dia i la nit en un punt situat entre el cercle polar àrtic i el pol Nord, i en un altre entre el cercle polar antàrtic i el pol Sud, tant al solstici

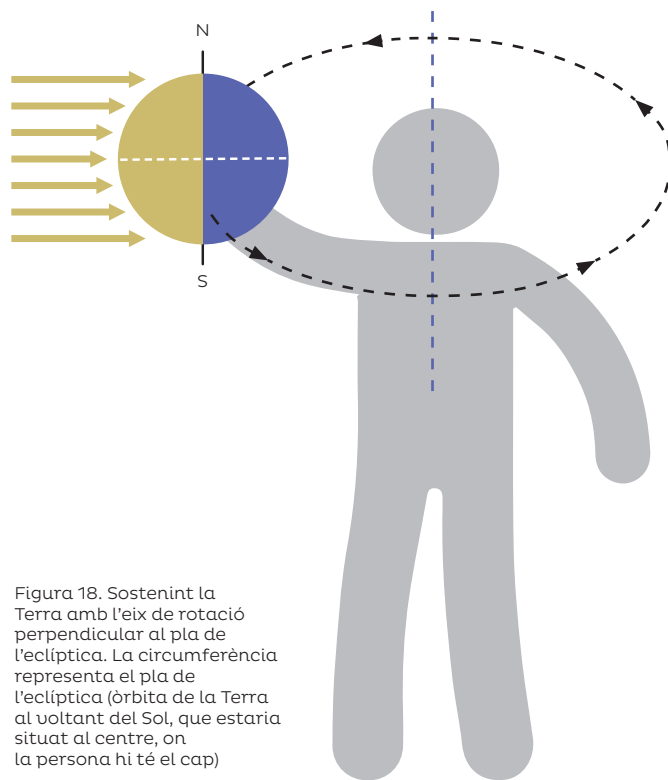


Figura 18. Sostenint la Terra amb l'eix de rotació perpendicular al pla de l'eclíptica. La circumferència representa el pla de l'eclíptica (òrbita de la Terra al voltant del Sol, que estaria situat al centre, on la persona hi té el cap)

d'estiu com al solstici d'hivern. Preguntem: "Què heu observat que passava al solstici d'estiu?", "I al solstici d'hivern?", "Com respondríeu ara a la pregunta que deia que si l'eix de rotació de la Terra, en lloc d'estar inclinat fos perpendicular, també passaria el mateix?"

Quan el problema és explicar l'aspecte i els moviments de la Lluna

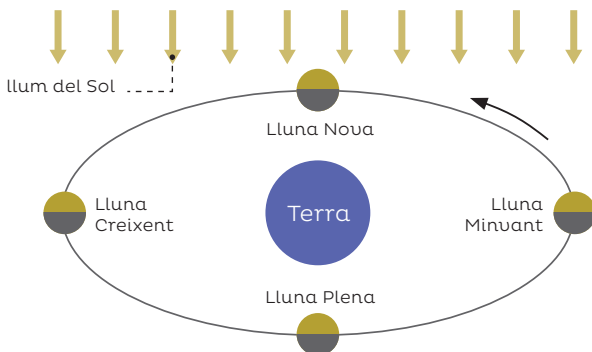
Comprendre el sistema Sol-Terra-Lluna

La posició relativa de Sol, Terra i Lluna és la que provoca que des de la Terra veiem la Lluna totalment, parcialment o en absolut il·luminada.

Per entendre com és que veiem les diferents fases de la Lluna, podem imaginar el Sol i la Terra fixos en una posició a l'espai, i la Lluna girant al voltant de la Terra. Això és una bona aproximació, ja que el període de translació de la Terra al voltant del Sol és molt llarg comparat amb el període de translació de la Lluna al voltant de la Terra.

Amb aquesta imatge, si situem la Lluna entre la Terra i el Sol, des de la Terra veurem només la cara no il·luminada de la Lluna, el que anomenem *lluna nova*. Situant la Lluna a l'altre costat de la Terra, veurem ara tota la Lluna totalment il·luminada, és el que anomenem *lluna plena*. Quan la Lluna se situa en les posicions intermèdies entre les dues anteriors és quan observem les fases creixent i minvant de la Lluna.

Figura 19. Les fases de la Lluna



Per entendre fàcilment els eclipsis cal comprendre bé les fases de la Lluna, ja que de nou és la disposició relativa del Sol, la Terra i la Lluna la responsable dels eclipsis de Sol i Lluna.

La Terra i la Lluna segueixen òrbites que tenen entre elles una inclinació d'uns 5° . El fet que la Terra, el Sol i la Lluna no estiguin traslladant-se sobre el mateix pla fa que no sempre hi hagi eclipsis. Si la trajectòria de la Lluna al voltant de la Terra no estigués inclinada respecte a la trajectòria de la Terra al voltant del Sol, hi hauria dos eclipsis per mes: cada cop que la Lluna passés entre la Terra i el Sol (lluna nova) hi hauria un eclipsi de Sol, i quan la Terra estigués entre la Lluna i el Sol sempre hi hauria un eclipsi de Lluna. És a dir, en la fase de lluna plena sempre hi hauria un eclipsi de Lluna, i en la fase de lluna nova sempre es produiria un eclipsi de Sol.

Cal destacar l'excepcionalitat del fet que, en un eclipsi de Sol, la Lluna cobreix exactament el diàmetre del Sol. Si la Lluna tingués una altra mida, o la seva distància a la Terra fos diferent, els diàmetres aparents del Sol i la Lluna podrien ser molt diferents, i potser la Lluna mai no arribaria a tapar tot el Sol. En aquest cas, un eclipsi de Sol el veuríem com un petit disc negre (la Lluna) que va passant pel davant del Sol.

Un altre aspecte que cal destacar és per què hi ha més eclipsis de Lluna que de Sol. Això té a veure amb les mides dels tres astres implicats:

a) **Eclipsis de Lluna:** la Terra és molt més gran que la Lluna, i projecta una ombra de gran diàmetre. No cal que Sol, Terra i Lluna quedin exactament alineats; l'ombra de la Terra és ampla i fàcilment podrà cobrir la Lluna o part d'ella.

b) **Eclipsis de Sol:** la Lluna té un diàmetre aparent molt similar al Sol; per tant, perquè la Lluna tapi el Sol cal que els tres astres estiguin rigorosament alineats. Aquest fet és molt menys freqüent que el primer.

En la darrera activitat proposada treballem els cràters de la Lluna. Els cràters de la Lluna són la característica dominant de la seva geografia. En la seva majoria són cràters d'impacte, però també hi ha algun cràter volcànic (com el cràter Hyginus). Un cràter d'impacte no és més que les restes d'impactes de cossos sòlids (roques, asteroides, meteorits...), cossos que orbiten pel sistema solar i que en un moment donat han caigut sobre la superfície de la Lluna. Hi ha grans cràters, creats per la col·lisió de grans objectes, però també n'hi ha molts més de menors, produïts per objectes més petits. Tot i ser petits, generalment arriben a altes velocitats a la superfície lunar, amb la qual cosa posen en joc grans quantitats d'energia. És per això que són capaços de crear els cràters, que no són més que forats a la superfície de l'astre.

Aquesta activitat se centra en els cràters d'impacte, i en l'estudi de tres característiques observables a la geografia de la Lluna: (a) d'una banda, hi ha molts més cràters petits que grans; (b) en general, els cràters més grans tenen superposats cràters més petits i no a l'inrevés, i (c) veiem a la Lluna moltíssims més cràters que a la Terra.

Si la Lluna està tan a prop de la Terra, com expliquem aquestes diferències? Com és que no veiem tants cràters a la Terra? Vegem-ho:

(a) Els asteroides són fragments de materials que orbiten per l'espai, que eventualment col·lideixen entre ells, i que fruit d'aquests xocs es trenquen en fragments més

petits. Per la fragmentació de les roques en les col·lisions tindrem més abundància de roques petites, i en haver-hi més roques petites movent-se pel sistema solar, és lògic que la Lluna hagi rebut més impactes d'objectes petits que d'objectes grans.

(b) Fa uns 4.000 milions d'anys, quan la Terra i la Lluna s'acabaven de formar, va haver-hi un període de temps (el "gran bombardeig tardà") en què els planetes més interiors del sistema solar van patir una quantitat molt elevada d'impactes de grans asteroides, restes de la formació del sistema solar. És per això que els grans cràters que es van formar són en general els més antics. Com que els impactes posteriors han estat generalment menors, hi ha molts cràters menors superposats als de més diàmetre.

(c) La Terra té una atmosfera que l'envolta. Quan un objecte entra a l'atmosfera a una velocitat molt alta (per exemple 70 km/s), el freg amb l'atmosfera fa que s'escalfi molt, amb la qual cosa es desintegra en part (si és gran) o totalment si és prou petit (cas dels estels fugaos). Només aquest fet ja protegeix la superfície terrestre de multitud d'impactes meteoritics. D'entre els objectes que arriben a impactar a la superfície, els processos climàtics, l'erosió i la vegetació contribueixen a la progressiva desaparició del cràter que han format. Tot i que els processos actius a la superfície terrestre destrueixen ràpidament els cràters, n'hi ha de catalogats uns 190, amb mides que van des d'uns pocs metres fins a quilòmetres. Un dels més coneguts és el Meteor Crater, situat a Arizona, d'1,2 km de diàmetre. Tots aquests elements erosius són inexistents a la Lluna, que no té atmosfera que la protegeixi dels impactes, ni processos actius que esborrin els cràters; per aquest motiu tot objecte que caigui cap a la Lluna arribarà a la seva superfície, i la seva marca (cràter) perdurarà.

Un darrer, i destacable, fet sobre la Lluna és que el període de rotació de la Lluna sobre el seu eix és el mateix que el seu període de translació al voltant de la Terra. Aquests dos girs combinats tenen l'efecte que des de la Terra sempre estem veient el mateix costat de la Lluna.

Les idees de les nenes i els nens en relació amb el model Terra-Sol-Lluna

La investigació en didàctica de les ciències ha posat de manifest que per als nens i les nenes la comprensió de les fases de la Lluna no és gens fàcil (Kavanagh, Agan i Sneider, 2009). La majoria d'estudis coincideixen a mostrar el fet que un gran nombre d'infants confonen les fases de la Lluna i els eclipsis, de manera que molts pensen que les fases de la Lluna són causades per la projecció de l'ombra de la Terra sobre la superfície lunar. Aquest és segurament el resultat més conclouent de la recerca.

A més a més de la confusió en l'explicació causal de les fases de la Lluna, la recerca també ha mostrat que l'alumnat de primària (però no només) no disposa d'un bon coneixement descriptiu de com veiem la Lluna des de la Terra en les diferents fases (excepte la lluna plena), i, sobretot, de com es produeix la seqüència de fases (en quin ordre, amb quina periodicitat, etcètera).

Les recerques centrades a avaluar l'èxit de propostes sobre l'ensenyament de les fases de la Lluna han permès arribar a la conclusió que la comprensió dels infants millora molt usant models d'ensenyament que ofereixin oportunitats per explicitar, avaluar i reflexionar sobre les seves pròpies idees. També s'ha subratllat la importància d'implicar-los en l'observació directa del cel nocturn, i introduir-los en l'ús de models tridimensionals sobre els moviments i posicions relatives

del sistema Sol-Terra-Lluna. Alguns estudis també recomanen introduir l'estudi de les fases de la Lluna un cop l'alumnat hagi treballat a bastament la modelització dels moviments Terra-Sol, i s'hagi habituat a combinar les observacions dels fenòmens com si fossin a la Terra i com si fossin observadors externs al sistema, mirant-se'l des de l'espai.

Idees que cal treballar sobre el sistema Sol-Terra-Lluna

Des del nostre punt de vista, les idees més importants per treballar a través del sistema Sol-Terra-Lluna són les següents:

Idea 1. La manca d'atmosfera a la Lluna possibilita que els cossos rocosos arribin fàcilment a la superfície i formin cràters que, degut a l'absència de processos erosius (veure pàgina següent) no canvien al llarg del temps.

Idea 2. Des de la Terra sempre veiem la mateixa cara de la Lluna, perquè el temps que la Lluna triga a girar al voltant de la Terra és el mateix temps que triga a fer una volta sobre ella mateixa.

Idea 3. Les fases de la Lluna estan determinades per la posició de la Lluna en relació amb la Terra i el Sol.

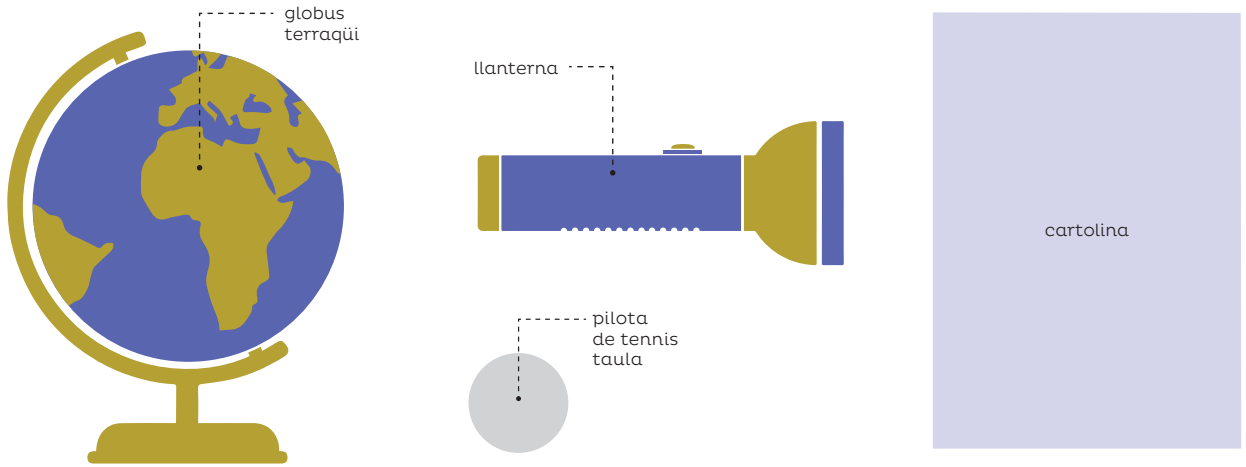
Idea 4. Els eclipsis solars es donen perquè la Lluna passa entre el Sol i la Terra.

Idea 5. Els eclipsis de Lluna són provocats perquè la Terra passa entre la Lluna i el Sol.

	Activitat 1. Exploració d'idees sobre la forma de la Lluna	Activitat 2. Les fases de la Lluna	Activitat 3. Investiguem els eclipsis	Activitat 4. Els cràters de la Lluna
Idea 1. La manca d'atmosfera a la Lluna possibilita que els cossos rocosos arribin fàcilment a la superfície i formin cràters que, degut a l'absència de processos erosius, no canvien al llarg del temps.				
Idea 2. Des de la Terra sempre veiem la mateixa cara de la Lluna, perquè el temps que la Lluna triga a girar al voltant de la Terra és el mateix temps que triga a fer una volta sobre ella mateixa.				
Idea 3. Les fases de la Lluna estan determinades per la posició de la Lluna en relació amb la Terra i el Sol.				
Idea 4. Els eclipsis solars es donen perquè la Lluna passa entre el Sol i la Terra.				
Idea 5. Els eclipsis de Lluna són provocats perquè la Terra passa entre la Lluna i el Sol.				

Activitat 1

EXPLORACIÓ D'IDEES SOBRE LA FORMA DE LA LLUNA



Material per a un grup de quatre persones

Correu electrònic d'un nen d'Austràlia, globus terraqüi, pilota de ping-pong, cartolina i llanterna.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 3. Les fases de la Lluna estan determinades segons la posició de la Lluna en relació amb la Terra i el Sol.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

1. Presentació de la investigació sobre com canvia l'aspecte de la Lluna

Presentarem una pregunta que per respondre-la sigui necessària la representació del sistema Sol-Terra-Lluna. Expliquem una situació en què un nen australià ens

ha enviat un correu per ajudar-lo a fer uns deures en què ha d'investigar si tothom arreu del món veu la mateixa fase de la Lluna a la vegada.

.....
Hello,

My name is Andrew. I am 10 years old and I live in Australia. Can you help me with my homework? We are studying the moon phases at school and my teacher asked us to inquire whether or not the moon phase is the same all over the world. So, I decided to send some e-mails to schools from different countries.

Right now we have a full moon in Australia. Can you tell me which moon phase you have in Barcelona?

Thank you very much for helping me with my homework.

Best wishes,

Andrew.

Hola,

Em dic Andrew. Tinc 10 anys i visc a Austràlia. Podeu ajudar-me amb els meus deures? Estem estudiant les fases de la lluna a l'escola i el meu mestre ens ha demanat investigar si arreu del món tothom té la mateixa fase de la lluna. Per tant, he decidit enviar correus a escoles de diferents països.

Ara mateix, tenim una lluna plena a Austràlia. Podeu dir-me quina lluna teniu a Barcelona aquesta nit?

Moltes gràcies per ajudar-me amb els deures.

Fins aviat,

Andrew

Com que les fases de la lluna són les mateixes en qualsevol punt del planeta, haurem d'adaptar el correu de tal manera que la fase que diu que té l'Andrew a Austràlia sigui la mateixa que hi haurà a Barcelona la nit següent que fem aquesta activitat amb els infants. Cal tenir en compte, però, que a Austràlia la lluna la veuran a l'inrevés de com la veiem nosaltres (és a dir, "de cap per avall").

2. Exploració de les idees dels infants sobre el funcionament del sistema Sol-Terra-Lluna

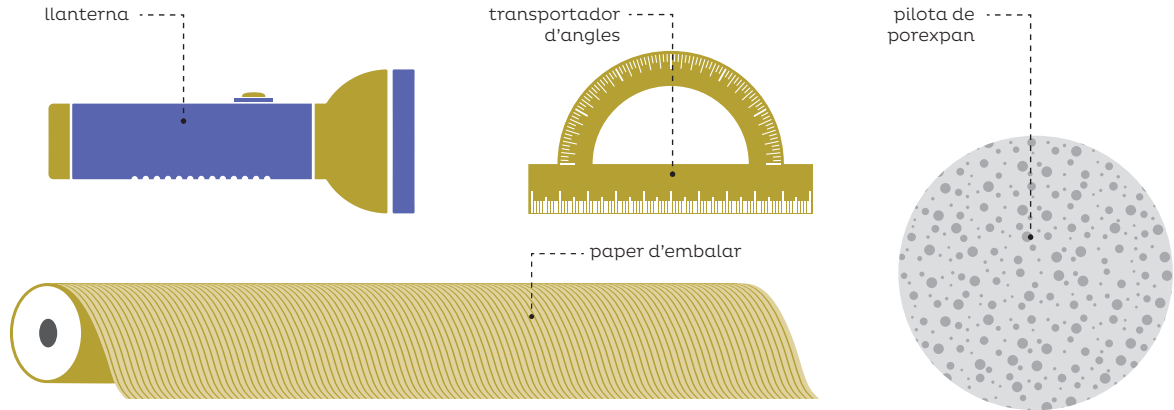
Expliquem als infants que l'endemà es donarà una resposta a l'Andrew. Encara que en aquests moments a Austràlia sigui de nit i l'Andrew pugui veure la Lluna, a Catalunya encara falten hores perquè es faci fosc. Per tant, fins que no sigui de nit no li podrem donar una resposta definitiva. Proposem, però, intentar fer de científics i científiques i predir si la fase de la Lluna que tindrem aquesta nit a Catalunya serà la mateixa que ha vist l'Andrew a Austràlia. Encara que hi hagi calendaris lunars fàcilment consultables, intentem que siguin ells que facin la predicció a partir dels seus raonaments.

Podem recordar les quatre fases principals de la Lluna. Deixem que pensin i donem algun material de suport a cada grup, com un globus terraquí, una llanterna i una pilota de ping-pong que representi la Lluna. Demanem que apuntin la predicció i l'explicació de la predicció que han fet en una cartolina. Deixem uns moments perquè cada grup comuniqui la seva predicció i la seva explicació a la resta de la classe.

Finalment, demanem als infants que aquella nit observin la lluna i dibuixin o facin una fotografia de quina fase té. Demanem que portin els dibuixos l'endemà per tal de comprovar si la seva predicció ha estat correcta o no.

Activitat 2

LES FASES DE LA LLUNA



Material per a un grup de quatre persones

Focus de llum blanca, bola de porexpan o pilota blanca, un transportador d'angles, paper d'embarlar.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 2. Des de la Terra sempre veiem la mateixa cara de la Lluna, perquè el temps que la Lluna triga a girar al voltant de la Terra és el mateix temps que triga a fer una volta sobre ella mateixa.

Idea 3. Les fases de la Lluna estan determinades per la posició de la Lluna en relació amb la Terra i el Sol.

Les idees dels infants

Una de les idees freqüents dels infants és que la Lluna es veu de nit, no de dia. Respecte a la raó per la qual

la Lluna se'ns presenta en les diferents fases, habitualment no tenen cap explicació clara més enllà d'alguna vaga relació amb la llum del Sol.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

L'activitat proposa observar el canvis en les fases de la Lluna i construir una maqueta que permeti reproduir-les i comprendre-les millor.

1. Observem la Lluna diàriament al llarg del mes

Explicuem als infants que observarem la Lluna cada dia al llarg de tot un mes. Cada dia dibuixarem en un paper l'aspecte de la Lluna, i anotarem si la veiem a la tarda, al matí o a la nit. De vegades l'observació s'haurà de fer fora de l'horari escolar i s'haurà de demanar als alumnes que facin les observacions des de casa seva.

Els podem proposar que facin un calendari on posin cada dia el dibuix que hagin fet de la Lluna.

Convé constatar que passats uns 29 dies, la Lluna torna a estar en la mateixa fase que el primer dia d'observacions.

2. Preparem la maqueta

Proposem aquí dues variants per a la maqueta.

En la primera, l'alumne/a assumeix el paper de Terra. La maqueta pot ser un muntatge similar al de la figura 20: una bola que representarà la Lluna i que la fem girar al voltant nostre (que serem la Terra). Si situem un paper graduat als nostres peus, podem anotar la manera com veiem la Lluna per cada angle girat. Aquest cercle graduat el podem fer amb un paper d'embalar sobre el qual ens situarem, i que amb l'ajut d'un transportador d'angles hi haurem marcat alguns angles destacats (0° , 45° , 90° , 135° , etc.). Des d'un punt fix ens arribarà llum del Sol, que serà un focus de llum situat a certa distància.

Per no fer amb el nostre cos ombra a la Lluna, convé subjectar la Lluna una mica alçada per damunt nostre.

La segona variant consisteix a fixar la Terra en un suport extern a nosaltres (Figura 21). Com que no volem recrear els eclipsis, en comptes d'una bola és millor dibuixar-la sobre la base (si fem servir una bola, en alguns moments Terra i Lluna es faran ombra). Situarem la Terra al centre i una bola que representarà la Lluna, que podrem anar situant en diferents posicions sobre un cercle centrat en la Terra, tal com s'indica al dibuix. En aquest cas, per observar les fases de la Lluna, a l'alumne/a li caldrà fer el petit esforç de situar-se en el punt de vista de la Terra, imaginant com es veu.

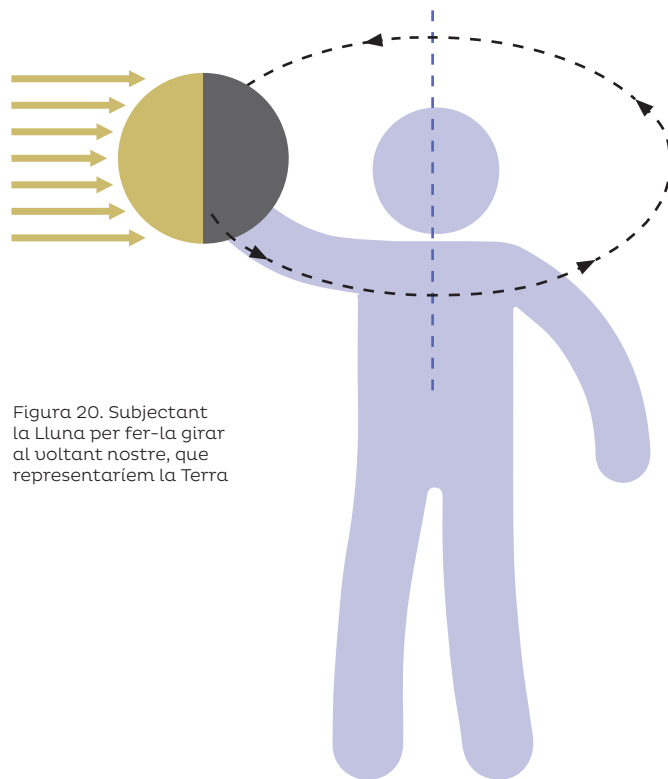


Figura 20. Subjectant la Lluna per fer-la girar al voltant nostre, que representariem la Terra

3. Observem i interpretem les fases de la Lluna amb la maqueta

Amb la primera maqueta, l'alumne observa les fases sobre la bola directament, assumint el paper d'observador a la Terra. En aquest sentit, pot ser molt interessant, ja que veu en tot moment la fase i les situacions relatives a la Terra del Sol i la Lluna.

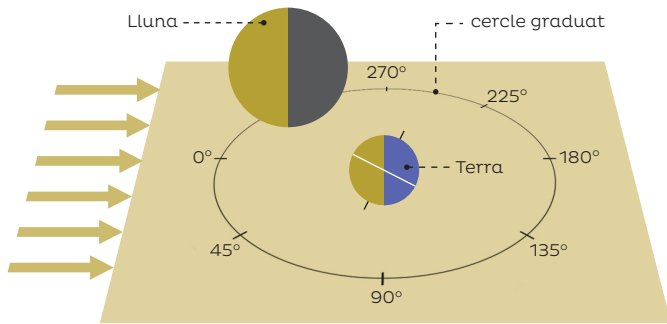


Figura 21. Maqueta per representar les fases de la Lluna

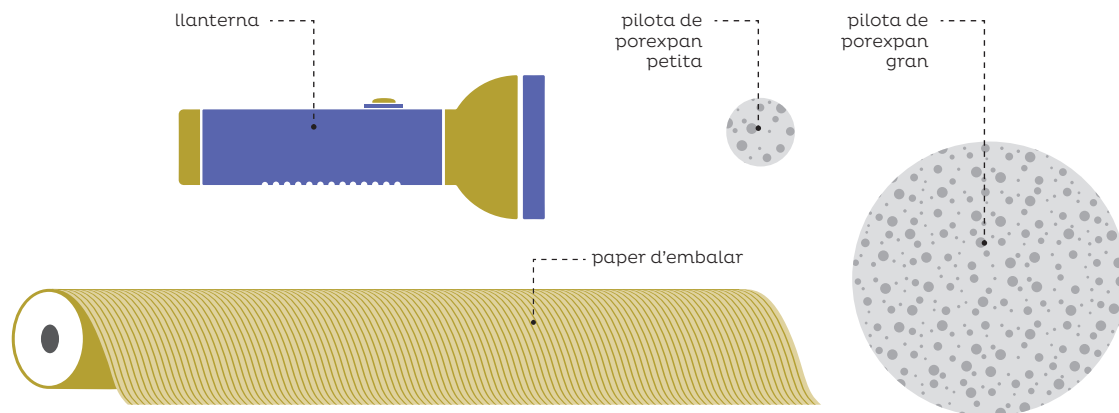
La segona opció té l'aspecte positiu de veure clarament des de fora com estan situats els tres astres. Potser l'ús de les dues representacions conjuntament pot ser una bona opció.

És important relacionar en tot moment les observacions visuals de la Lluna amb les observacions fetes amb la maqueta. Una tasca pot ser anar situant sobre la maqueta cadascuna de les fases dibuixades o fotografades per l'alumnat, o a l'inrevés: proposar una posició a la maqueta i demanar a quina de les fotografies o dibuixos fets hi podria correspondre.

Un cop s'ha treballat d'aquesta manera, amb models físics, es poden fer servir simuladors a l'ordinador, ja que ara els alumnes seran capaços de comprendre'ls millor i els poden ajudar a consolidar els coneixements adquirits.

Activitat 3

INVESTIGUEM ELS ECLIPSIS



Material per a un grup de quatre persones

Focus de llum blanca, dues boles, una de més gran que farà el paper de Terra i l'altra que farà el paper de Lluna, (si es vol que siguin proporcionals, la bola de la Lluna ha de tenir un quart del diàmetre de la bola que representa la Terra), paper d'embalar.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 3. Les fases de la Lluna estan determinades per la posició de la Lluna en relació amb la Terra i el Sol.

Idea 4. Els eclipsis solars es donen perquè la Lluna passa entre el Sol i la Terra.

Idea 5. Els eclipsis de Lluna són provocats perquè la Terra passa entre la Lluna i el Sol.

Les idees dels infants

S'observa que hi ha una vaga idea que efectivament l'ombra de la Terra o de la Lluna origina els eclipsis, però sovint no ve acompanyada de la comprensió total del fenomen. És possible que la manca de comprensió de com es produeixen les fases de la Lluna no ajudi a comprendre els eclipsis. Lligat amb aquest fet es constata que no tenen la necessitat d'associar els eclipsis a les fases de la Lluna: només pot tenir lloc un eclipsi de Lluna quan hi ha lluna plena i un eclipsi de Sol quan hi ha lluna nova.

No hi ha explicació al fet (sovint desconegut) que hi ha més eclipsis de Lluna que de Sol.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

La comprensió dels eclipsis està molt lligada a la comprensió de les fases de la Lluna. És convenient, doncs, treballar-les abans que no pas els eclipsis.

La mateixa maqueta emprada per modelitzar els eclipsis pot ser utilitzada ara.

Sobre la superfície de la maqueta situem una bola central que serà la Terra. La bola que representarà la Lluna serà més petita, si volem mantenir les proporcions reals, aproximadament una quarta part del diàmetre de la Terra.

Aquest model és limitat com a representació dels eclipsis reals, ja que, amb ell, cada mes hi hauria dos eclipsis: de Lluna amb lluna plena i de Sol amb lluna nova. Com s'ha explicat a l'apartat anterior, podem donar una imatge més fidel si inclinem uns 5° el pla de translació de la Lluna (en el nostre cas, la base de la maqueta), ja que d'aquesta manera es fa visible que l'alineació necessària per provocar els eclipsis no es produeix cada mes.

1. Eclipsi de Sol

Anem situant la Lluna en diverses posicions del cercle que representa la trajectòria de la Lluna al voltant de la Terra. Si apropem l'ull a la bola de la Terra, l'única posició en la qual podem veure que s'amaga la llum del Sol és quan la Lluna passa pel seu davant, que correspon justament a la fase de Lluna nova.

2. Eclipsi de Lluna

Sobre la maqueta podrem comprovar que només quan situem la Lluna en el costat oposat al Sol, podrem aconseguir que la Terra faci ombra a la Lluna. Això és el que seria un eclipsi de Lluna, i com es pot veure només es pot produir en la fase de lluna plena.

Com s'ha fet en l'estudi de les fases de la Lluna, pot fer-se tota l'explicació anterior demanant que els alumnes subjectin i moguin les boles que representen els astres. Els mateixos raonaments fets abans són vàlids amb aquest model.

Activitat 4

ELS CRÀTERS DE LA LLUNA



Material per a un grup de quatre persones

Safata, farina, xocolata en pols, boles o pedres de diferents mides i pesos.

Les idees clau treballades amb aquesta activitat

Idea 1. La manca d'atmosfera a la Lluna possibilita que els cossos rocosos arribin fàcilment a la superfície i formin cràters que, degut a l'absència de processos erosius, no canvien al llarg del temps.

Les idees dels infants

En general els alumnes sobreentenen que els cràters de la Lluna han estat causats per meteorits. No hi ha, però, explicació de per què a la Lluna en veiem tants i aquí a la Terra, no. Implícitament es dona per vàlida la idea

que els meteorits corren per l'espai exterior, i, per tant, cauen a la Lluna, però no pas a la Terra.

Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

L'activitat té com a objectiu reproduir la superfície lunar i entendre com s'ha format el paisatge lunar ple de cràters.

1. Com preparem la safata on crearem els cràters

La safata on farem els cràters consta d'una capa inferior de farina i per sobre una capa de xocolata en pols. El principi és el següent: quan un objecte impacti sobre la safata s'enfonçarà, amb la qual cosa crearà un cràter i expulsarà material de les capes inferiors cap a la superfície, material que es veurà sobre la capa de xocolata degut al color blanc de la farina. En retirar curiosa-

ment l'objecte llançat, tindrem un cràter i les marques del material ejectat. Pot ser convenient que abans de fer-ho amb els alumnes proveu amb quins gruixos de farina i xocolata es veuen millor els detalls. Podeu començar amb una capa de més o menys un dit de gruix de farina i, per sobre, una capa més fina de xocolata que recobreixi uniformement tota la farina, i aneu provant diferents gruixos fins a trobar el muntatge més adequat a les mides dels materials que llançareu.

Penseu que després d'alguns impactes la farina i la xocolata es van barrejant, i no podreu reaprofitar la mateixa farina per fer una altra prova, de manera que quan obtingueu algun bon paisatge de cràters serà convenient fer-ne una fotografia.

2. Els cràters a la safata

Quan llanceu una bola sobre la safata, s'enfonsa i expulsa farina cap a fora, i crea un enfonsament del terreny i una elevació tot al seu voltant. El color tan diferenciat de farina i xocolata permet visualitzar el flux de la matèria ejectada des del lloc d'impacte, en forma de traces blanques de farina sobre la xocolata. Aquest aspecte és el mateix que veureu si mireu els cràters de la Lluna.

3. Què podem observar en els cràters creats a la safata

En primer lloc, els farem observar que tots els cràters tenen una estructura similar: una depressió central, unes parets on s'amuntega el material expulsat del centre i uns feixos radials de material expulsat que poden arribar lluny del centre del cràter.

Podem estudiar l'efecte de diverses variables:

(a) El pes de l'objecte que impacta. Observarem que com més gran és el pes, més gran serà el cràter.

(b) La mida de l'objecte que impacta. Com abans, com més gran és la mida, més gran serà el cràter creat.

(c) La velocitat de l'objecte que impacta. Si un mateix objecte el llancem sobre la safata a velocitats cada cop més elevades, veurem que els cràters i la quantitat de matèria expulsada del centre també creix.

(d) L'angle amb què impacta l'objecte. Si deixem caure l'objecte verticalment, veurem que les traces blanques de matèria expulsada del centre tenen simetria circular, i són més o menys iguals en totes direccions. Si fem el llançament sobre la safata amb un cert angle, veurem com el material és ejectat preferentment en la direcció en què ha incidit l'objecte.

En tots els casos, per constatar-ho, podem fer mesures de la fondària i el diàmetre dels cràters i la longitud de les traces de material ejectat.

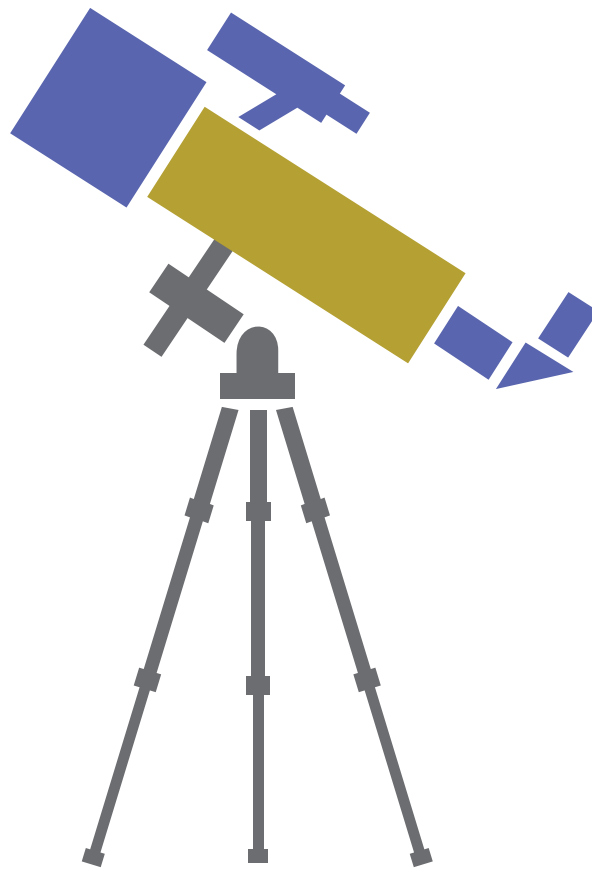
Pot ser útil prendre imatges i, sobre elles, marcar les longituds, els diàmetres, etc.

En un segon pas, podem buscar imatges de cràters de la Lluna on es vegin alguns dels aspectes analitzats: diferents diàmetres o fondàries, asimetria en els feixos de matèria ejectats, etcètera, que ens donaran una idea qualitativa de com va ser l'impacte que va formar aquell cràter.

Quan aconseguim algun cràter gran sobre la safata, podem llançar-hi alguns objectes petits, i observar la superposició abans esmentada de cràters petits i grans.

4. Com podem crear un paisatge lunar amb cràters distribuïts aleatòriament?

Una manera de crear un paisatge similar al de la Lluna és treure la safata a l'exterior un dia de pluja fina o poc intensa. Podem substituir la pluja deixant caure gotes d'aigua sobre la safata. Sobre la safata incidiran gotes de diferents mides que crearan cràters distribuïts aleatòriament per tota la safata. Si aconseguim tenir a la safata cràters de mides variades, observarem que n'hi ha de grans i de petits, i una tasca interessant és fer el recompte del nombre de cràters d'una certa mida: veurem que sempre en comptem menys de mida gran, tal com observem a la Lluna.



Referències bibliogràfiques

Amat, A.; Martí, J.; Darné, I. (2018). *Investiguem com funciona el cos humà*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.

Amat, A.; Martí, J.; Grau, V. (2017). *Investiguem la matèria*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Institut Municipal d'Educació de Barcelona.

Alemany, C.; Ros, R. M. (2011). *Tierra paralela*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, EU-UNAWA. Barcelona.

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

Kavanagh, C.; Agan, L.; Sneider, C. (2009). "Learning about Phases of the Moon and Eclipses: A Guide for Teachers and Curriculum Developers". *Astronomy Education Review*, 4(1), p. 19–52. [Http://doi.org/10.3847/aer2005002](http://doi.org/10.3847/aer2005002)

Kenyon, L.; Schwarz, C.; Hug, B. (2008). "The benefits of scientific modeling". *Science and children*, p 40–45.

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

Nussbaum, J. (1979). "Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross age study". *Science Education*, 63, p. 83–93.

Plummer, J. D. (2009). "A cross-age study of children's knowledge of apparent celestial motion". *International Journal of Science Education*, 31(12), p. 1571–1605. <http://doi.org/10.1080/09500690802126635>

Sherin, B. L.; Krakowski, M.; Lee, V. R. (2012). "Some assembly required: How scientific explanations are constructed during clinical interviews". *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), p. 166–198. <http://doi.org/10.1002/tea.20455>

Sneider, C.; Bar, V.; Kavanagh, C. (2011). "Learning about seasons: a guide for teachers and curriculum developers". *Astronomy Education Review*. [disponible a través de Google Scholar]

Vosniadou, S. (1994). "Capturing and modeling the process of conceptual change". *Learning and Instruction*, 4 (1), p. 45–69.

Vosniadou, S.; Brewer, W. F. (1992). "Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood". *Cognitive Psychology*, 24, p. 535–585. Recuperat de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001002859290018W>

Vosniadou, S.; Brewer, W. F. (1994). "Mental models of the day/night cycle". *Cognitive Science*, 18, p. 123–183.

