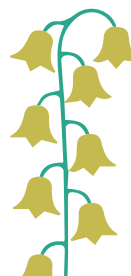
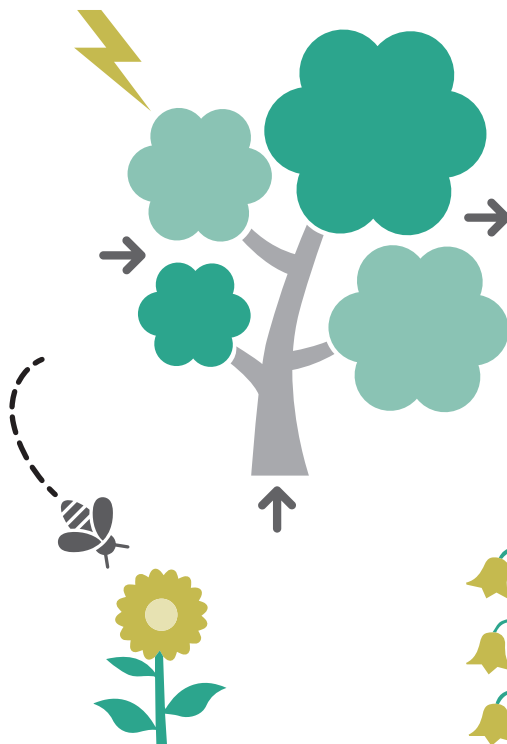


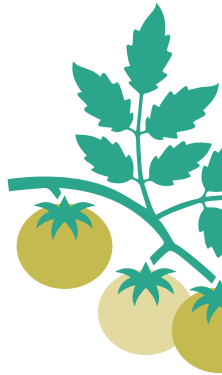
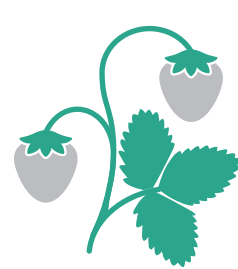
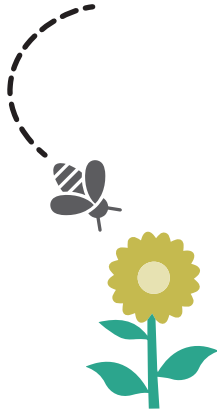
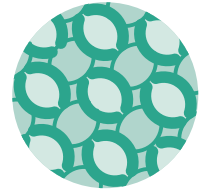
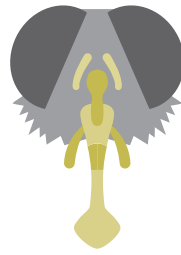
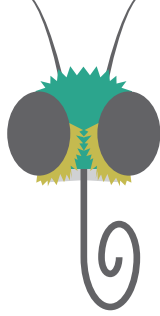
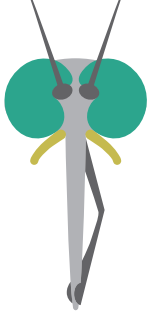
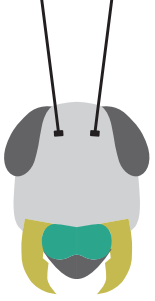
# Investiguem les plantes

Jordi Martí, Isabel Jiménez, Laura Martín i Judit Verdguer



# Investiguem les plantes

**Jordi Martí, Isabel Jiménez, Laura Martín i Judit Verdaguer**





## Presentació

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

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

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

Aquest llibre aplega continguts i propostes de treball pràctic per investigar amb l'alumnat la biologia de les plantes. S'ha organitzat al voltant de tres grans problemes d'investigació: com es nodreixen les plantes, com es reproduïxen i quines plantes viuen al nostre entorn proper. En cada apartat, el professorat hi trobarà els coneixements científics bàsics que cal conèixer per introduir aquests temes a l'alumnat de primària, les idees intuïtives que els infants solen tenir per a cadascun d'aquests temes, i una seqüència d'activitats per investigar-los a l'aula, acompanyada de les orientacions didàctiques que han de permetre de treure'n el màxim profit pedagògic.

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

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

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

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

Així doncs, el nou currículum s'alinea clarament amb una tendència general, present des de fa anys a molts països, que planteja que una de les finalitats del sistema educatiu en l'etapa bàsica és contribuir a l'alfabetització científica de la ciutadania. Aquest plantejament es pot resumir amb el lema: *aprendre a investigar i investigar per comprendre* (Martí, 2012).

**Aprendre a investigar** perquè tot i que els infants de 6 a 12 anys són, per naturalesa, bons exploradors de la realitat i tenen les capacitats cognitives necessàries per interpretar i donar sentit a la multitud de fenòmens naturals que es produeixen al seu entorn, no ho fan espontàniament a la manera de la ciència. La seva comprensió parteix de les estratègies cognitives humanes per interpretar la realitat, que condueixen al que en psicologia s'anomena coneixement intuïtiu (Pozo, 2014). Malgrat la seva utilitat en la vida quotidiana, aquest coneixement té moltes limitacions, de la mateixa manera que la nostra capacitat perceptiva. La ciència ha permès canviar sovint la visió del món: no-

més cal pensar en l'heliocentrisme, la teoria de l'evolució o la tectònica de plaques. Per això, la ciència és un patrimoni cultural essencial al qual han de tenir accés les noves generacions. En resum, cal ensenyar als infants a investigar a la manera de la ciència perquè puguin comprendre com es generen nous coneixements.

La segona part del lema, **investigar per comprendre**, fa referència al coneixement com el producte de la investigació científica. Aprendre ciències significa aprendre noves maneres d'observar la realitat i de construir coneixements, per donar sentit als fenòmens naturals d'una manera diferent a la que ens proporciona el pensament intuïtiu. A l'aula, això suposa partir de les idees intuïtives inicials de l'alumnat sobre els fenòmens naturals i usar-les per construir coneixements nous, en forma de noves idees, noves formes de raonar i nous models teòrics, cada vegada més propers a com la ciència explica el món.

Aquest aprenentatge no pot basar-se en un model simple de transmissió-recepció (mitjançant el o la docent, llibres, internet o persones expertes), ni tampoc en un model de descobriment totalment lliure. Cal treballar des de les idees de l'alumnat, amb les seves idees i sobre les seves idees. Això implica planificar la intervenció docent per afavorir l'evolució conceptual de les idees de l'alumnat, i no pas simplement substituir les seves idees intuïtives per les idees *correctes* de la ciència.

La recerca en didàctica de les ciències dels darrers trenta anys mostra que assolir les dues facetes del lema esmentat és molt difícil sense implicar directament els infants en les pràctiques i les formes de raonar que usa la comunitat científica quan investiga la realitat. Avui es parla de pràctiques científiques, més que no pas de mètode científic, atès que no hi ha un únic mètode,

però sí un conjunt de formes d'investigar. Per tant, cal fer ciència a l'aula, una ciència que, com afirma Izquierdo (2005): «no pot ser com la ciència dels científics, però ha de ser ciència».

Actualment, a les aules d'educació primària conviuen molts enfocaments didàctics diferents per treballar els continguts científics: espais de ciència, ambients, caixes d'aprenentatge, projectes, models tradicionals, etc. Si bé aquesta diversitat pot ser positiva, també planteja interrogants: realment tot el que fem a l'aula és ciència? La fan sobretot els infants, amb la guia indispensable del professorat? Ajuda a construir noves idees clau que puguin competir amb les idees intuïtives que els infants ja tenien? Si alguna resposta és negativa, caldrà revisar l'enfocament didàctic que s'estigui utilitzant.

En el marc del programa de formació de mestres de Petits Talents Científics, es proposa un model de ciència escolar basat en la idea d'*itineraris d'investigació*: recorreguts que parteixen d'un fenomen natural inicial sobre el qual ens interroguem, fins a la seva explicació final. Aquest enfocament s'alinea amb un dels tipus de situacions d'aprenentatge que apareixen al nou currículum, que destaca la investigació científica de fenòmens de l'entorn com a situació d'aprenentatge clau. Es pot trobar més informació sobre els itineraris d'investigació, així com exemples i orientacions didàctiques al blog del projecte Fem Ciència ([mon.uvic.cat/fem-ciencia](http://mon.uvic.cat/fem-ciencia)).

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

El llibre s'estructura en dos apartats. En el primer es justifica la importància de treballar la investigació sobre les plantes a les aules d'educació primària, i s'identifiquen alguns dels principals reptes i dificultats d'aprenentatge que cal afrontar. Al segon apartat es presenten dotze activitats, organitzades en tres problemes d'investigació, relacionades amb activitats que es van desenvolupar i portar a terme al llarg del curs 2022-2023. El primer conjunt d'activitats fa referència a com investigar sobre la nutrició de les plantes; el segon, a com investigar sobre la reproducció i el cicle vital de les plantes; i el tercer a investigar sobre la biodiversitat de plantes de l'entorn proper de l'alumnat.

Cadascun d'aquests tres blocs d'activitats segueix la mateixa estructura. En primer lloc, s'hi introdueix la informació científica necessària perquè el mestre o la mestra guanyi confiança o amplii el seu coneixement sobre els continguts científics que s'hi proposen. A la segona part es descriuen les idees i les formes de raonament més habituals entre els infants quan estan aprenent en aquell àmbit de problemes. A la tercera part s'exposen les idees científiques clau que, segons els autors, cal treballar amb l'alumnat. Finalment, es descriuen detalladament quatre activitats dirigides a infants de cicle mitjà o superior. Cada activitat inclou la relació de materials necessaris per portar-la a terme, la identificació de les idees clau que s'hi treballen i un conjunt d'orientacions que els i les mestres haurien de tenir en compte per portar a terme l'activitat a l'aula i per gestionar les idees i raonaments de l'alumnat durant l'activitat.

# Investigar sobre les plantes

Les plantes estan molt presents en el nostre entorn quotidià, i l'experiència dels infants sobre com tenir cura de les plantes pot arribar a ser força àmplia encara que sigui de manera indirecta. Malgrat aquesta àmplia presència de les plantes a la vida dels infants, els nens i les nenes solen mostrar més curiositat i interès pels animals, fet que fa que coneguin menys la biologia de les plantes. Aquest desconeixement complica l'ensenyament i l'aprenentatge de les idees científiques clau sobre les funcions vitals i el cicle vital de les plantes, i planteja dos grans reptes. D'una banda, alguns dels processos necessaris per entendre certes funcions (la nutrició, per exemple) no es poden observar directament. De l'altra, l'experiència directa amb les plantes, i els éssers vius en general, genera formes de raonament que, encara que útils per explicar la causalitat de certs fenòmens de la vida quotidiana, poden portar a idees alternatives que difereixen del coneixement científic acceptat.

Així, per exemple, els nens i les nenes molt petits tendeixen a pensar que les coses que estan vives tenen moviment. Per això els costa entendre que una planta -que saben que no es desplaça-, o una llavor, també són organismes vius. Més endavant, a l'inici de la primària, aquest criteri clau per determinar si quelcom és o no és un organisme deixa pas a altres criteris més biològics, com ara la realització de les tres funcions vitals: nutrició, reproducció i relació. En aquest punt, però, els nens i les nenes sovint comparen les plantes amb animals o persones per raonar sobre la nutrició, i fan afirmacions com ara: «les plantes s'alimenten per unes boquetes que tenen a les arrels», «les arrels són com la boca de la planta», «l'adob són les seves vitamines».

També és freqüent que usin el raonament teleològic, que fa que interpretin el creixement de les plantes cap

a la llum com un comportament intencional. De la mateixa manera que els depredadors van cap a la presa per alimentar-se, les «plantes busquen la llum per alimentar-se», o expliquen el creixement de les arrels d'acord amb la necessitat d'obtenir aigua o aconseguir aliment: «creixen per anar a buscar l'aigua». Aquestes explicacions de caràcter teleològic, tot i tenir certa utilitat pedagògica, reflecteixen el desconeixement dels mecanismes reals que fan possible aquests tropismes. És a dir, els nens i les nenes saben que les tiges creixen cap amunt i les arrels cap avall, però desconeixen com ho fan, o sigui, quines parts de la planta hi intervien realment i quines accions porten a terme aquestes parts per conformar el mecanisme que permet a les plantes créixer de la manera que ho fan. Per això, quan els nens i les nenes expliquen fenòmens vitals relacionats amb les plantes, és més fàcil que generin explicacions de caràcter teleològic -apel·lant a les funcions o els propòsits-, que no pas de caràcter mecanicista -apel·lant als mecanismes biològics que permeten explicar com es produeix el fenomen.

Segurament, una de les raons que explica per què als nens i nenes els costa més generar explicacions mecanicistes, és el seu desconeixement sobre com és l'interior d'una planta, comparat amb el dels animals o les persones. Això és així perquè els currículums escolars i els llibres de text han tendit a situar com a objectiu d'aprenentatge només la morfologia externa dels vegetals, obuiant la seva anatomia interna, encara que sigui exposada només de manera molt general. Habitualment el coneixement sobre l'anatomia de les plantes que se sol exigir en finalitzar la primària, es limita a distingir els grans elements estructurals que conformen una planta, o sigui, arrels, tija, fulles, flors i fruits, la qual cosa no representa gaire dificultat per als nens i nenes.

Els nens i les nenes identifiquen amb facilitat algunes de les necessitats de les plantes, però sovint no tenen una idea clara de com s'obtenen aquestes substàncies. Així, poden pensar que tot s'obté per les arrels, o que l'aigua s'absorbeix per les fulles. Tal com hem indicat abans, també es constata que desconeixen força els mecanismes físics implicats en l'absorció i transport de l'aigua des de les arrels fins a les fulles, així com en la sortida de l'aigua a través dels estomes de les fulles.

Pel que fa a la reproducció, la recerca mostra que apareixen dificultats per anar més enllà de la simple descripció i poder explicar processos com ara la germinació o la pol·linització, o el pas de la flor al fruit. Per exemple, durant el procés de germinació, els nens i les nenes tendeixen a pensar que la llavor necessita llum i obtenir nutrients de l'exterior per germinar. En relació a la pol·linització, sovint creuen que el pol·len és l'aliment dels insectes sense identificar-ne el rol en la fecundació.

Així doncs, tenint en compte aquestes dificultats i formes de raonament, les investigacions d'aquest bloc haurien de permetre treballar les necessitats reals de les plantes durant tot el seu cicle vital, així com els mecanismes que fan possibles les seves funcions vitals, especialment la nutrició i la reproducció. Més enllà de descriure les parts de la planta, cal que entenguin la relació entre l'estructura de les parts i la seva funció, així com la relació entre les diferents parts i estructures. Tenint això en compte, tot seguit es proposen breus itineraris d'investigació per aprendre, tot investigant, sobre les funcions de nutrició i reproducció de les plantes, així com sobre les plantes que habiten l'entorn més proper a l'escola.

# Quan el problema és comprendre com es nodreixen les plantes

A l'escola, l'estudi de les plantes sovint s'ha centrat a conèixer la seva morfologia externa, fent observacions o exercicis dirigits a identificar les principals estructures de la planta (arrel, tija, fulles, flors i fruits), a descriure les parts de cadascuna d'aquestes estructures (per exemple, les parts de la fulla: pecíol, limbe, etc.), o a classificar fulles, flors, o fruits, segons els seus tipus. Tot i que morfològicament les plantes són menys complexes que els animals, sovint limitem l'estudi a la seva morfologia externa, sense gairebé fer referència a com són les plantes per dins.

Malgrat que aquest tractament és útil per adquirir un coneixement anatòmic o morfològic bàsic de les plantes, creiem que és insuficient, perquè conèixer les parts d'una planta no permet comprendre el seu funcionament ni la seva fisiologia. Si l'objectiu final de l'educació primària és saber com s'ho fan les plantes per viure, aleshores cal un enfocament que tracti conjuntament la seva anatomia i la seva fisiologia. A més, cal situar la comprensió de les funcions vitals de les plantes, especialment la nutrició i la reproducció, com a problemes centrals d'investigació.

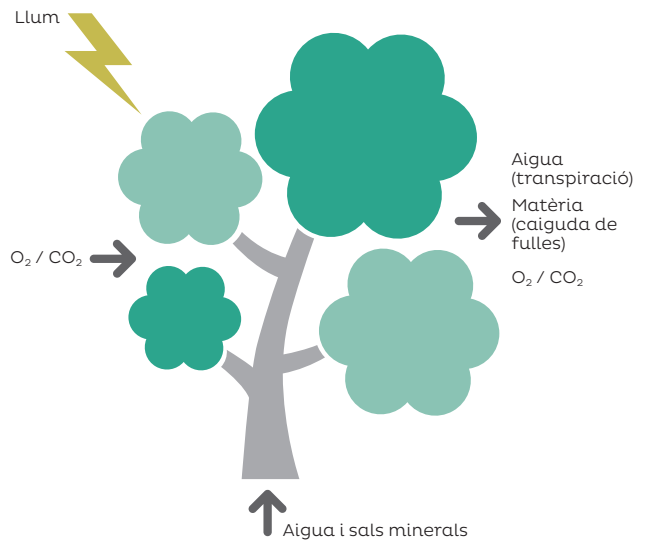
Plantejar-se com es nodreixen les plantes, significa situar-se de ple en la funció de nutrició, ja que és a través d'aquesta funció que qualsevol organisme viu obté els materials i l'energia necessaris per construir totes les estructures que el conformen, créixer i sobreviure.

Com qualsevol altre organisme viu, una planta és un sistema obert que necessita intercanviar matèria i energia de manera contínua amb el seu entorn. Perquè aquest intercanvi sigui possible, les plantes disposen d'una sèrie d'estructures que, funcionant conjuntament, li permeten portar a terme la funció de nutrició. Així doncs, comprendre la funció de nutrició d'una

planta, o de qualsevol altre organisme viu, suposa poder donar resposta a tres grans preguntes: *què necessita del seu entorn per viure i com obté el que necessita (què entra a la planta)? Com transforma les substàncies que necessita (què passa dins la planta)? Quines substàncies generen aquestes transformacions que cal eliminar cap a l'exterior (què surt de la planta)?* (figura 1).

Comprendre la nutrició suposa identificar les substàncies bàsiques que la planta necessita per cobrir les seves necessitats, saber per on entren aquestes substàncies dins de la planta, entendre com i on les utilitza, i conèixer quins residus generen aquests processos, per on s'eliminen i de quina manera.

Figura 1. Esquema simplificat de la funció de nutrició



Els nens i les nenes aprenen fàcilment a reconèixer les grans estructures morfològiques de les plantes, però els resulta molt més difícil construir una explicació detallada dels mecanismes que fan possible l'absorció i el transport de l'aigua des de les arrels cap a tota la planta, la transpiració i l'intercanvi de gasos, etc. Sovint aquests processos es tracten de manera molt general; així molts llibres de text afirmen que «l'aigua és absorbida per les arrels», «l'aigua puja per la tija», o bé «les fulles capten la llum», sense donar cap més detall sobre els mecanismes implicats.

Els elements necessaris per al creixement d'una planta són, bàsicament, oxigen, diòxid de carboni, llum, aigua i sals minerals riques en fòsfor i nitrogen. Les plantes terrestres obtenen les sals minerals del sòl on estan arrelades, resultat de la meteorització de les roques i de l'acció bacteriana sobre la matèria orgànica en descomposició. Conèixer això permet establir vincles entre plantes, roques, sòl, clima i microorganismes descomponedors.

L'aigua entra a l'interior de la planta a través de les arrels, més concretament per la zona pilífera. Això permet plantejar preguntes sobre com estan fetes les parets de les arrels perquè puguin absorbir aigua, i sobre quins mecanismes permeten l'entrada d'aigua. També facilita reflexionar sobre la relació entre les necessitats d'aigua de la planta, el règim de precipitacions, les característiques del sòl i la ubicació de la planta, per exemple si viu en un terreny pla o inclinat.

Un cop dins de la planta, l'aigua és transportada fins a les fulles on s'utilitza en processos de síntesi de noves substàncies, gràcies a la fotosíntesi. Aquest transport ascendent, passiu i contra la gravetat, depèn de la transpiració, és a dir, de la pèrdua d'aigua que es pro-

dueix a través dels estomes, petites obertures situades a la cara inferior de les fulles. Així doncs, la circulació de l'aigua per l'interior de la planta es pot imaginar com un circuit continu que va des de les arrels, per on entra, es distribueix per tota la planta, i surt per les fulles a través del procés de transpiració.

A l'interior de les tiges i troncs, l'aigua circula per tubs molt prims -els vasos conductors- gràcies a la força de cohesió entre les partícules que la formen, que les manté unides com si fossin un cordill. A més a més, el diàmetre petitíssim dels vasos permet que, per capil·laritat, l'aigua s'enfilí per les parets dels vasos conductors gràcies a la gran força d'adhesió entre les partícules d'aigua i les parets dels vasos.

Com hem dit abans, l'aigua es perd per transpiració als estomes de les fulles. Per això la regulació hídrica de la planta depèn principalment de la mida de les fulles -perquè condiciona el seu nombre d'estomes-, i de la presència de determinades estructures a les fulles que tendeixen a dificultar la pèrdua d'aigua, com ara ceres, pèls o fulles retorçades. A més, la regulació hídrica també depèn de les condicions meteorològiques del lloc on viu la planta, sobretot de la humitat ambiental, el vent, la insolació, etc.

Els estomes també permeten l'entrada i sortida dels dos gasos que la planta necessita: l'oxigen (per a la respiració) i el diòxid de carboni (per a la fotosíntesi). Com a resultat de la respiració es produeix diòxid de carboni, i com a resultat de la fotosíntesi s'allibera oxigen; ambdós gasos són eliminats també a través dels estomes.

La llum és captada per pigments específics de les fulles -per exemple, la clorofil·la-, i actua a les fulles o altres teixits verds. La llum proporciona l'energia necessària

per a la fotosíntesi, un procés químic en què l'aigua es combina amb diòxid de carboni per formar sucres (glucosa) i oxigen. Les fulles actuen com a plaques solars i, tant la seva mida com la seva disposició a la planta –la fil·lotaxi– condicionen la capacitat d'absorbir llum de la planta. Investigar sobre la fil·lotaxi ajuda a comprendre les estratègies de les plantes per maximitzar la captació de llum.

Les plantes han d'equilibrar la capacitat d'absorció d'aigua i la seva pèrdua per transpiració a través dels estomes. Això explica que les plantes de llocs molt humits puguin tenir fulles grans, ja que encara que perdin molta aigua, en tenen molta de disponible. En canvi, les plantes de llocs àrids tendeixen a tenir fulles molt petites amb estructures que minimitzen la pèrdua d'aigua (ceres, pèls, etc.), o bé poden prescindir de les fulles, com passa amb els cactus. Viure en un ambient terrestre implica que l'aigua és escassa i molt valuosa. Per això, totes les plantes tenen teixits externs protectors i impermeables (escorça, ceres, etc.), que eviten la pèrdua d'aigua, que només es produeix a través dels estomes.

### **Idees dels nens i les nenes sobre la nutrició de les plantes**

Els estudis sobre les idees dels nens i les nenes en relació a les plantes com a éssers vius mostren que els més petits no solen identificar les plantes com a éssers vius ja que associen estar viu amb el moviment. Com que les plantes no semblen moure's, els infants poden pensar que no estan viues com els animals. Amb el temps, aquest criteri del moviment es transforma i el infants adopten una visió més vitalista, en la qual la capacitat de nodrir-se, obtenir energia i créixer és el que caracteritza els éssers vius i els distingeix de tot allò que no

està viu (Shtulman, 2017). Per això és tan important que a l'educació primària es comenci a investigar una mica a fons la funció de nutrició de les plantes, perquè el coneixement generat en els infants amb aquesta investigació ajudarà a consolidar la percepció de les plantes com a éssers vius i ampliarà la concepció inicial dels infants sobre què és i què no és un ésser viu, tot aprenent que hi ha maneres diferents d'estar viu.

Comprendre el procés de nutrició de les plantes no és fàcil per a l'alumnat de primària, però tampoc ho va ser per als científics i científiques. Fins a la fi del s. XVIII no es van començar a intuir els processos implicats i les substàncies que empren les plantes per nodrir-se. Jan Van Helmont va observar que la massa del sòl on vivia una planta canviava molt poc, mentre que la massa de la planta augmentava amb el temps. Això el va portar a suposar que la massa de la planta depenia de l'aigua, l'única substància que Van Helmont havia afegit al sòl en el seu experiment. Malgrat que la hipòtesi només és parcialment correcta, li va permetre concloure que la planta no s'alimentava del sòl.

La idea que les plantes s'alimenten d'aigua o de sòl és molt freqüent entre els nens i les nenes de 6 a 12 anys, especialment entre els més petits perquè, com molts científics en el seu moment, no consideren que altres elements, com per exemple el diòxid de carboni de l'aire, hi puguin tenir res a veure.

Més endavant, John Priestley va descobrir que quan aïllava un volum d'aire a sota una campana i hi encenia una espelma, aquesta s'apagava de seguida. Quan hi afegia un ratolí, l'espelma també s'apagava i el ratolí es moria, però si hi posava una planta, el ratolí no es moria. D'aquest experiment va deduir que la planta produïa oxigen. Investigacions científiques posteriors

van mostrar que la presència o absència de llum també influïa en la supervivència del ratolí dins de la campana. Això va fer pensar que la llum també participava d'alguna manera en la nutrició de les plantes. Així, els científics i científiques van anar descobrint de mica en mica les necessitats de les plantes, però els mecanismes físics i químics que els permeten viure no es van comprendre fins molt més endavant.

Per tot plegat, no sorprèn que els infants -i molts adults-, tinguin dificultats per comprendre un procés que no es pot percebre directament i que és molt diferent al de la nutrició dels humans o d'altres animals. De fet, és l'analogia amb els humans o els animals la principal estratègia que usen els més petits per explicar-se la nutrició de les plantes (Cañal, 2005). Això explica afirmacions com ara «s'alimenten de terra, perquè tenen com unes boquetes a les arrels», o bé «les plantes mengen per les arrels». Tot i que científicament són errònies, aquestes afirmacions representen un punt de partida per treballar amb l'alumnat, i no pas un error que cal corregir immediatament.

En relació amb les necessitats de les plantes, la majoria de nens i nenes identifiquen fàcilment la llum i l'aigua, perquè gràcies a la seva experiència quotidiana saben que cal posar les plantes on els arribi la llum, i regar-les de tant en tant. En canvi, els resulta més difícil comprendre la necessitat dels gasos per a la nutrició.

La recerca en didàctica de les ciències també mostra que els mecanismes implicats en la nutrició -absorció i transport de l'aigua, transpiració, captació de llum i intercanvi de gasos-, són molt desconeguts pels infants (Cañal, 2005). Això indica que cal centrar-se en la comprensió d'aquests fenòmens, i no només en aspectes purament anatòmics o morfològics.

L'objectiu que els i les mestres hem de perseguir quan plantejem a l'aula la nutrició de les plantes és ajudar a transformar progressivament el model inicial de nutrició dels infants, i apropar-lo a un model més complex i científic. És a dir, fer que l'alumnat passi de l'analogia amb la nutrició animal a identificar clarament tot allò que les plantes necessiten per viure, i saber explicar alguns dels principals mecanismes que la planta utilitza per realitzar la funció de nutrició.

Tot i que la fotosíntesi és el mecanisme clau de la nutrició de les plantes, en aquesta proposta hem considerat que es pot introduir més fàcilment si els nens i les nenes han treballat prèviament el model de partícules (Amat, Martí i Grau, 2016). Si coneixen aquest model, es poden simular les substàncies implicades en la nutrició d'una planta amb peces de Lego de diferents colors, o bé amb boletes de plastilina de diferents colors, simulant la reacció que succeeix a les fulles i que produeix glucosa, com a nou producte resultant de la combinació de partícules d'aigua i  $\text{CO}_2$ . En cas contrari, cal explicar la reacció de manera molt general i deixar els detalls com una *black box* (caixa negra), és a dir, com una part del mecanisme biològic que encara no podem explicar amb el coneixement disponible (Haskel-Ittah, 2023).

### **Idees que cal treballar sobre la nutrició de les plantes**

En la investigació sobre la nutrició de les plantes que es planteja en el conjunt d'activitats del breu itinerari d'investigació que es presenta a continuació, es pretén ajudar els nens i les nenes a construir les següents idees clau:

**Idea 1.** Les plantes per viure necessiten aigua, sals minerals, llum, oxigen i  $\text{CO}_2$ .

**Idea 2.** L'aigua entra per les arrels, es transporta a través dels vasos conductors, i surt de la planta gràcies a la transpiració.

**Idea 3.** Les plantes capten la llum a través de les fulles. Per això la disposició de les fulles a la planta (fil·lotaxi)

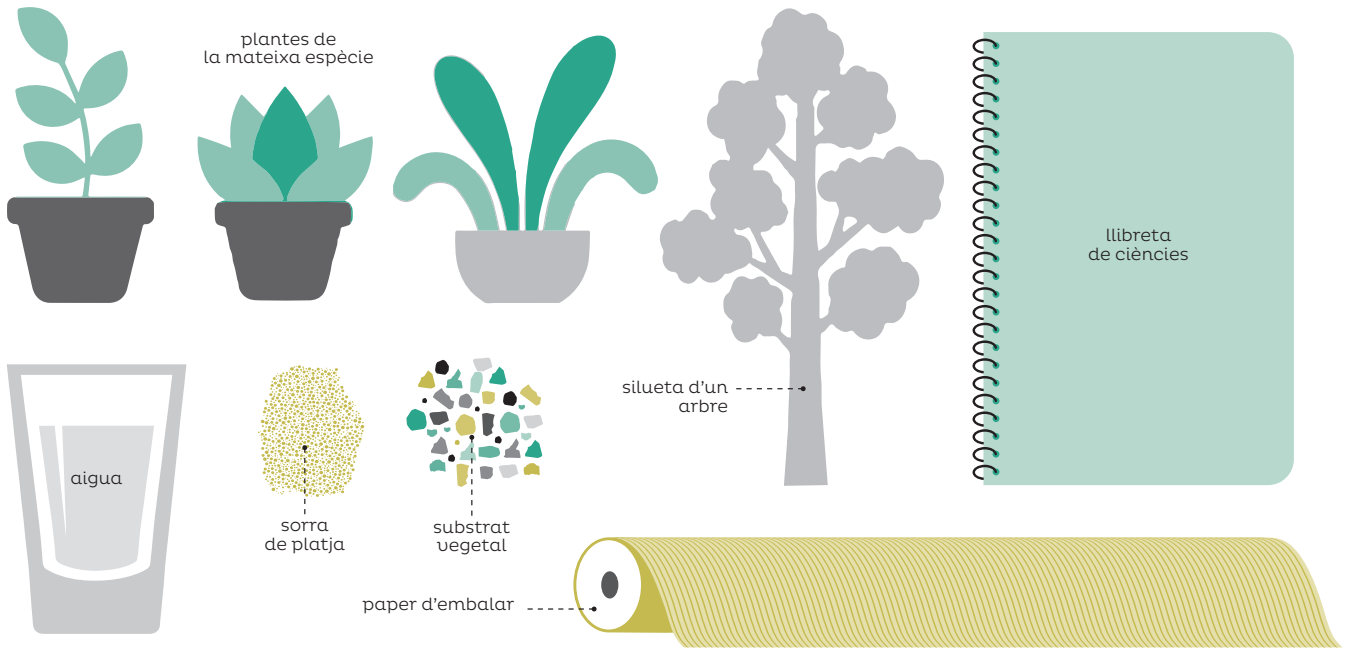
és molt important per a una captació adequada de la llum disponible.

**Idea 4.** Les diverses parts de la planta estan fetes de manera que s'hi puguin portar a terme els diferents processos implicats en la nutrició.

	<b>Activitat 1.</b> Explorem quines són les necessitats de les plantes per viure	<b>Activitat 2.</b> El circuit de l'aigua per la planta	<b>Activitat 3.</b> La captació de la llum	<b>Activitat 4.</b> Construïm la maqueta d'una planta
<b>Idea 1.</b> Les plantes per viure necessiten aigua, sals minerals, llum, oxigen i CO2.				
<b>Idea 2.</b> L'aigua entra per les arrels, es transporta a través dels vasos conductors, i surt de la planta gràcies a la transpiració.				
<b>Idea 3.</b> Les plantes capten la llum a través de les fulles. Per això la disposició de les fulles a la planta (fil·lotaxi) és molt important per a una captació adequada de la llum disponible.				
<b>Idea 4.</b> Les diverses parts de la planta estan fetes de manera que s'hi puguin portar a terme els diferents processos implicats en la nutrició.				

## Activitat 1

# EXPLOREM QUINES SÓN LES NECESSITATS DE LES PLANTES PER VIURE



### Material per a un grup de quatre persones

Diverses plantes de la mateixa espècie (veure text), paper d'embalar, silueta gran d'un arbre, sorra de platja, substrat vegetal, aigua, folis o llibreta de ciències.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** Les plantes per viure necessiten aigua, sals minerals, llum, oxigen i  $\text{CO}_2$ .

## Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Aquesta activitat permetrà explorar les idees dels nens i les nenes sobre les necessitats de la planta i els mecanismes implicats en la nutrició, i permetrà verificar a través del disseny experimental amb control de variables (DECV) que la planta per nodrir-se necessita aigua i llum solar.

Donarem una planta a cada grup i demanarem que l'observin atentament. A continuació cada infant rebrà una silueta gran d'un arbre i haurà d'identificar individualment les parts que sap que té una planta i afegir al dibuix com imagina que és la planta per dins. Seguidament, compararà els seus dibuixos amb els dels seus companys usant l'estratègia cooperativa 1-2-4, és a dir, primer en parelles i després amb tot el grup. Demanarem als infants que, com a resultat final, han de fer un únic dibuix que després compartiran amb tot el grup classe. Encara que facin un únic dibuix, no cal que tots els membres del grup estiguin d'acord en tots els detalls del dibuix; les possibles discrepàncies es podran comentar durant la conversa grupal.

Un cop finalitzada aquesta tasca, formularem una primera pregunta: *què creieu que necessiten les plantes per alimentar-se i viure?* Utilitzant la mateixa dinàmica que abans, demanarem als nens i nenes que responguin individualment aquesta pregunta, després la compartiran en parelles, i finalment amb tots els membres del grup. Recordarem que no cal arribar a un consens complet i que és important tenir en compte els desacords per comentar-los en la conversa final amb tot el grup classe.

Finalment els farem una segona pregunta: *com creieu que les plantes utilitzen tot això que necessiten?* Aplica-

rem la mateixa dinàmica 1-2-4 que abans. Si algun infant no entén prou bé la pregunta, caldrà clarificar-la amb preguntes guiades com ara: *potser heu pensat que necessiten aigua, aleshores aquí cal pensar per on entra aquesta aigua i què se'n fa un cop és a dins la planta?, potser heu pensat que necessiten llum, aleshores cal que penseu com ho fan les plantes per aprofitar la llum?*, etc.

Un cop finalitzades les tasques anteriors, iniciarem una conversa a l'aula on cada grup compartirà les seves idees. L'objectiu d'aquesta conversa és comparar les respostes que els diferents grups han donat a les diferents tasques. Anirem molt ràpid a l'hora de consensuar les parts externes de la planta (arrel, tija, fulles, etc.), ja que és un coneixement que els nens i les nenes ja solen tenir. En canvi ens centrarem més a comparar les aportacions dels infants sobre la morfologia interna, les necessitats vitals i els mecanismes implicats en la nutrició.

L'objectiu final de la conversa serà elaborar un dibuix, que pot fer la mestra en una silueta gran d'una planta prèviament preparada en un mural de paper, a partir de totes les aportacions de tot l'alumnat. En aquest moment no avaluarem cap idea, i les recollirem i clarificarem si tenim la sensació que són poc comprensibles per als companys i companyes amb expressions com ara: *així el que voleu dir vosaltres és que...?, podries tornar-ho a explicar d'una altra manera?*, etc. Durant la conversa ajudarem als nens i nenes a establir relacions entre necessitats, morfologia i mecanismes, amb preguntes com ara: *i com penseu que circula l'aigua a dins la planta?, com creieu que pot ser que l'aigua entri per les arrels?*, etc.

Finalitzarem aquesta primera part de l'activitat resumint les aportacions que s'hagin fet i que quedaran re-

<b>Taula de planificació d'un Disseny Experimental amb Control de Variables</b>		
<b>Pregunta:</b> Afecta la quantitat d'aigua al creixement de les plantes?		
<b>Què canviarem?</b> (variable independent)	<b>Què observem o mesurem?</b> (variable dependent)	<b>Què no podem modificar?</b> (variables de control)
La quantitat d'aigua	El creixement de la planta	El tipus de planta La terra on la plantem La quantitat de llum solar que rep
<b>Com ho farem?</b>	<b>Com ho farem?</b>	<b>Com ho farem?</b>
Modificarem la quantitat d'aigua amb la qual reguem cada planta: una la regarem un cop al dia, una la regarem un cop cada tres dies i una tercera no la regarem mai.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurarem l'alçada de la planta des d'on la tija surt de la terra fins a la part més alta de la planta.</li> <li>- Descriurem l'aspecte general de la planta i ens fixarem especialment en el color i l'aspecte de les fulles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Farem servir sempre el mateix tipus de planta.</li> <li>- Plantarem cada planta en un test d'iguals dimensions.</li> <li>- Posarem les dues plantes en substrat vegetal.</li> <li>- Collocarem les plantes a un lloc on rebin la mateixa quantitat de llum solar.</li> </ul>

Figura 2. Exemple de taula de planificació d'un dels DECV.

gistrades al dibuix del mural conjunt. Remarcarem tres aspectes: la llista de necessitats de la planta, la morfologia interna i els mecanismes implicats en la nutrició. Probablement, al final d'aquesta conversa apareixerà una resposta similar a: «per viure, les plantes necessiten aigua, llum solar i aliments de terra, perquè agafen l'aigua i els aliments del terra amb les arrels i després van cap a tot arreu de la planta per uns tubs que té la planta per dins. La llum l'agafen amb les fulles». També s'identificaran aspectes desconeguts o incerts que seran objecte d'investigació posterior com, per exemple, algunes de les necessitats de la planta: *la planta necessita oxigen o algun altre gas, com nosaltres?*; o els mecanismes pels quals la planta usa les coses que necessita: *com ho fa l'aigua per entrar a la planta? com ho fa l'aigua per anar de les arrels a les fulles?*, etc.

La segona part de l'activitat permetrà verificar si els elements que han identificat com a necessaris per a la nutrició de les plantes (o almenys els més rellevants) ho són realment. Ens centrarem en l'aigua, la llum i els nutrients del sòl, ja que són els més fàcils de comprovar experimentalment. Per verificar si és cert que les plantes tenen aquestes necessitats, duem a terme de forma simultània el disseny i la posada en pràctica de tres DECV, cadascun per estudiar una necessitat diferent.

Recordarem que un DECV ens permet obtenir evidències sobre una possible relació entre dues variables.

Per al disseny dels DECV primer ens cal definir una pregunta investigable, l'estructura general de la qual mostrarem als infants: (*afecta [variable independent] a [variable dependent]?*). Encoratjarem l'alumnat a formular preguntes tenint en compte que les variables independents (les que canviem en l'experiment) seran la disponibilitat d'aigua, la presència de llum i el tipus de sòl. Les tres preguntes esperades hauran de ser similars a les següents: *afecta la disponibilitat d'aigua al creixement de les plantes?*, *afecta la presència de llum al creixement de les plantes?*, *afecta el tipus de sòl al creixement de les plantes?*

Un cop definides les preguntes, repartirem una taula de planificació per a cada grup (figura 2) i una pregunta de recerca per a grup. Si cal, alguna pregunta es podrà repetir segons el nombre de grups. Com que la recollida de dades pot durar diversos dies, caldrà organitzar els grups per fer-ho de manera rotatòria i cooperativa.

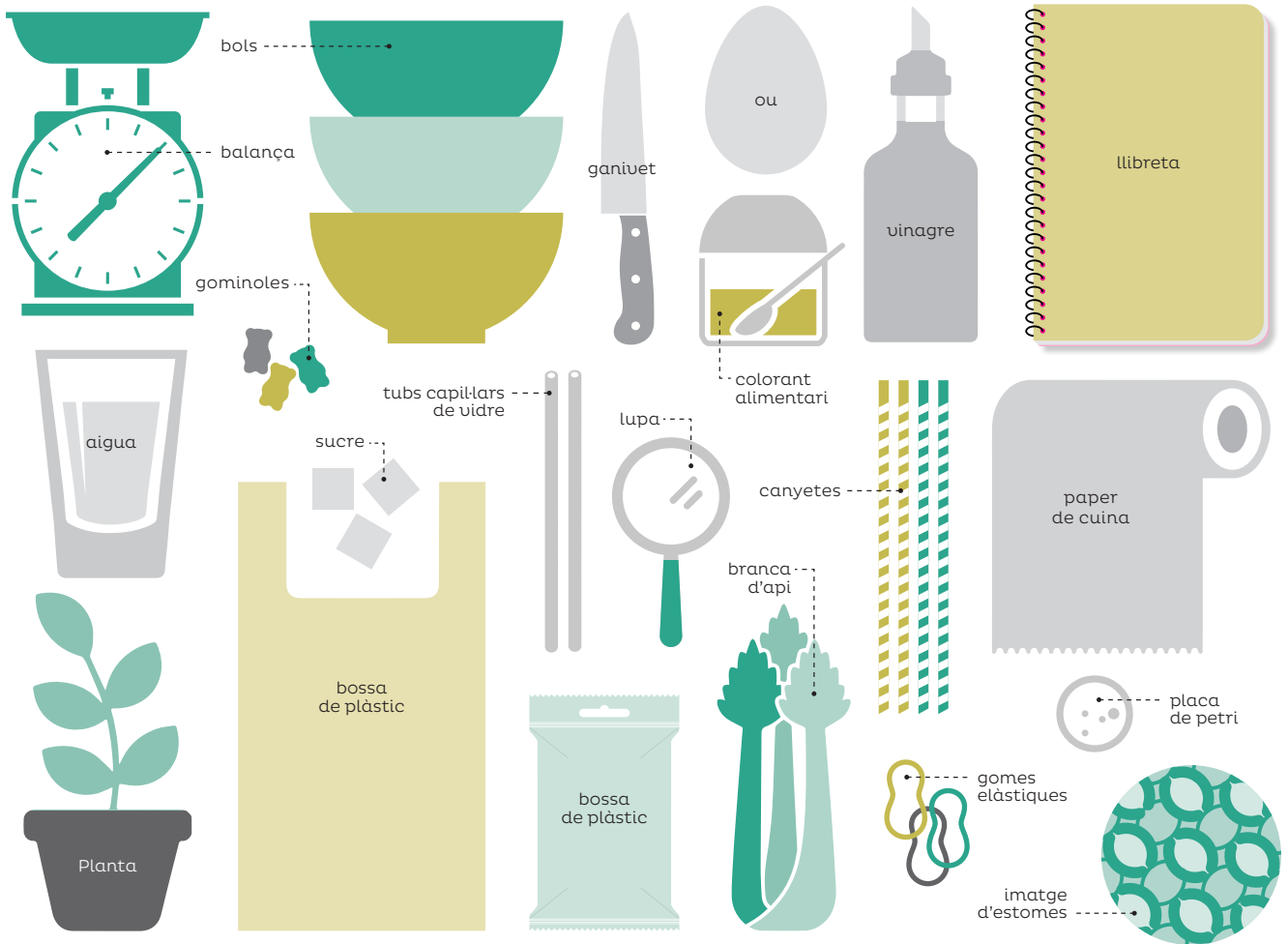
A la figura 2 mostrem un exemple de taula de planificació de DECV que dona resposta a la pregunta: *afecta la quantitat d'aigua al creixement de les plantes?* Per a les

altres preguntes, només caldrà modificar les columnes de la variable independent i les de control, insistint que, per a tots tres experiments, caldrà mantenir sempre la mateixa variable dependent. Per a investigar sobre el tipus de sòl, podem comparar una planta cultivada amb substrat vegetal de jardineria, ric en nutrients, amb una altra plantada en sorra de platja, gairebé sense nutrients. Per a la llum, podem col·locar una planta al Sol i l'altra, a dins d'un armari.

Per fer l'experiment, podem fer servir plantes de floristeria o bé plantes que hàgim prèviament germinat i que ja estiguin força crescudes i desenvolupades. Caldrà calcular el nombre de plantes segons el nombre d'experiments que portem a terme. Abans de portar a terme els experiments, demanarem als diferents grups que proposin taules per recollir les dades que vagin generant i validarem les propostes que hagin aparegut. Un cop recollides totes les dades, les compartirem amb tota la classe i dedicarem un temps a analitzar-les per identificar els patrons o tendències que s'observen. A partir d'aquesta anàlisi, arribarem, finalment, a una conclusió empírica que doni resposta a cadascuna de les tres preguntes plantejades. Les conclusions seran que les plantes necessiten aigua, llum i un cert tipus de sòl amb nutrients.

## Activitat 2

# EL CIRCUIT DE L'AIGUA PER LA PLANTA



## Material per a un grup de quatre persones

Folis o llibreta de ciències, balança, ossets de gomino-la (sense sucre extern), aigua destil·lada, 3 bols, un ou, vinagre, lupa de mà o binocular, una branca d'api, aigua, colorant alimentari, un ganivet, plaques de petri, 2 gots, terrossos de sucre, paper de cuina absorbent, canyetes, tubs capil·lars de vidre, una planta plantada en un test amb terra, una bossa de plàstic transparent de la mida de la planta, bosses de plàstic petites, cordill o gomes elàstiques i imatges d'estomes.

## Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 2.** L'aigua entra per les arrels, es transporta a través dels vasos conductors, i surt de la planta gràcies a la transpiració.

**Idea 4.** Les diverses parts de la planta estan fetes de manera que s'hi puguin portar a terme els diferents processos implicats en la nutrició.

## Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Començarem l'activitat encetant una conversa a l'aula per recordar les idees de tot el que hem descobert fins ara. Explicarem que ara sabem que les plantes, per alimentar-se i créixer, necessiten aigua, llum solar, nutrients del sòl i gasos de l'aire. També recordarem que hi havia algunes aspectes de la vida de les plantes sobre els quals no estàvem segurs i calia investigar més. Un d'aquests problemes és: *com ho fa l'aigua per entrar a la planta i circular pel seu interior?* Explicarem que, per donar resposta a aquesta pregunta, en aquesta activitat ens centrarem a investigar com l'aigua entra dins una planta a través de les arrels, com arriba a les fulles, i com surt de la planta.

Recuperarem les idees que els infants van donar a l'activitat inicial sobre com utilitzen les plantes allò que necessiten. Per exemple, parlant de l'aigua, els nens i les nenes podrien haver dit que: «*[les plantes] agafen l'aigua i els aliments del terra amb les arrels i després van cap a tot arreu de la planta*». Si la seva resposta i va ser aquesta o similar, vol dir que són conscients de per on entra l'aigua i de què fa l'aigua dins de la planta, però que desconeixen els mecanismes específics que permeten l'entrada, el transport i posterior sortida de l'aigua.

Per això els plantejarem que, si volem saber una mica més sobre el moviment de l'aigua a la planta, hi ha tres problemes que caldrà investigar més a fons i que es poden concretar en les tres preguntes següents: a) *com entra l'aigua a la planta?*; b) *com puja l'aigua des de les arrels fins a les fulles?*; i c) *l'aigua es queda dins la planta o surt per algun lloc?* Abordarem un a un aquests tres problemes. Remarcarem que l'objectiu és entendre els mecanismes que permeten aquestes processos: entrada, circulació i sortida de l'aigua.

## Problema 1: Com entra l'aigua a les plantes?

Els experiments que es presenten a continuació ens permetran investigar l'osmosi, un dels mecanismes d'entrada d'aigua a la planta a través de la zona pil·lfera, la part de l'arrel on es troben els pèls absorbents a totes les plantes terrestres.

L'osmosi és un fenomen físic pel qual sempre que hi hagi una membrana semipermeable –és a dir, una membrana que deixa passar el dissolvent (l'aigua), però no els soluts (les substàncies dissoltes)–, que separa dos compartiments amb dues dissolucions de diferent concentració, es produirà un moviment espontani de l'aigua de

la banda menys concentrada a la banda més concentrada fins que ambdues dissolucions s'equilibrin.

Per tant, l'osmosi és un mecanisme que no requereix cap força de succió ni cap mena de bomba per mobilitzar l'aigua, i és un fenomen que segurament no forma part del coneixement ni de l'experiència prèvia de l'alumnat. Per això, introduir-lo ens permetrà posar sobre la taula un possible mecanisme que funciona només gràcies a la diferència de concentracions entre dos medis aquosos. Això és el que passa a les arrels de les plantes: dins de cada cèl·lula hi ha una dissolució molt concentrada, mentre que als espais lliure del sòl i, per tant, a l'exterior de les cèl·lules, la dissolució és molt menys concentrada.

Proposarem dues experiències per simular l'osmosi. A la primera demanarem als infants que copien a la seva llibreta de ciències la taula de dades que mostrem a la figura 3.

Un cop tinguin la taula copiada, indicarem que agafin un osset de gominola, el pesin i anotin el seu pes inicial. A continuació, demanarem que el col·loquin dins un bol amb aigua destil·lada. Passats 30 minuts hauran

de treure l'osset, pesar-lo, descriure'n l'aspecte i anotar-ho a la taula. Demanarem que el retornin al bol i repetirem aquest procés al cap de 60, i de 90 minuts. El que podran observar és que, amb el temps, l'osset augmenta de mida i de pes.

Un cop recollides les dades i observat el canvi, demanarem als nens i nenes que intentin explicar com és possible que l'osset ara pesi més que al principi. L'única explicació possible és que l'aigua hagi penetrat dins l'osset. A partir d'aquí els ajudarem a establir un paral·lisme amb les arrels de les plantes: a l'exterior de l'arrel, al sòl, hi ha aigua amb poques substàncies dissoltes, i aquesta pot entrar dins les arrels travessant les seves membranes. Farem un dibuix a la pissarra per crear una imatge visual d'aquest procés i formularem una suposició com ara: *si les parets de les arrels són com les de l'osset de gominola, aleshores l'aigua hi pot entrar sola.*

Aquest mateix fenomen d'osmosi es pot observar, en una segona experiència, amb un ou. En aquest cas caldrà que, uns dies abans de la recollida de dades, cada grup posi un ou de gallina en un bol amb vinagre fins que la closca desaparegui completament. Al final del procés, l'ou quedarà sense closca, però recobert per

Pes inicial (g):		
Temps	Pes (g)	Quin aspecte té l'osset?
30'		
60'		
90'		

Figura 3. Taula de recollida de dades per a l'experiment de l'osset de gominola.

una membrana semipermeable, similar a les membranes de les cèl·lules de la zona pilífera de l'arrel. El dia que tinguem previst recollir les dades, demanarem als nens i nenes que copiïn una taula de dades a la seva llibreta de ciències com la de la figura 3, substituint *osset* per *ou*.

Iniciarem l'observació demanant als nens i les nenes que pesin l'ou i anotin a la taula aquesta mesura amb una descripció del seu aspecte. Després col·locaran l'ou dins d'un bol ple d'aigua destil·lada. Passats 30, 60 i 90 minuts, tornaran a mesurar-lo i anotar-ne les observacions, podent afegir-hi altres moments de mesura si es vol. Com amb l'osset de gominola, passat un temps l'ou augmentarà de pes, indicant que l'aigua hi ha entrat. A partir de l'anàlisi de les dades, formularem una suposició, fent de nou un paral·lisme entre el que acabem d'observar i el que pot ser que passi a les arrels de la planta: *si les parets de les arrels són com les de l'ou, aleshores l'aigua hi pot entrar sola*.

Per completar aquesta part de l'activitat, es poden observar arrels amb lupa de mà o binocular, preferiblement les primeres que es formen quan la planta ha germinat. També es poden consultar esquemes de l'estructura de les arrels a llibres de text o vídeos de YouTube. Cal remarcar que l'arrel és impermeable, excepte a la zona pilífera, per on entra l'aigua i que a l'extrem de cada arrel hi ha la caliptra, un teixit engruixit que protegeix els teixits subjacents responsables del creixement en longitud de l'arrel.

## **Problema 2: Com puja l'aigua des de les arrels fins a les fulles?**

Ara que ja coneixem un mecanisme que fa que l'aigua del sòl entri sense succió a l'interior de la planta, ens

plantejem un nou problema: *com s'ho fa l'aigua per pujar des de les arrels fins a les fulles?*

Per investigar-ho, explorarem un fenomen físic anomenat capil·laritat, implicat en l'ascensió de l'aigua a través dels vasos conductors de l'interior de la tija. Abans de començar, recuperarem els models dels infants sobre l'interior de la planta. Molts imaginin tubs que actuen com a vasos conductors, idea correcta, però és probable que no coneguin el mecanisme que fa pujar l'aigua cap a les fulles, o pensin que *les fulles xuclen* o que hi ha *com una bomba, com un cor, que bombeja l'aigua i la fa pujar*. Comentarem que les observacions que farem a continuació ens ajudaran a entendre possibles mecanismes de circulació de l'aigua per l'interior de la planta.

En primer lloc, demanarem als infants que omplin un got amb aigua, que hi afegeixin unes gotes de colorant alimentari i barregin bé. Després col·locaran una branca d'api de 10-20 cm de llarg amb l'extrem final tallat dins del got, i deixaran aquest muntatge en un lloc protegit de la classe, durant uns dies. Cada dia faran observacions i les anotaran a la seva llibreta de ciències.

Passats uns dies, compararem les observacions que hagin fet els diferents grups. En principi, allò que es pot observar és que les fulles o les parts altes de la tija de l'api hauran adquirit el color del colorant. Tallaran amb cura transversalment la tija de l'api per diversos llocs per veure si hi ha puntets de colors a la tija, i si la intensitat d'aquests puntets és la mateixa al llarg de tota la longitud de la tija.

Un cop fetes totes aquestes observacions els demanarem: *com és que les fulles i la part alta de la tija ara són de color? on observeu els colors, exactament?, etc.* Això els ajudarà a veure que l'aigua i el colorant que hi

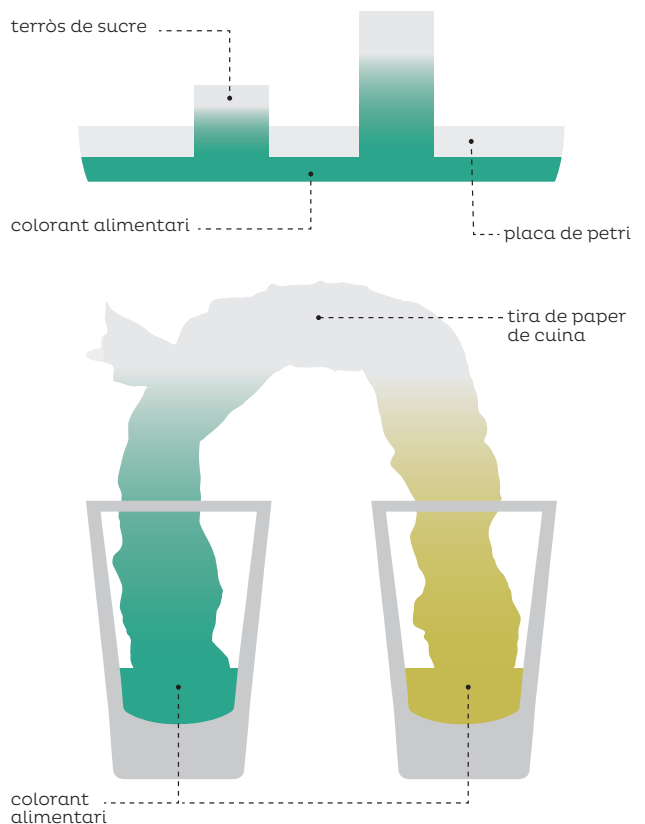
havia dissolt han estat capaços de pujar per la tija de l'api sense cap bomba o fenomen de succió. També els farem adonar que, en tallar la tija de l'api, només hem observat uns puntets de colors i no pas tota la superfície tallada. A partir d'aquí podem preguntar-los: *com és que observem aquests puntets de colors al llarg de la tija de l'api?* Deixarem que els infants facin les seves aportacions i els ajudarem a relacionar aquesta observació amb el fet que, a l'interior de la tija de l'api, probablement hi ha uns tubs molt prims que són els que queden tenyits, envoltants d'altres teixits que no són tubs. Relacionarem aquest fet amb els dibuixos que havien fet a l'inici, sobretot si havien representat tubs a l'interior del tronc o tija. En cas que no n'haguessin dibuixat, aprofitarem l'observació per indicar que potser cal modificar el dibuix i afegir-hi tubs prims a dins que connectin les arrels amb a les fulles.

Tot i haver comprovat que l'aigua puja, encara no sabem com. Per tant, tornarem a la pregunta causal inicial: *com és que l'aigua ha pujat?* La ciència explica que un dels mecanismes físics que la planta utilitza per fer pujar l'aigua és la capil·laritat. Per explorar-ho, proposarem als infants una nova observació.

Demandarem als nens i nenes que col·loquin en una placa de petri gran (o en un plat fons) una base d'aigua tenyida amb colorant alimentari d'uns 5 mm d'altura. A continuació hi afegiran un terròs de sucre per observar què passa amb l'aigua (figura 4). Repetirem el procediment tantes vegades com terròsos de sucre tinguem. Si volem, podem apilar els terròsos de sucre i fer una nova observació. Seguidament, hauran d'agafar dos gots i omplir-los amb tres dits d'aigua amb colorant alimentari dissolt, cada got d'un color diferent. També agafaran una tira llarga de paper de cuina per doblegar-la i cargolar-la per fer-la més gruixuda i resistent, i en po-

saran un extrem dins de cada vas (figura 4, dreta). Un cop fet el muntatge hauran d'observar què passa, anotant-ho i dibuixant-ho a les seves llibretes de ciències.

Figura 4. Muntatges per observar la capil·laritat



Un cop fetes les observacions i anotades a la llibreta de ciències, les compartirem amb tot el grup classe. Constatarem que, tant amb el sucre com amb el paper absorbent, l'aigua és capaç de pujar fins a una certa alçada. Això ens permetrà consensuar una conclusió empírica similar a la següent: *«quan hem posat el sucre i el paper de cuina a l'aigua tenyida hem observat que l'aigua amb colorant va pujant quan toca el sucre o el paper de cuina, fins que a una certa alçada s'atura»*.

Feta aquesta conclusió demanarem als nens i nenes que observin amb una lupa de mà o amb una lupa binocular, l'estructura del terròs de sucre i del paper. També es poden buscar imatges o esquemes a internet. La idea és que s'adonin que tant el terròs de sucre com el paper absorbent estan fets de tal manera que no són masses compactes, sinó que presenten esclatxes molt i molt primes que els recorren d'un extrem a l'altre, encara que no sigui en línia recta. Aquestes esclatxes actuen com a tubs molt prims, encara que no ho siguin realment.

Fins aquí hem constatat un fet –l'aigua puja–, i hem establert una condició perquè l'aigua pugui pujar (que hi hagi tubs molt prims). Amb això podem fer el paral·lelisme amb el que passa al tronc o a les tiges d'una planta, on hi ha tubs molt més prims que els del terròs de sucre o el paper absorbent, cosa que permet que l'aigua s'enfili molt més amunt. Explicarem als infants que l'aigua puja gràcies a la capil·laritat, un fenomen que es produeix per la gran capacitat que té l'aigua per adherir-se a les superfícies i pujar amunt per tubs molt i molt prims, i també puja per la força de cohesió de les seves partícules, que fa que es comportin com un cordill. Això ho podem entendre millor observant, o recordant, que quan aboquem aigua des d'un recipient o veiem aigua sortir d'una font, aquesta forma un rajolí que cau com si fos una corda o un fil.

Per constatar que aquest fenomen no es produeix en tubs més amples, proposarem fer una nova observació. Recobrirem la placa de Petri amb aigua tenyida i, a sobre, hi col·locarem, ben verticalment, una canyeta de beure transparent. Observarem que l'aigua gairebé no puja per la canyeta. En canvi, si hi col·loquem un tub de vidre capil·lar o un tub de plàstic molt prim –com ara els *scooby doo* per fer polseres–, l'aigua sí que puja fins a una certa alçada. Arribats aquí, abordarem el darrer dels tres problemes plantejats a l'inici.

### **Problema 3. L'aigua es queda dins la planta o surt per algun lloc?**

Recordarem que ara ja sabem com les arrels de les plantes deixen entrar l'aigua, i com les tiges la fan pujar. Però perquè pugui entrar aigua nova dins la planta, l'aigua que ja hi és ha de poder sortir-ne. La ciència ens mostra que ho fa en forma de vapor pels estomes de les fulles, a través d'un procés anomenat evapotranspiració, o simplement transpiració. Podem comprovar aquest fenomen amb l'observació següent.

Sense explicar què és la transpiració, demanarem als nens i nenes que emboliquin una planta amb una bossa de plàstic transparent. Lligarem la bossa amb un cordill a la part baixa de la tija per tal que no entri ni surti aire. Si no volem lligar tota la planta, també podem seleccionar algunes fulles i cobrir-les amb una bossa de plàstic petita, deixant-les ben tancades dins la bossa.

Seguidament, els direm que reguin la planta i, al cap d'unes hores, demanarem si poden observar alguna cosa a les bosses de plàstic. Segurament apareixeran gotetes d'aigua a les bosses de plàstic. Deixarem un temps perquè pensin com s'han format aquestes gotetes d'aigua i d'on provenen, i encetarem una conver-

sa acollint les seves hipòtesis. Conduïrem la conversa preguntant: *com creieu que s'han format aquestes gotes? amb quina situació us fa pensar?* [per exemple, en el baf que entela el mirall d'un bany], *d'on venen les gotes que entelen el mirall del bany quan us dutxeu?* [del vapor d'aigua que es condensa al mirall]; *pot ser que dins la bossa de plàstic hi hagi vapor d'aigua que vingui de la planta?* [es pot fer el símil amb el baf que exhalem cap a l'exterior, que també es condensa en una superfície freda, per exemple a dins d'un cotxe], etc. Si ens ajudem de dibuixos esquemàtics a la pissarra, els infants entendran millor el fenomen.

Ens preguntarem per on pot haver sortit l'aigua, i els mostrarem imatges obtingudes amb microscopis de molts augments dels estomes que hi ha a la part inferior de les fulles i que poden obrir-se i tancar-se. Explicarem que aquestes estructures no es veuen a simple vista i que és per aquí per on l'aigua surt a l'exterior en forma de vapor. Explicarem que també és pels estomes per on entren i surten els gasos que la planta necessita per viure. Subratllarem que, perquè pugui entrar-hi aigua, n'ha de sortir, de manera que ens podem imaginar que la planta té un circuit d'aigua intern que comença a les arrels, puja per les tiges i surt per les fulles. Explicarem que aquest circuit no es pot interrompre, i per això, poc o molt, la planta sempre ha de transpirar, ja que la transpiració és com el motor que fa pujar i distribuir l'aigua per la planta.

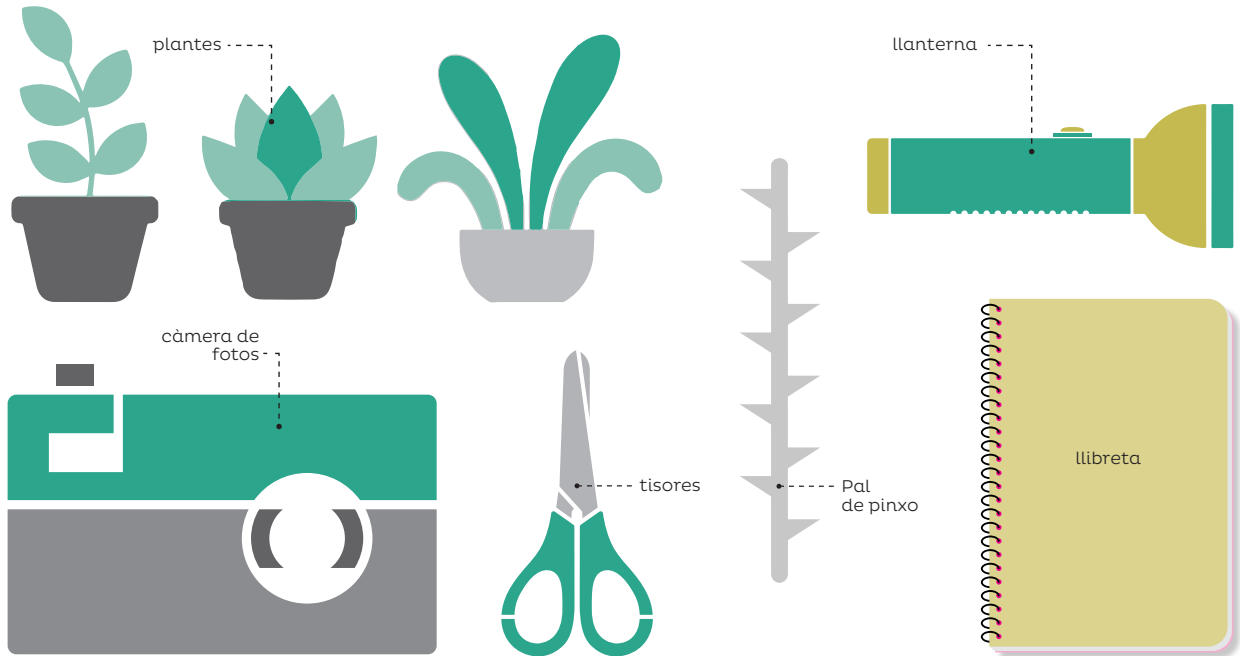
Podem aprofitar per comentar que als boscos, sobretot a les selves tropicals, hi ha molta humitat ambiental i que és deguda a la gran quantitat de vapor d'aigua produït per la transpiració de totes les plantes que hi viuen. També podem explicar que, a llocs amb poca aigua, les plantes acostumen a tenir fulles molt petites per reduir la pèrdua d'aigua a través dels estomes, ja

que una superfície petita implica que hi hagi menys estomes.

Acabarem l'activitat demanant als nens i nenes que facin una síntesi de tota la informació que hem anat observant i comentant. Un possible resum seria: *«l'aigua ha entrat per les arrels gràcies a un fenomen anomenat osmosi. Seguidament, ha pujat per la tija fins a les fulles gràcies a la capil·laritat i ha sortit en forma de vapor pels estomes de les fulles. Ens podem imaginar que l'aigua és com un fil blau que es mou per dins la planta, entrant per les arrels, pujant per la tija i sortint per les fulles».*

## Activitat 3

# LA CAPTACIÓ DE LA LLUM



### Material per a un grup de quatre persones

Pals de pinxo, folis, tisores, llum flexo o llanterna, plantes del pati o de l'hort, càmera de fotos i ordinadors, folis o llibreta de ciències.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 3.** Les plantes capturen la llum a través de les fulles. Per això la disposició de les fulles a la planta (fil·lotaxi) és molt important per a una captació adequada de la llum disponible.

**Idea 4.** Les diverses parts de la planta estan fetes de manera que s'hi puguin portar a terme els diferents processos implicats en la nutrició.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Per iniciar l'activitat repassarem les necessitats de la planta (activitat 1) i recordarem que hem comprovat empíricament que la planta necessita llum. Per tant, ara no es tracta de constatar aquesta necessitat, sinó de pensar com fa la planta per captar la llum.

Químicament, les plantes capten la llum gràcies a diversos pigments presents a les fulles o a les parts verdes de la planta, en cas que no en tingui. El pigment més important és la clorofil·la, tot i que n'hi ha d'altres. En aquesta activitat, però, no ens centrarem en els pigments, sinó en la disposició de les fulles al voltant de les tiges, o sigui, en la fil·lotaxi.

Tot i això, a internet es poden trobar experiments senzills per separar els diferents pigments d'una fulla, mitjançant la tècnica de la cromatografia. Si la mestra o el mestre ho considera oportú, es pot dedicar una primera part de l'activitat a l'extracció de pigments. Si es fa, pot ser especialment interessant fer-ho a la tardor, quan als arbres hi conviuen fulles verdes i d'altres colors, ja que podrem observar com les fulles verdes contenen pigments verds i grocs, mentre que les fulles grogues només en tenen de grocs. Això permet comprendre que a la tardor, les fulles no canvien de color, sinó que deixen de ser verdes perquè destrueixen la clorofil·la, que per la seva abundància, normalment amaga els altres pigments.

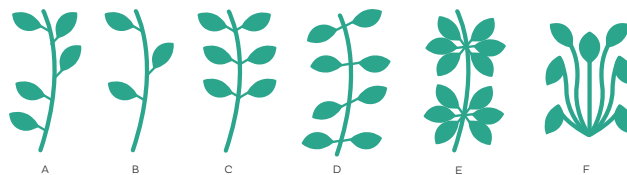
Pel que fa a la fil·lotaxi, una cerca ràpida a Google amb aquest terme permet trobar fàcilment imatges que mostren diferents maneres com les fulles es disposen al voltant d'una tija. Les fulles, unides pel pecíol a les tiges o tronquets més prims, no estan situades de manera aleatòria, sinó que tendeixen a disposar-se de manera que cada una capti la màxima quantitat de llum possible. És això el que volem observar amb els infants en aquesta activitat.

Així doncs, un cop situats de nou davant la importància de la llum per a la planta i davant el repte de com captar-ne la màxima quantitat, donarem a cada alumne un pal de pinxo i unes 15-20 fulles lanceolades que haurem

retallat prèviament. Un cop repartit el material, demanarem als nens i nenes que intentin trobar una disposició de les fulles de paper al voltant de la tija-pinxo que permeti maximitzar la captació de llum. Els direm que poden avaluar els seus prototips col·locant-los a sota d'un llum flexo o una llanterna, i observant quines parts de les fulles queden il·luminades o fosques. Recordarem que l'objectiu és aconseguir que les fulles de paper tinguin la màxima superfície exposada a la llum.

Un cop cada nen o nena hagi acabat el seu prototip, el compartirà amb la resta del grup. Entre tots i totes escolliran aquells models que considerin més útils. No cal que en trïin un de sol; tots els que considerin vàlids es podran comentar a la conversa final. Deixarem un temps perquè els diferents grups elaborin les seves produccions i seleccionin els models més encertats. Pasat aquest temps, encetarem una conversa per identificar els millors models del grup classe i adonar-nos que hi ha diverses solucions que responen a uns pocs tipus de fil·lotaxi (figura 5). Dinamitzarem la conversa amb preguntes com ara: *quina disposició heu escollit? Per què heu col·locat les fulles d'aquesta manera? Teniu una altra solució al vostre grup o només aquesta? què en penseu els altres de la proposta que fa aquest grup? Heu seleccionat també aquesta disposició? Quines alternatives veiem que siguin les millors?*

Figura 5. Exemples de tipus diferents fil·lotaxi

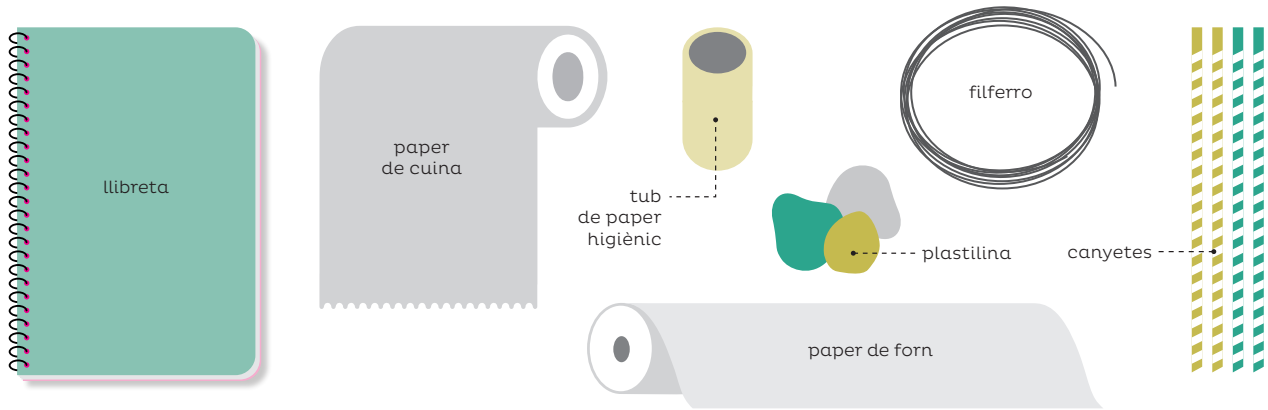


A mesura que comparem les propostes dels diferents grups, veurem que hi ha uns pocs tipus de fil·lotaxis. Si cal, introduïrem alguns de nous per completar la classificació. Un cop identificats els models que optimitzen millor la captació de llum, els demanarem que els dibuixin esquemàticament a la seva llibreta de ciències.

A continuació farem una sortida al pati, a un jardí, a un solar proper o a l'hort de l'escola, i els demanarem que busquin plantes i facin fotografies on s'observi clarament la disposició de les fulles al voltant d'una tija. La millor manera serà fer la foto des de sobre la tija. Després descarregarem les fotos a l'ordinador i, usant com a guia els dibuixos que tenim a la llibreta de ciències, comptarem quantes plantes d'espècies diferents hem trobat per a cada tipus de fil·lotaxi. Això ens permetrà veure si alguns tipus de fil·lotaxi són més freqüents que d'altres, o si, per exemple, alguns predominen més a plantes herbàcies, arbustos o arbres, o en les diferents famílies de plantes, si es coneixen. Per identificar les plantes, pot ser útil utilitzar una aplicació com ara [Pl@ntNet](#). Finalment, demanarem que elaborin un diagrama de barres amb la freqüència d'espècies diferents de plantes per a cada tipus de fil·lotaxi.

## Activitat 4

# CONSTRUÏM UNA MAQUETA DE LA PLANTA



### Material per a un grup de quatre persones

Canyetes, filferro, paper de cuina, tub de paper higiènic, paper de forn, plastilina, llibreta de ciències, altres materials que la mestra consideri oportuns

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** Les plantes per viure necessiten aigua, sals minerals, llum, oxigen i  $\text{CO}_2$ .

**Idea 2.** L'aigua entra per les arrels, es transporta a través dels vasos conductors, i surt de la planta gràcies a la transpiració.

**Idea 3.** Les plantes capturen la llum a través de les fulles. Per això la disposició de les fulles a la planta (fil·lotaxi)

és molt important per a una captació adequada de la llum disponible.

**Idea 4.** Les diverses parts de la planta estan fetes de manera que s'hi puguin portar a terme els diferents processos implicats en la nutrició.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

La darrera activitat la dedicarem a construir una maqueta de la planta, com a síntesi de tot el que hem fet en les activitats anteriors. També servirà per reforçar la comprensió de la relació entre estructura i funció, un aspecte clau quan investiguem els organismes vius. L'ús de maquetes s'ha demostrat molt útil a l'educació primària per ajudar els nens i les nenes a imaginar estructures que no poden veure (Amat, Martí i Darné,

2018; Martí, 2006). Iniciarem l'activitat retornant al dibuix inicial de la planta i identificant les parts que estan més implicades en la nutrició: arrel, tija i fulles. Com que hem investigat més les arrels i les tiges, ens centrarem en aquestes dues parts, però si la mestra o el mestre o els infants ho volen, també es pot fer una maqueta de les fulles.

#### *Maqueta de l'arrel*

Començarem fent la maqueta de les arrels. Per fer-ho, demanarem als nens i nenes que facin un inventari de les funcions que fan les arrels, més enllà de les estrictament relacionades amb la nutrició. Per això preguntarem: *quines funcions fan les arrels en la vida de la planta?* Les respostes esperades haurien d'incloure la idea que les arrels ajuden a sostenir la planta, permeten l'absorció d'aigua i sals minerals i, en alguns casos, com per exemple en les pastanagues, actuen de magatzem.

La maqueta resultant és, evidentment, un model molt simplificat de la realitat, però ha de permetre als infants aprofundir en l'estructura d'aquesta part de la planta. Per això, un cop fet el llistat de funcions, poden cercar informació sobre l'estructura i les parts de les arrels que representaran amb la seva maqueta. Obuint la funció de magatzem, que no és general per a totes les plantes, ens centrarem en les funcions de sosteniment i d'absorció. Per tant, a l'hora de construir la maqueta, els infants hauran de pensar en aquestes dues funcions. Primer, faran un disseny inicial de la seva maqueta pensant quins materials poden usar que representin bé les funcions seleccionades i, a la vegada, siguin fàcils de manipular.

Així doncs, en el cas de les arrels poden simular la funció de sosteniment amb materials resistents però mallea-

bles, com ara filferro. Per simular la funció d'absorció, caldrà seleccionar materials que simulin membranes semipermeables, ja que l'aigua pot entrar per osmosi. Els nens i les nenes hauran de decidir on col·locar aquestes parts, tenint en compte que l'absorció no es produeix en tota la superfície de les arrels, sinó només a la seva zona pil·lfera, prop de l'extrem de l'arrel. Tota la part externa de l'arrel, excepte la zona d'absorció, ha de ser impermeable, per evitar la pèrdua d'aigua; per això caldrà recobrir aquestes parts amb materials impermeables. Per últim, hauran de representar la zona terminal de l'arrel, que s'obre pas al sòl i està protegida, per una capa anomenada caliptra, que li dona resistència i evita que els teixits de creixement que té a sota es facin malbé. L'aigua absorbida inicia el seu transport a les pròpies arrels, de manera que també caldrà incorporar a la maqueta uns vasos conductors que podem simular amb canyetes de beguda o tubs més prims. Per donar cos a l'arrel, utilitzarem plastilina.

Malgrat que el model final és una simplificació de les estructures d'una arrel, la maqueta pot ser útil per plantejar-nos nous interrogants i, per tant, actua com un model científic. Així, per exemple, podem arribar a la conclusió que el gel no pot travessar les membranes i, per tant, ens permet afirmar que l'aigua glaçada no està disponible per a les plantes, per molta que n'hi hagi. Això explica que per a un arbre, o qualsevol altre tipus de planta, viure en un clima molt fred, amb glaçades freqüents, és com viure en un clima àrid. Per aquest motiu molts arbres d'aquests entorns –pins, avets, pícees, etc.– tenen fulles molt petites o aciculars, per reduir la superfície total per on la planta perd aigua a través dels estomes. També ens podem plantejar el problema que afronten les plantes que viuen en sòls molt salins per tal d'absorbir aigua –com les que viuen a les dunes de les platges–, ja que en aquests ca-

sos l'osmosi pot actuar de manera inversa i deshidratar la planta. Finalment, també es pot parlar de les plantes que emmagatzemen aigua en diverses estructures.

### *Maqueta de la tija*

El tronc, o la tija, i totes les seves ramificacions tenen la doble funció de sostenir les fulles –i les flors i els fruits quan n'hi ha– i ajudar-les a orientar-se cap a la llum del Sol. A més, transporten l'aigua des de les arrels fins a les fulles, i en sentit contrari, els productes resultants de la fotosíntesi. Fer la maqueta d'una tija és força senzill: podem utilitzar un cilindre de material resistent per simular la forma principal de la tija i col·locar-hi a l'interior conjunts de canyetes de plàstic que simulin els vasos conductors. Si hem fet que els nens i les nenes cerquin informació sobre l'estructura de les tiges, hauran vist que les plantes tenen dos circuits de vasos conductors, xilema i floema, que permeten la circulació en dos sentits diferents: de les arrels a les fulles i viceversa. L'exterior del cilindre s'ha de recobrir de material impermeable, ja que les plantes terrestres han d'evitar la pèrdua d'aigua. Per representar el circuit que segueix l'aigua, podem fer passar un fil blau pels tubs dels vasos conductors.

Deixarem que els infants treballin en els seus prototips i, un cop passat un temps prudencial, muntarem una exposició amb les maquetes de cada grup. Farem que passin per cada expositor per veure les solucions dels seus companys i companyes, i que en facin una avaluació ràpida a la seva llibreta de ciències, observant aspectes com ara *la maqueta representa bé les funcions que coneixem que fan la rel i la tija?, la selecció de materials és l'adequada? el producte final s'ha presentat de manera acurada?*, etc. Finalitzarem l'activitat posant en comú les avaluacions fetes i fent un recordatori de tot allò que s'ha treballat en les activitats.

Tancarem aquest bloc d'activitats subratllant que les investigacions realitzades ens han servit per saber què necessiten les plantes per viure i com estan fetes per aprofitar allò que necessiten per viure. També explicarem que, amb la llum que capten les fulles, l'aigua que prové de les arrels i els gasos que entren pels estomes, la planta fabrica el seu propi aliment, a través de la fotosíntesi, un procés que de ben segur investigaran més a fons en cursos posteriors. Només si els infants han treballat anteriorment el model de partícules (Amat, Grau i Martí, 2016) i han investigat sobre el canvi químic (Martí, Amat, Grau i Jiménez, 2020), proposarem analitzar les reaccions químiques que es produeixen en la fotosíntesi.

# Quan el problema és explicar el cicle vital i la reproducció de les plantes

La funció de reproducció és una funció biològica de tots els organismes vius que permet generar nous individus semblants als seus progenitors. Si bé no és una funció vital per a un individu concret –ja que pot ser que aquest individu no es reproduï mai–, és essencial per al conjunt de l'espècie, perquè la seva continuïtat depèn d'aquesta capacitat de reproducció.

En el cas de les plantes amb flor, parlem de reproducció asexual o vegetativa quan intervé un sol progenitor i, per tant, els nous individus són genèticament idèntics als seus progenitors, tot i que no necessàriament tenen el mateix aspecte final. És el cas de la reproducció per esqueixos, bulbs, estolons, etc. En canvi, parlem de reproducció sexual quan intervien dos progenitors, i es genera un nou individu mitjançant la fecundació dels gàmetes masculins i femenins dels seus progenitors.

A les plantes amb flor, les flors són les estructures que contenen els òrgans reproductors de la planta, i tant la seva estructura general com les característiques específiques de les seves parts –mida, forma, colors, etc.–, estan estretament relacionades amb la seva funció.

La reproducció segueix una sèrie d'etapes que conformen el cicle vital de les plantes: floració, pol·linització, fecundació, formació del fruit i de les llavors, dispersió de fruits i llavors i, germinació de les llavors i formació d'un nou individu. Moltes de les espècies de plantes amb flor i fruit depenen fortament dels animals, ja sigui per a la pol·linització o per a la dispersió dels fruits, perquè actuen com a vehicle de transport del pol·len o de les llavors. En altres espècies, tant la pol·linització com la dispersió dels fruits i llavors tenen lloc gràcies al vent.

Introduir tots aquests temes a l'aula permet aprofun-

dir en el cicle vital de les plantes i relacionar aquests processos amb qüestions de gran rellevància social com són els cultius, el consum d'aliments, les al·lèrgies, la pèrdua o disminució d'insectes pol·linitzadors, etc. Finalment, també permet establir vincles amb altres blocs de continguts que hi estan relacionats com, per exemple, l'ecologia o l'evolució.

## Les idees dels nens i les nenes sobre la reproducció de les plantes

Com ja s'ha comentat anteriorment, els estudis sobre les idees dels nens i les nenes en relació a les plantes com a éssers vius, mostren que els més petits sovint no les identifiquen com a éssers vius, ja que associen el fet d'estar viu amb el moviment. Com que no perceben moviment en les plantes, consideren que no estan vivues com els animals (Shtulman, 2017).

Mentre no les considerin éssers vius, els costarà imaginar que tenen un cicle de vida i que, com a part d'aquest, poden tenir descendència. La literatura existent mostra que els infants tenen un gran desconeixement sobre les parts de les flors, fet que els dificulta comprendre el procés de transformació des de la flor al fruit o relacionar el fruit amb les parts de la flor. Sovint tampoc no tenen clars els conceptes de llavor ni de pol·len, tot i que són termes que poden formar part del seu vocabulari. Així, per exemple, poden afirmar que el pol·len serveix d'aliment per als insectes, o confondre pol·len i llavor, creient que del pol·len pot sortir una nova planta.

Tot i que els infants estan familiaritzats amb les abelles, els borinots i les papallones com a insectes pol·linitzadors, a primària, la seva visió de la pol·linització acostuma a ser molt simplificada i incompleta, i no solen tenir en compte altres grups d'insectes que també hi con-

tribueixen. El mateix passa amb la seva comprensió del procés de dispersió dels fruits i les llavors.

Tant la pol·linització com la dispersió de les llavors són exemples del que en ecologia s'anomenen relacions de mutualisme, que són aquelles relacions entre dos tipus diferents d'organismes vius en què tots dos en surten beneficiats. En el cas de la pol·linització, els insectes obtenen aliment de les plantes, i aquestes aprofiten els insectes com a vehicles de transport del pol·len. En el cas de la dispersió de les llavors, la planta s'aprofita dels animals dispersadors –insectes, ocells, etc.–, mentre que aquests obtenen aliment menjant-se alguns dels fruits que la planta ha produït. Aquest tipus de relacions són fonamentals per a la supervivència de molts ecosistemes, com ara els prats de pastura o les plantacions d'arbres fruiters.

Aquestes relacions mutualistes són fruit d'un procés de coevolució entre plantes i pol·linitzadors, un aspecte que els infants desconeixen. Així la gran diversitat de formes, colors, textures, olors, etc., que presenten les flors es pot relacionar amb els tipus d'aparells buccals dels diferents tipus d'insectes que les pol·linitzen.

### **Idees que cal treballar sobre la reproducció i el cicle vital de les plantes**

En la investigació sobre la reproducció i el cicle vital de les plantes que es planteja en el conjunt d'activitats del breu itinerari d'investigació que es presenta a continuació, es pretén ajudar els nens i les nenes a construir les següents idees clau:

**Idea 1.** Les plantes poden reproduir-se de forma sexual o asexual.

**Idea 2.** Les característiques de les flors estan relacionades amb la seva funció i amb el tipus de sistema de transport del pol·len que fan servir.

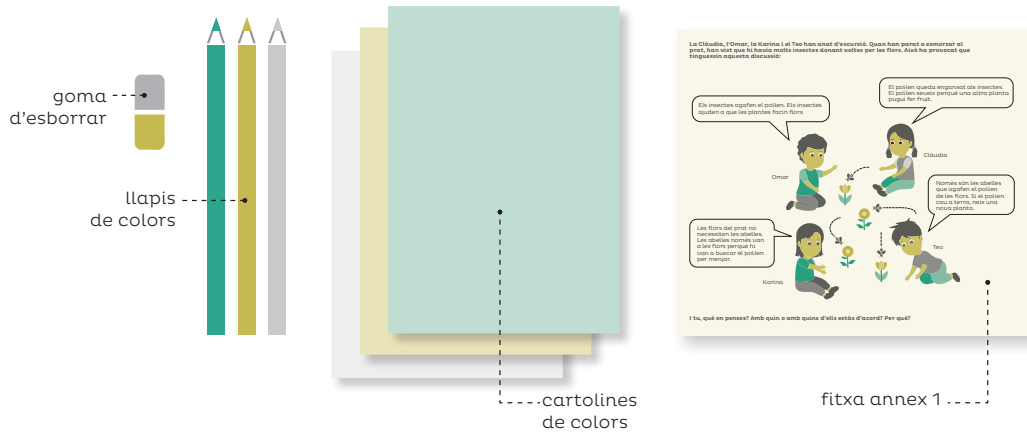
**Idea 3.** La pol·linització és un procés que permet la fecundació de les plantes i, per tant, la formació d'embrions i noves plantes.

**Idea 4.** La diversitat de flors i fruits està relacionada amb la diversitat d'agents de pol·linització i dispersió.

	<b>Activitat 1.</b> Explorem les idees dels infants sobre la flor i sobre el pas de la flor al fruit	<b>Activitat 2.</b> Observem les flors	<b>Activitat 3.</b> El pas de la flor al fruit	<b>Activitat 4.</b> Coevolució de formes i funcions
<b>Idea 1.</b> Les plantes poden reproduir-se de forma sexual o asexual				
<b>Idea 2.</b> Les característiques de les flors estan relacionades amb la seva funció i amb el tipus de sistema de transport del pol·len que fan servir				
<b>Idea 3.</b> La pol·linització és un procés que permet la fecundació de les plantes i, per tant, la formació d'embrions i noves plantes				
<b>Idea 4.</b> La diversitat de flors i fruits està relacionada amb la diversitat d'agents de pol·linització i dispersió				

## Activitat 1

# EXPLOREM LES IDEES DELS INFANTS SOBRE LA POL·LINITZACIÓ I EL PAS DE LA FLOR AL FRUIT



### Material per a un grup de quatre persones

Llapis de colors, goma d'esborrar, cartolines o pissarres petites, fitxa annex 1.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** Les plantes poden reproduir-se de forma sexual o asexual.

**Idea 3.** La pol·linització és un procés que permet la fecundació de les plantes i, per tant, la formació d'embrions i noves plantes.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Iniciarem la investigació amb una situació que porti els infants a fer explícites les seves idees sobre la pol·linització. Per fer-ho, començarem explicant una breu historieta que, malgrat ser fictícia, els pot resultar propera o fins i tot familiar.

Explicarem que un grup d'amics van anar d'excursió i, mentre esmorzaven, algunes abelles voleïaven a prop seu. Això va fer que alguns d'ells s'aixequessin i marxessin, per por de ser picats i, alhora, va donar peu a una conversa on cadascú expressava la seva opinió.

Després d'aquesta breu introducció, repartirem a cada infant un *concept cartoon* (imatge de l'annex 1). Llegirem plegats les opinions que apareixen a la imatge i observarem que totes fan referència als pol·linitzadors i a la seva importància en la reproducció de les plantes. A partir d'aquí, plantejarem la pregunta: *i vosaltres, què en penseu? quina creieu que és la importància dels insectes pol·linitzadors per a la reproducció de les plantes?*

Demanarem als infants que primer responguin de manera individual, posicionant-se en relació amb alguna o algunes de les opinions exposades a la imatge. Remarcarem que poden estar d'acord amb més d'una opinió i que, en tot cas, han d'anotar amb qui hi estan d'acord i justificar per què hi coincideixen. També subratllarem que és possible que no comparteixin cap de les idees expressades i que, si és així, han d'explicar i justificar la seva pròpia opinió.

A continuació, els demanarem que representin en quatre vinyetes com creuen que es forma una poma a l'arbre i què necessita per formar-se. Les vinyetes han d'anar acompanyades d'etiquetes o breus descripcions que ajudin a entendre allò que s'hi ha dibuixat. Deixarem una estona perquè pensin i escriguin les seves respostes individuals. Aquesta activitat ens permetrà conèixer com raonen els infants sobre el fenomen d'estudi, quines dificultats tenen, què saben o no saben, i ens servirà de punt de partida per construir nous coneixements.

Un cop feta aquesta tasca individual, proposarem que comparteixin les seves respostes primer en petit grup i després en gran grup. Explicarem que l'objectiu principal de la conversa en gran grup és recollir diferents idees i opinions i que, per aquest motiu, cal que el debat

i les idees sorgides en els petits grups quedin reflectides a les pissarres o cartolines que els haurem donat.

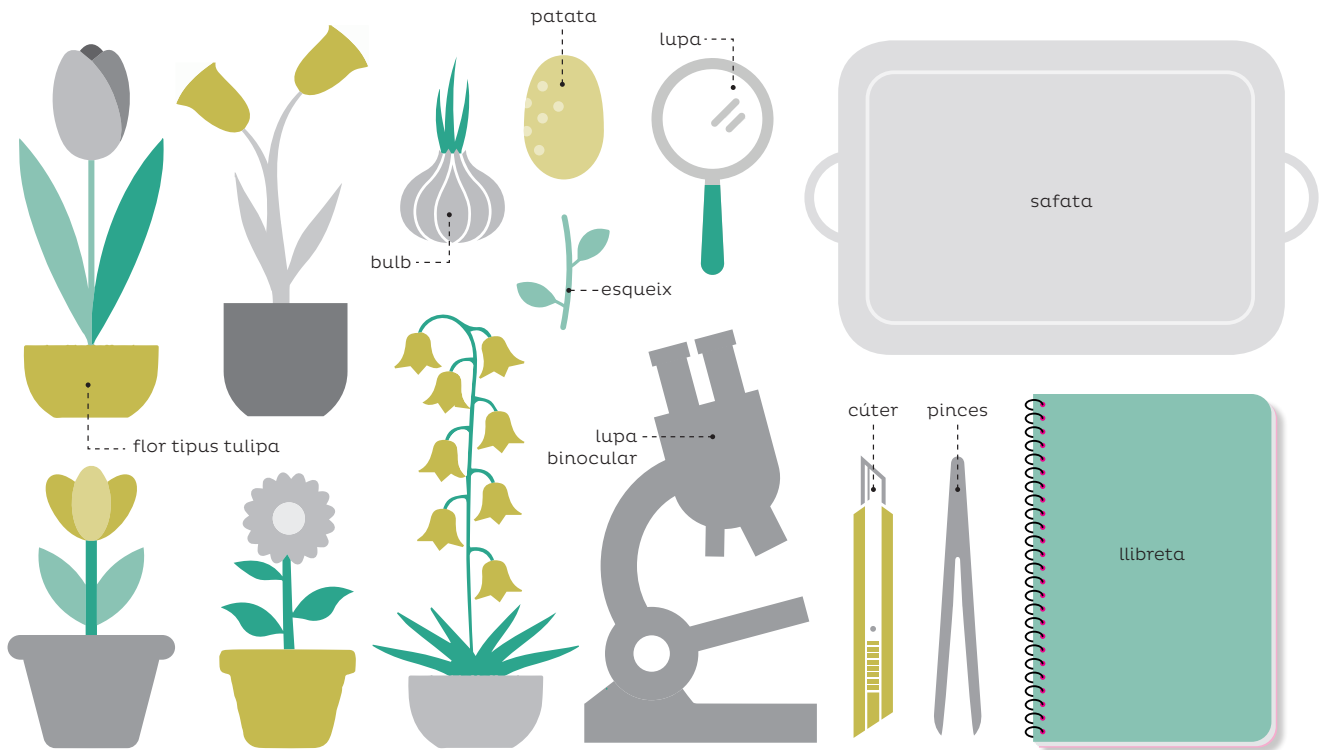
Per analitzar les idees dels infants ens fixarem tant en les idees o opinions que expressen com en els elements que inclouen o ometen en els seus dibuixos. Durant la conversa en gran grup, demanarem que ens aclareixin les idees que no s'entenguin amb preguntes com ara: *així tu vols dir que...?; si ho he entès bé, el vostre grup esteu dient que...?*

Per tancar l'activitat, guiarem una conversa que permeti posar de manifest les semblances i les diferències entre les idees i representacions que hagin sorgit. Aquesta conversa ha de permetre remarcar els punts de consens i aquells on hi ha discrepàncies; per exemple: *sembla que tots estem d'acord en el fet que... però, en canvi, només uns quants creieu que...* També ha de servir per identificar i aclarir conceptes i termes que més endavant ens ajudaran a seguir construint coneixement; per exemple: *heu dit que les llavors són el que fa créixer una nova planta i no pas el pol·len. Tenim clar què és una llavor i què és el pol·len? Ho podríeu explicar amb les vostres pròpies paraules?* Finalment, caldrà identificar els dubtes que vagin apareixent i les preguntes que necessiten més investigació per poder respondre-les millor.

És important tenir en compte que en aquest moment no busquem idees científicament correctes, sinó fer emergir les idees dels infants. Per aquest motiu, al llarg de tota l'activitat, no introduïrem informació científica ni farem explicacions que puguin orientar o condicionar les respostes dels infants.

## Activitat 2

# OBSERVEM LES FLORS



### Material per a un grup de quatre persones

Flor tipus tulipa o lliri, safata, lupes de mà, lupes binoculars, pinces, ganivet o cúter, altres tipus de flors, bulbs, patates, esqueixos, folis o llibreta de ciències.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 2.** Les característiques de les flors estan relacionades amb la seva funció i amb el tipus de sistema de transport del pol·len que fan servir.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

En aquesta activitat proposarem als nens i nenes que observin amb atenció diferents flors i les seves parts per relacionar-les amb la seva funció. Donarem a cada grup una safata, unes pinces, un ganivet o un cúter i una flor (lliri o tulipa) que permeti fer una dissecció i identificació fàcil de les seves parts. Un cop tothom tingui el material, mostrarem com separar cadascuna de les parts amb cura, per poder-les observar amb l'ajuda de les lupes.

Explicarem que, per fer l'observació, primer retirarem i observarem els sèpals i els pètals, deixant al descobert el calze, els estams i el pistil. Després separarem els estams i, amb la lupa observarem l'antera. En refregarem i espolsarem una sobre un paper per veure'n el pol·len. Finalment, amb l'ajuda d'un cúter, obrirem l'estigma per la meitat per poder observar els òvuls. Amb el suport de llibres o imatges de l'ordinador, anirem identificant cada part, posant-hi nom i comentant-ne la funció.

Un cop conegudes aquestes estructures a partir de la flor de lliri o tulipa, podem proposar als infants que observin altres flors per comparar-ne les parts. Aquesta nova mostra de flors la pot portar la mestra o el mestre o la poden recollir els infants al pati o en altres espais propers. En qualsevol cas, cal que siguin flors fàcils d'observar i amb característiques diverses pel que fa al color, olor, forma, nombre i disposició d'estams, etc. També proporcionarem flors sense pètals (com les de roure o d'auellaner) o flors amb sexes separats (com les de carbassó), però sempre escollirem flors simples i evitarem incloure'n de compostes (margarides, dents de lleó, etc.). Recordarem als infants que cal seguir el mateix procediment emprat anteriorment per identificar les parts de la nova mostra de flors.

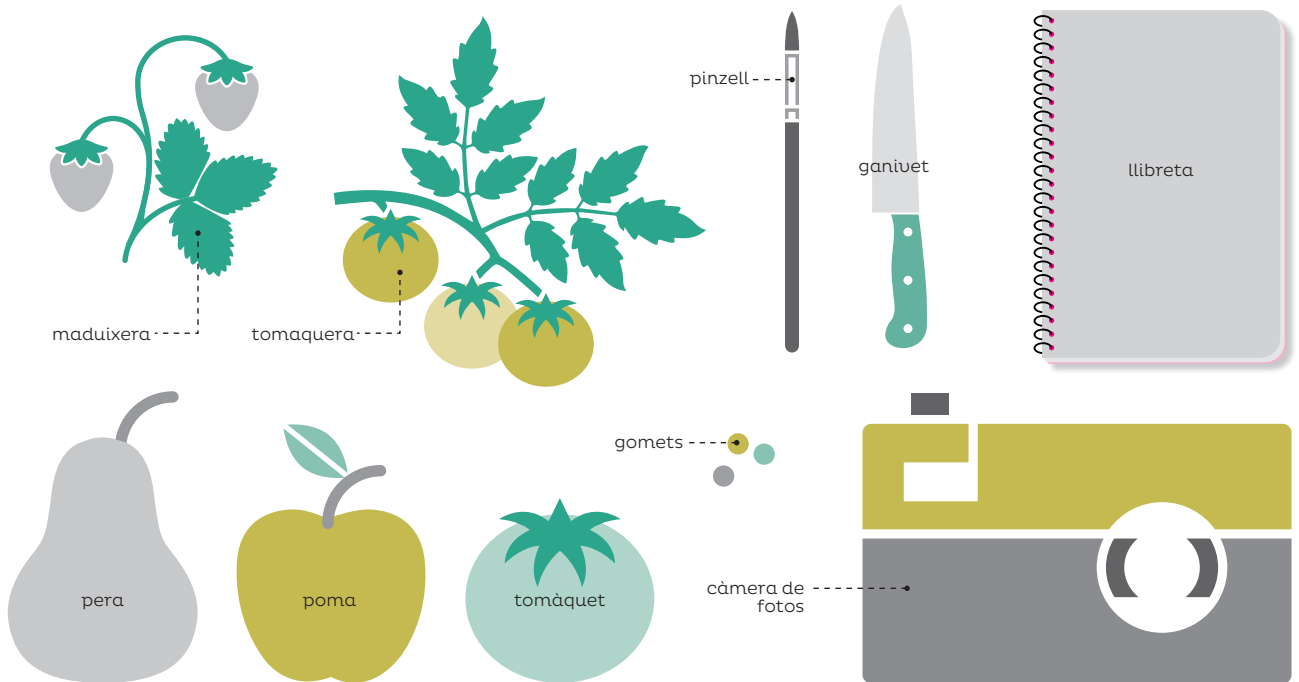
Demanarem que facin dibuixos o fotografies d'allò observat. També podem crear una taula per sintetitzar les observacions, indicant-hi el nombre d'estams i pistils, el color i el nombre de pètals, etc. Això ens permetrà apreciar la diversitat i facilitarà la comparació entre flors. Per ajudar a l'observació i a identificar semblances i diferències, farem preguntes com ara: *quines parts heu pogut observar? com era l'estam?, què tenia a la part superior?, on estan situats els estams? què creieu que és aquesta pols groga? Com és (enganxifosa, pesant...)?, què creieu que hi ha dins l'ovari?, quina forma té l'ova-*

*ri?, totes les plantes tenen estams? totes les plantes tenen pètals?, quants pètals tenia la rosa?, com eren?, i la tulipa?, com són els pètals d'aquesta flor?, quin color tenen? quina forma?*

Finalitzarem l'activitat explicant la funció que té cadascuna de les parts de la flor que hem observat i après a reconèixer. Recordarem que les flors presenten morfologies molt diverses, però que totes tenen com a mínim la part que fabrica el pol·len o la que fabrica els òvuls. Assenyalarem que normalment una mateixa flor conté part masculina i part femenina, però que hi ha plantes que només presenten una d'aquestes parts. També indicarem que no sempre les flors tenen pètals de colors, com haurem vist en el cas de la flor d'auellaner, roure o alzina, i que la presència o absència de pètals té relació amb el tipus de pol·linització de cada espècie.

## Activitat 3

# EL PAS DE LA FLOR AL FRUIT



### Material per a un grup de quatre persones

Plantes tipus maduixera, tomaquera o arbre fruiter que ens permeti observar el pas de flor a fruit fent-ne un seguiment, fruits com la poma, la pera, el tomàquet que permeten identificar amb facilitat reminiscències de la flor, gomets, màquina de fotografiar, pinzell, ganiuet, folis o llibreta de ciències.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** Les plantes poden reproduir-se de forma sexual o asexual.

**Idea 3.** La pollinització és un procés que permet la fecundació de les plantes i, per tant, la formació d'embrions i noves plantes.

## Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

En aquesta activitat ens fixarem en la reproducció de les plantes en general i, més en concret, en la transformació que va de la flor al fruit. També investigarem sobre la relació entre aquesta transformació i el procés de pol·linització. L'activitat es compon de diferents tasques. Per observar el pas de flor a fruit, és important disposar de plantes com ara la maduixera, la tomaquera o algun arbre fruiter que ens permetin veure com les seves flors es transformen progressivament en fruits. També poden ser útils algunes plantes herbàcies del pati, com la ravenissa blanca o altres de similars.

En primer lloc, proposarem que cada grup d'infants faci el seguiment d'una o diverses flors d'una determinada planta. Cada grup identificarà les seves flors amb un gomet o etiqueta diferent i observarà diàriament com canvien, recollint les seves observacions amb fotografies, dibuixos i descripcions que anotaran a la seva llibreta de ciències.

Paral·lelament indicarem que volem investigar com els insectes, tot i no ser els únics agents pol·linitzadors, tenen un paper clau en la pol·linització i en la transformació de la flor en fruit. Per fer-ho, portarem maduixeres a l'interior de l'aula i, amb l'ajuda d'un pinzell, les fecundarem nosaltres mateixos com si fóssim insectes. Ho farem sucant els estams amb un pinzell perquè quedin impregnats de pol·len i després el passarem per l'ovari d'una altra flor o d'un altre individu. Si hem aconseguit fecundar l'ovari, al cap de pocs dies, observarem la transformació de flor a fruit.

D'altra banda, també proposarem observar fruites i identificar-ne les parts que provenen de la flor. Així, proposarem que obrin una poma o una pera per la meï-

tat i identifiquin les llavors com a òvuls, el cor de la poma o la pera com a restes de l'ovari, etc. Ens ajudarem de dibuixos extrets de llibres o d'internet per ajudar a identificar aquestes parts i establir les relacions pertinents.

Per interpretar les observacions realitzades podem fer preguntes com ara: *què passa quan posem el pol·len en contacte amb l'ovari? Què li passa a l'ovari? Què passa amb els pètals? Què pot ser aquesta forma del cor de la poma? i les llavors, d'on venen? etc.*

Finalment, tancarem aquesta activitat observant i reflexionant sobre altres situacions. Per exemple, mostrem imatges de cotxes plens de pol·len o de núvols de pol·len per concloure que el pol·len també es pot desplaçar amb el vent. Si es consideri oportú, es pot ampliar l'activitat mostrant o explicant casos de reproducció asexual, per exemple plantant bulbs o observant el creixement dels grills de les patates, i explicant que en aquests casos només hi intervé un sol individu i que es tracta d'un tipus de reproducció completament diferent al que estem investigant.

## Activitat 4

# COEVOLUCIÓ DE FORMES I FUNCIONS



### Material per a un grup de quatre persones

Graella de recollida de dades, imatges de l'aparell bucal dels insectes, material reciclat per construir flors (ampolles de plàstic, cartolines, papers de colors, cordills, etc.), productes per aromatitzar les flors, tisores, cola, folis o llibreta de ciències.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 3.** La pol·linització és un procés que permet la fecundació de les plantes i, per tant, la formació d'embrions i noves plantes.

**Idea 4.** La diversitat de flors i fruits està relacionada amb la diversitat d'agents de pol·linització i dispersió.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

En aquest activitat proposarem aprofundir una mica més sobre la relació entre les flors i els insectes pol·linitzadors. En primer lloc, proposarem la següent pregunta: *quins insectes visiten les plantes del pati?*

Identificarem una o diverses zones del pati, o d'un entorn proper que es pugui visitar regularment, i proposarem que els nens i les nenes, organitzats en petits

grups, seleccionin un determinat tipus de planta i observin quins insectes la visiten durant un temps determinat. Podem fer que alguns grups facin el seguiment de plantes oloroses (que atrauen més les vespes, les papallones nocturnes o les mosques), mentre d'altres poden observar plantes menys oloroses (que atrauen més les papallones diürnes). També podem triar plantes de colors diferents i assignar-ne una a cada grup per veure quins insectes se senten més atrets per cada color. Una altra opció es comparar plantes amb corolla tubular, a les quals només hi poden accedir insectes amb determinats aparells buccals, i plantes amb corolla més exposada.

A més de variar el tipus de flor, podem valorar si fem les observacions en diversos moments del dia, ja que com més Sol i menys vent, més possibilitat hi haurà de veure insectes. També cal decidir la durada de les observacions: és recomanable que durin uns 10-15 minuts, ja que sessions més llargues poden resultar pesades per als infants i més curtes poden ser massa breus per obtenir prou dades. Un altre aspecte per a consensuar és el nombre de dies dedicats a les observacions.

Finalment, si els infants no estan aversejats a identificar insectes, caldrà dedicar un temps a mostrar-ne imatges i explicar quins elements ens poden ajudar a distingir-los. Igualment, podem acordar anotar no només quins insectes veiem, sinó també quants individus de cada mena veiem i què fan (si volen de flor en flor, si s'aturen damunt les flors, si caminen per les flors, etc.).

Un cop decidit quines dades es recolliran, demanarem als grups de nens i nenes que dissenyin una fitxa perquè quedin ben registrades. Compartirem les propostes de cada grup, les avaluarem conjuntament i elaborarem una fitxa consensuada. És convenient que aquesta

fitxa inclogui informació general sobre el lloc i el context de l'observació (hora, lloc, nom del grup, condicions meteorològiques, durada de l'observació, etc.). Per facilitar l'anotació, pot ser útil incorporar-hi els noms i els dibuixos dels insectes més comuns, per tal que els infants només hagin de marcar amb una ratlleta cada cop que en vegin un. També podran fer fotos dels insectes que observin, o fins i tot un petit vídeo per observar posteriorment el seu comportament mentre han visitat les flors. Per acabar, distribuïrem responsabilitats entre l'alumnat per identificar qui farà cada una de les tasques acordades.

Un cop acordat el procés d'observació, recollirem les dades segons el pla establert i al llarg dels dies fixats i, a partir d'aquí, analitzarem els resultats. Segons els objectius plantejats, podrem (a) comptar els insectes observats en dies assolellats i en dies ennuvolats, plujosos o amb vent, per veure en quines condicions meteorològiques n'hi ha més o menys; (b) fer un recompte total d'insectes en plantes aromàtiques i no aromàtiques; (c) fer un recompte total dels insectes que s'aturen molta estona damunt les flors i quants volen de flor en flor; (d) identificar quines espècies d'insectes visiten cada tipus de planta; etc.

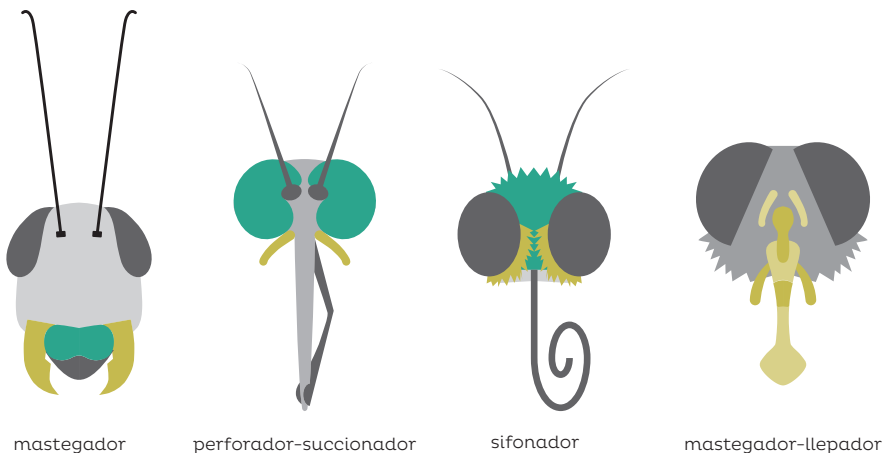
Per guiar l'anàlisi de dades, podem fer servir preguntes com ara: *quins grups teniu dades en dies amb sol?, algun grup més?, quants insectes heu vist en total?, i vosaltres?, algú té dades de dies amb núvols?, quants insectes heu vist aquests dies?, quins grups heu estat mirant les plantes aromàtiques?, quins tipus d'insectes han visitat aquestes plantes? quants de cada mena?, etc.*

També ajudarem els infants a construir taules i gràfics que resumeixin i il·lustrin els resultats obtinguts i els

guiarem a treure conclusions a partir de preguntes com ara: *quins dies hi ha més insectes quan hi ha sol o quan fa mal temps?, quines dades et permeten dir-ho?, on trobem més insectes, a les plantes aromàtiques o a les no aromàtiques?, hi ha el mateix tipus d'insecte a cada lloc?, hi ha insectes que els veiem arreu?* etc.

Amb les dades obtingudes, probablement podrem concloure que certs insectes visiten més unes plantes que altres. Per entendre millor aquesta la relació planta-insecte, donarem a cada grup d'infants una imatge de diferents aparells buccals dels insectes i en farem l'explicació (figura 6). Per facilitar-ne el record, podem establir analogies entre els aparells buccals i diferents estris quotidians: una aspiradora per a l'aparell xuclador, una xeringa per a l'aparell picador-xuclador i unes tisores o alicates per a l'aparell mastegador.

Figura 6. Diversitat d'aparells mastegadors dels insectes



Els grups també podran cercar informació sobre els hàbits i l'alimentació dels insectes observats. Amb tota aquesta informació, els demanarem que intentin interpretar els resultats obtinguts i expliquin per què determinats insectes visiten determinats tipus de flor. Utilitzarem novament l'estratègia 1-2-4, seguida d'una conversa posterior amb tot el grup classe. Els ajudarem amb les seves reflexions a partir de preguntes com ara: *quina forma té la flor del romani?, quins insectes hem vist que visitaven majoritàriament les flors del romani?, com és el seu aparell bucal?, creus que les abelles poden xuclar el nèctar de dins la flor?, i una formiga?, podria arribar al fons de la flor per obtenir el nèctar?, etc.*

Finalment, demanarem que cada grup dissenyi i construeixi una flor amb material reciclat i que la resta expliqui i justifiqui quins tipus d'insectes la podrien visitar segons tot el que han pogut investigar de la relació entre flors i insectes.

# Quan el problema és determinar la biodiversitat de plantes del nostre entorn

Tothom sap que vivim un temps marcat per un ritme molt alt de pèrdua de biodiversitat a tot el planeta. L'extinció d'espècies és un procés inherent a la història de la vida, amb períodes de grans extincions –com la de finals del Cretaci que va provocar l'extinció, entre d'altres, dels dinosaures–, per seguir períodes de formació de noves espècies i grups d'organismes. Això és així perquè les extincions massives deixen nínxols ecològics buits que ràpidament són ocupats per altres espècies.

La diferència d'aquests episodis històrics d'extinció i l'actual és que ara l'extinció és deguda en gran mesura a l'activitat humana, com ara la destrucció d'hàbitats, el canvi climàtic, la contaminació o la introducció d'espècies exòtiques a nous indrets. Catalunya no és aliena a aquest procés accelerat de pèrdua de biodiversitat, que no només afecta els animals, sinó que també afecta moltes espècies de plantes.

La pèrdua de biodiversitat de plantes té conseqüències ecològiques profundes. Més enllà de contribuir a la diversitat mateixa, les plantes defineixen l'hàbitat, li donen estructura i constitueixen refugi i aliment per a moltes altres espècies. Cobreixen la superfície de la Terra com si fossin una fina pell i en formen els fonaments dels quals depèn tota la resta de la biodiversitat. La vegetació contribueix a mitigar el clima, absorbeix el diòxid de carboni, crea fertilitza i estabilitza el sòl i reté i purifica l'aigua. A més, les plantes són la primera baula de la cadena alimentària perquè són una font d'alimentació clau per a altres espècies animals i per al manteniment de l'equilibri de les xarxes tròfiques. Finalment, les plantes també ofereixen refugi i espais de nidificació per a altres espècies animals.

La pèrdua de biodiversitat vegetal també comporta una pèrdua de valors estètics dels paisatges que, en

una primera mirada, solen estar bàsicament configurats a partir del poblament vegetal d'un territori. La societat atribueix valor als paisatges segons els sentiments de bellesa, simbòlics o espirituals que desperten; segons l'ús que en fan o que n'han fet històricament, i cada cop és més reconegut que passar temps a la natura millora la salut física i mental de les persones.

El seguiment i l'anàlisi de la vegetació al llarg del temps ens proporcionen informació sobre l'evolució dels paisatges i les relacions de caràcter geogràfic entre la vegetació i altres elements de l'ecosistema, i entre el clima, els sòls i l'acció humana. Són especialment interessants els estudis fenològics que analitzen les relacions entre factors climàtics i manifestacions estacionals o periòdiques de les espècies (floració, sortida de fruits, caiguda de les fulles, etc.). Si bé es cert que el clima de la Terra ha variat al llarg de la seva història, la fenologia permet estudiar si els canvis actuals poden posar en risc el correcte funcionament dels ecosistemes a causa del canvi climàtic.

Els patis de les escoles presenten múltiples hàbitats definits com a àrees amb característiques físiques, químiques i ambientals favorables per allotjar diverses espècies vegetals i animals. Localitzar, cartografiar i conèixer les espècies vegetals que hi viuen, ens pot ajudar a prendre decisions fonamentades per gestionar aquests espais i afavorir-hi una major biodiversitat. La proposta didàctica d'aquest apartat està inspirada en el projecte Patis Biodivers que promou la investigació de la biodiversitat de plantes, insectes i ocells dels espais escolars (més informació a: <https://mon.uvic.cat/biodiver/>).

## Les idees dels nens i les nenes sobre la biodiversitat de les plantes de l'entorn

El coneixement que tenen els nens i les nenes sobre les espècies de plantes que viuen al seu entorn més immediat acostuma a ser força limitat, sobretot entre els infants que no viuen a entorns rurals, on el contacte amb la natura és quotidià. Dins de la diversitat de plantes existents, és probable que coneguin més alguns arbres i arbustos que no pas espècies herbàcies, un aspecte que cal tenir present, ja que la proposta d'investigació que presentem es centra en l'entorn escolar immediat, on la major part de les plantes seran herbes desconegudes per als infants.

Fins fa poc identificar herbes era una tasca complexa i reservada per a les persones expertes. Tanmateix l'aparició de diverses aplicacions d'identificació de plantes (per exemple, Pl@nNet) ha fet aquest procés molt més senzill i atractiu per als infants. Amb el suport d'aquestes aplicacions i de guies divulgatives d'identificació de plantes, podem ajudar-los a descobrir tot un món que sovint els passa desapercebut.

A més del coneixement de les plantes de l'entorn, també és interessant preguntar-nos quin valor atorguen els infants a les plantes i quina percepció tenen de la seva pèrdua. Un estudi recent (Rammou, Martin-Ferrer, Amat, 2024) mostra que l'alumnat de primària més aïtat tendeix a considerar les plantes com un simple teló de fons de la biodiversitat. Els infants expressen moltes menys emocions envers les plantes que envers els animals, cosa que suggereix un cert distanciament emocional cap a aquest tipus d'éssers vius.

En el mateix estudi s'analitzaven les accions que proposaven els infants per millorar la biodiversitat del

seu entorn. Es va observar que, inicialment, les seves propostes per afavorir la biodiversitat vegetal eren gairebé inexistent i només apareixien després d'haver treballat explícitament aquest tema al llarg d'un procés d'investigació sostingut sobre les plantes de l'entorn. Els autors relacionen aquest resultat amb el concepte de ceguesa de les plantes (*plant blindness*), definit com la incapacitat de percebre les plantes en el medi i, en conseqüència, d'entendre la seva importància ecològica (Wandersee i Schussler, 1999). Aquesta dificultat és rellevant, ja que «no comprendre el paper de les plantes a l'ecosistema fa que no les tinguem en compte en el nostre sistema de valors i, en conseqüència, no les tinguem en compte com un element per a la millora de la biodiversitat» (Rammou, Martin-Ferrer, Amat, 2024).

Tant el coneixement de les espècies de plantes com la valoració del seu rol ecològic i estètic són aspectes que es tenen en compte en la proposta d'investigació que descriuim tot seguit.

## Idees que cal treballar sobre la biodiversitat de les plantes de l'entorn

En la investigació sobre la biodiversitat de les plantes de l'entorn que es proposa en el conjunt d'activitats del breu itinerari d'investigació següent es pretén ajudar els nens i les nenes a construir les següents idees clau:

**Idea 1.** La biodiversitat engloba la varietat d'éssers vius en un determinat espai.

**Idea 2.** La riquesa d'espècies no és homogènia en l'espai i normalment presenta diferències quan comparem diferents llocs en funció de les variables ambientals i les pertorbacions.

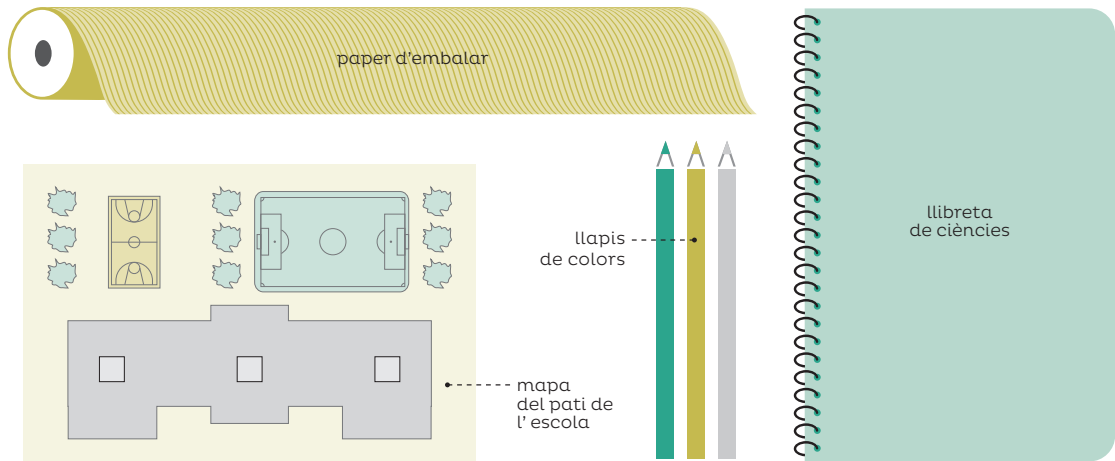
**Idea 3.** Determinats mètodes de mostreig i d'anàlisi ens poden permetre tenir una visió representativa de la diversitat d'espècies que viuen en un espai determinat en un moment determinat.

**Idea 4.** Es pot explicar la biodiversitat d'un determinat ambient comprenent com els elements abiòtics i les diferents poblacions d'éssers vius s'interrelacionen, de manera que un canvi en un produeix canvis en els altres.

	<b>Activitat 1.</b> Explorem les idees dels infants sobre la biodiversitat al pati de l'escola	<b>Activitat 2.</b> Investiguem la vegetació del pati	<b>Activitat 3.</b> Representem les dades en un mapa i fem un xarxa de relacions	<b>Activitat 4.</b> I si l'ecosistema canvia?
<b>Idea 1.</b> La biodiversitat engloba la varietat d'éssers vius en un determinat espai.				
<b>Idea 2.</b> La riquesa d'espècies no és homogènia en l'espai i normalment presenta diferències quan comparem diferents llocs en funció de les variables ambientals i les pertorbacions.				
<b>Idea 3.</b> Determinats mètodes de mostreig i d'anàlisi ens poden permetre tenir una visió representativa de la diversitat d'espècies que viuen en un espai determinat en un moment determinat.				
<b>Idea 4.</b> Es pot explicar la biodiversitat d'un determinat ambient comprenent com els elements abiòtics i les diferents poblacions d'éssers vius s'interrelacionen, de manera que un canvi en un produeix canvis en els altres.				

## Activitat 1

# QUINES PLANTES VIUEN AL NOSTRE PATI?



### Material per a un grup de quatre persones

Llapis de colors o retoladors, mapa del pati de l'escola, paper d'embalar, folis o llibreta de ciències.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** La biodiversitat engloba la varietat d'éssers vius en un determinat espai.

**Idea 4.** Es pot explicar la biodiversitat d'un determinat ambient començant amb els elements abiòtics i les diferents poblacions d'éssers vius s'interrelacionen, de manera que un canvi en un produeix canvis en els altres.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Iniciarem la investigació presentant una situació que porti els nens i les nenes a usar les seves idees inicials sobre per què en determinades zones hi viuen determinades plantes. Per introduir el fenomen, plantejarem als infants dues preguntes: *a quines zones tenim herbes, arbres i arbustos al nostre pati?, com és que en algunes zones hi ha més varietat de plantes que en d'altres?* Demanarem que les responguin primer individualment i, després, usant l'estratègia 1-2-4, que comparteixin les seves idees amb el seu grup. Finalment plantejarem una conversa amb tot el grup per explorar les idees inicials dels infants sobre la biodiversitat de plantes d'un ecosistema, entenent que la biodiversitat fa referència

tant a la varietat d'espècies que conviuen en un mateix espai, com a l'abundància relativa d'individus que pertanyen a cadascuna de les espècies.

A continuació, proposarem una nova activitat individual a partir d'una breu historietta. Explicarem que un grup de nens i nenes es pregunten si seria el mateix plantar una planta nova que els han portat a classe en diferents zones del pati. Els infants de la història es plantegen: «si plantem la mateixa planta a dues zones diferents del pati, creixerà igual?». Explicarem que tenen opinions diverses: mentre alguns pensen que és indiferent, perquè a tot arreu hi ha terra i hi toca el Sol, altres creuen que potser la planta estarà millor en una ubicació concreta del pati.

Després d'explicar la situació, demanarem que cada infant escrigui en un full quina és la seva opinió sobre les dues opcions que es plantegen a la història i que la justifiqui. Tot seguit, utilitzarem l'estratègia 1-2-4 perquè comparteixin les seves idees en petit grup.

A continuació, encetarem una conversa en gran grup per recollir les idees de tots els nens i les nenes en un debat obert. No caldrà arribar a cap consens, ja que allò que ens interessa en aquest moment és acollir totes les idees que sorgeixin. Anirem anotant-les en un paper d'embalar o a la pissarra i les organitzarem per semblances.

Durant la conversa, ens fixarem especialment en els elements que esmentin els infants (aigua, llum, sòl, humitat, altres organismes, etc.), i en les relacions que estableixen entre aquests elements. Tot i així, en aquest moment no volem introduir nova informació; només volem comprendre amb profunditat les seves idees ini-

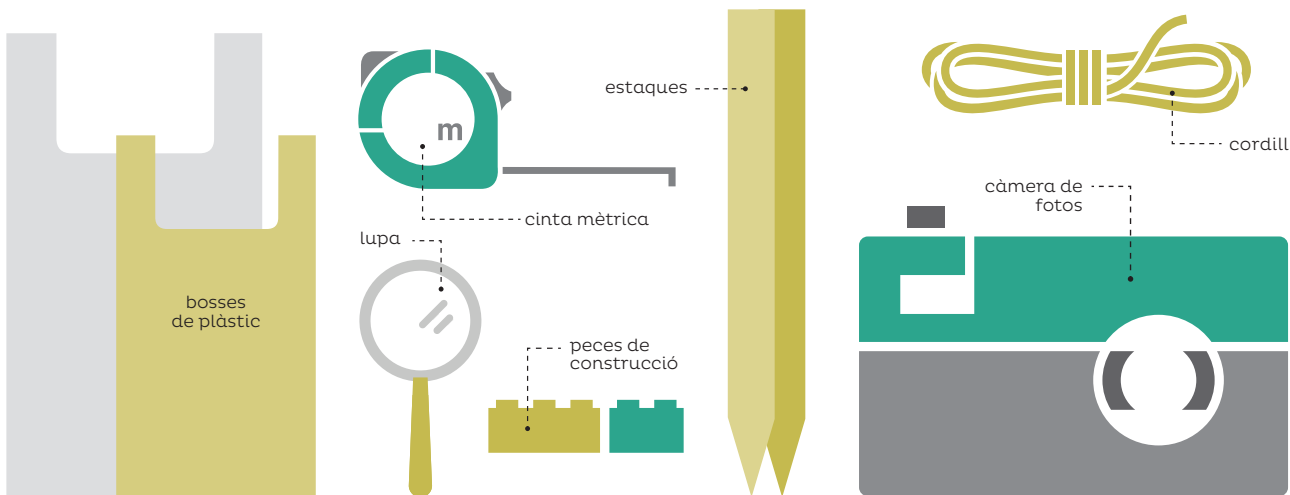
cial, demanant aclariments quan calgui amb expressions com ara: «si ho he entès bé, el que vols dir és...», o «a què et refereixes quan dius...».

Un cop compartides les idees inicials, facilitarem un plànol del pati a cada grup i els demanarem que assenyalin en quina ubicació del pati creuen que hi ha més biodiversitat de plantes i en quina n'hi ha menys. També els demanarem que debatin i escriguin què creuen que hi trobaran de diferent les plantes en cadascuna d'aquestes ubicacions que pugui explicar per què en una ubicació hi ha més diversitat i en l'altra menys. Després compartirem les idees de cada grup amb tot el grup classe. Aquesta activitat haurà permès que tornin a emergir algunes idees sobre les relacions entre espècies dins d'un ecosistema.

Finalment, revisarem les idees aportades per l'alumnat, identificant similituds i diferències entre els grups. També assenyalarem allò que encara no sabem o que genera encara dubtes i, per tant, cal seguir investigant. En aquest sentit, identificarem possibles problemes d'investigació, com ara: *on hi ha més i menys diversitat de plantes al pati?; quines condicions (humitat, llum, pendent, ús per part de les persones, etc.) caracteritzen aquests dos llocs i fan que siguin tan diferents en relació a les plantes que hi viuen?, quines relacions tenen les plantes amb altres organismes que també viuen al pati?*

## Activitat 2

# INVESTIGUEM LA VEGETACIÓ DEL PATI



### Material per a un grup de quatre persones

Cordill, estaques i cinta mètrica, aplicació d'identificació de plantes, lupes de mà, fusta rígida o carpeta, càmera fotogràfica, bosses de plàstic, peces de Lego o de fusta de diferents colors.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** La biodiversitat engloba la varietat d'éssers vius en un determinat espai.

**Idea 3.** Determinats mètodes de mostreig i d'anàlisi ens poden permetre tenir una visió representativa de la diversitat d'espècies que viuen en un espai determinat en un moment determinat.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Aquesta activitat permetrà donar resposta a una de les preguntes d'investigació formulades al final de l'activitat anterior: *on hi ha més i menys diversitat de plantes al pati?* Ho investigarem fent un inventari de la vegetació del pati, recollint dades del nombre i la distribució de les herbes, arbres i arbustos que hi viuen. Abans de començar a recollir dades, demanarem que pensin com ens hem d'organitzar i què necessitarem per fer aquest inventari de la vegetació del pati.

Mentre aporten idees, guiarem el diàleg per fer-los veure que caldrà acordar diversos aspectes. Ordenarem la informació fent un quadre a la pissarra que

inclogui tres preguntes: a) *què observarem?*; b) *com ho farem?*; i c) *quin material necessitarem?*

Pel que fa a la primera pregunta, podem decidir fixar-nos en les plantes, arbres i arbustos de tres zones diferents del pati. Escollirem les zones on, en l'activitat anterior, els nens i les nenes van preveure més biodiversitat, i també alguna zona on van predir menys biodiversitat. Això els permetrà constatar que fins i tot a zones com ara la pista de ciment o a les edificacions hi ha vegetació. Segons l'organització del grup, podem inventariar més o menys zones.

En relació a la segona pregunta -com ho farem?-, proposarem que cada grup d'alumnes faci l'inventari de dues de les estacions d'investigació acordades. D'aquesta manera, tindrem dades d'almenys dos grups per a cada estació. Les estacions d'investigació es delimitaran marcant un espai d'un metre quadrat, del qual prendrem les mostres. Per seleccionar on ubicar aquest quadrat, llançarem a l'atzar una pedra, una pilota de tennis o qualsevol altre objecte i, el punt on caigui serà el centre del quadrat 1x1 de mostratge. A partir d'aquí, reflexionarem sobre la importància que tots els grups recullin les dades de la mateixa manera, plantejant preguntes com ara: *què passaria si cada grup recollís les dades de formes diferents?*; *què passaria si observem extensions diferents?*

També acordarem el disseny del full de registre per recollir dades, que haurà d'incloure un espai per descriure en general com és la parcel·la marcada, indicant orientació, pendent, possibles perturbacions properes, temperatura, hores de Sol i els animals observats. Aquestes dades ens ajudaran a establir relacions més endavant. A més, el full de registre inclourà una taula amb el nom de l'espècie identificada i el nombre aproximat d'exem-

plars en el metre quadrat mostrejat. A la web de Patís Biodivers es poden trobar exemples de fulls de registre: <https://mon.uvic.cat/biodiver/files/2023/10/Plantes-biodiver-2023.pdf>

El full de registre ens permetrà comptar el nombre d'espècies i individus de la parcel·la de mostreig, però no ens indica la distribució de les plantes a la parcel·la. Per això, proposarem que els nens i les nenes facin un plànol del metre quadrat amb la distribució aproximada de cadascuna de les espècies de plantes identificades, usant colors diferents. Si volem fer-ho més senzill, podem utilitzar un codi de colors més general, indicant el verd per a zones amb més vegetació; el taronja per a espais amb una mica de vegetació; i vermell per a zones amb poca o cap vegetació.

Pel que fa al material necessari per a la recollida de dades, caldrà un cordill per delimitar la parcel·la de mostratge, cinta mètrica per mesurar la parcel·la, estaves per enganxar-hi els fils, el full de registre acordat per tot el grup classe i una carpeta o una fusta per poder escriure-hi fàcilment al damunt mentre s'està mostrant, llapis, guies o aplicacions per identificar les plantes, termòmetre, lupa de mà i càmera fotogràfica. També poden ser útils bosses de plàstics per recollir mostres de plantes i observar-les amb més calma a l'aula.

Per organitzar el material en el grup, cada membre tindrà una tasca concreta: qui porti el registre anotarà les dades al full de registre; l'infant encarregat d'identificar plantes reconeixerà les que hi ha a la parcel·la del mostratge; qui faci fotografies, capturarà imatges de l'espai i dels voltants, i també de les espècies no identificades per buscar-les després a classe. Finalment, qui compti els individus d'una mateixa espècie completarà el full de registre sobre la distribució i ocupació de l'espai.

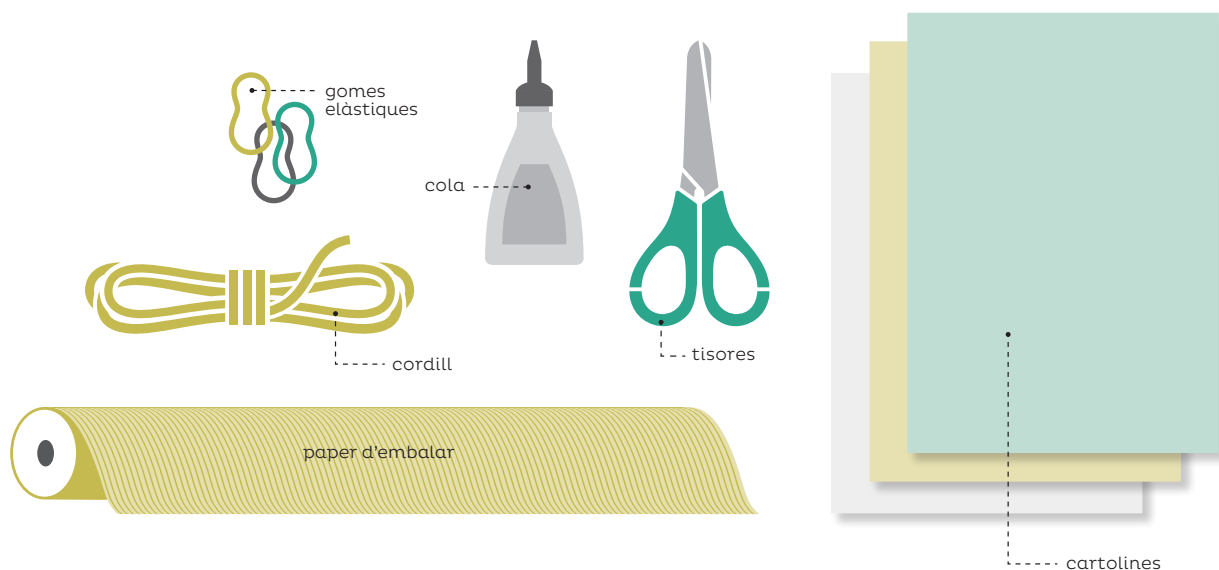
Un cop finalitzat el mostratge tornarem a l'aula i demanarem als infants que pensin una manera de representar les dades de forma conjunta per respondre a la pregunta d'investigació: *quines zones del nostre pati tenen més o menys biodiversitat?* Una manera visual de representar les dades és utilitzar peces de Lego o peces de fusta de diferents colors per crear gràfics 3D sobre un mapa del pati: cada color representarà una espècie diferent de planta, i la quantitat de peces d'un color indicarà el nombre d'individus observats d'aquella espècie. Així, es podrà veure clarament on hi ha més biodiversitat, tant en nombre d'espècies com d'individus dins d'una mateixa espècie.

Aquest tipus de representació visual permet a l'alumnat comprendre millor les relacions entre els diferents espais del pati. Per exemple, un espai pot tenir moltes espècies diferents però pocs individus de cada espècie, mentre que un altre pot tenir poques espècies però molts individus d'una sola espècie. Científicament, hi ha més diversitat on hi ha més plantes diferents amb un nombre similar d'individus, que no pas on poques plantes o alguna espècie domina clarament sobre les altres perquè té molts més individus que totes les altres. Finalment, intentarem relacionar el conjunt de dades obtingut amb les condicions ambientals de cadascuna de les zones del pati.

Amb aquest procés, l'alumnat haurà aconseguit recollir dades empíriques sobre la biodiversitat vegetal del pati i, a través d'aquesta investigació, podran començar a comprendre millor com les condicions ambientals influeixen en la distribució de les plantes.

## Activitat 3

# REPRESENTEM LES DADES EN UN MAPA I FEM UN XARXA DE RELACIONS



### Material per a un grup de quatre persones

Cordills, cartolines, paper d'embalar gran, goma, tisores, cola d'enganxar.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** La biodiversitat engloba la varietat d'éssers vius en un determinat espai.

**Idea 2.** La riquesa d'espècies no és homogènia en l'espai i normalment presenta diferències quan comparem diferents llocs en funció de les variables ambientals i les perturbacions.

**Idea 4.** Es pot explicar la biodiversitat d'un determinat ambient component com els elements abiòtics i les diferents poblacions d'éssers vius s'interrelacionen, de manera que un canvi en un produeix canvis en els altres.

## Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Iniciarem l'activitat amb la revisió de les dades obtingudes a l'activitat anterior, on l'alumnat va realitzar un inventari de la vegetació del pati. Fins ara sabem on hi ha més i menys biodiversitat de vegetació, però no els motius pels quals es distribueix d'aquesta manera. Això ens porta a la segona i tercera preguntes d'investigació que hem identificat a la primera activitat: *com és que hi ha més biodiversitat en uns espais?, és a dir, quin tipus d'elements trobem en aquests espais que necessiten les plantes per viure? i quines relacions hi ha amb altres elements del pati?*

Per introduir la idea de xarxa de relacions, recordarem als nens i nenes que a la natura, les diferents espècies d'organismes vius no estan aïllades, sinó interconnectades de moltes maneres, influïdes tant per factors abiòtics (llum, aigua, temperatura, etc.), com per factors biòtics (altres éssers vius).

Per tal d'entendre millor per què algunes plantes viuen on viuen construirem una xarxa de relacions de les parcel·les investigades. Treballarem en grups cooperatius, i cada grup elaborarà la xarxa de relacions corresponent a la parcel·la on hagi trobat més biodiversitat. A partir de les dades recollides en l'activitat anterior (fotografies, les condicions abiòtiques d'aquests espais, inventari d'espècies i registre de distribució), cada grup retallarà les cartolines per fer targetes i amb els noms dels elements que interaccionen en aquell espai i crearà una xarxa de relacions que impliqui els organismes que hi viuen.

Un cop tinguin les targetes, se'ls proporcionarà cordills per representar les relacions que pensen que es produeixen entre les plantes, els factors ambientals i altres

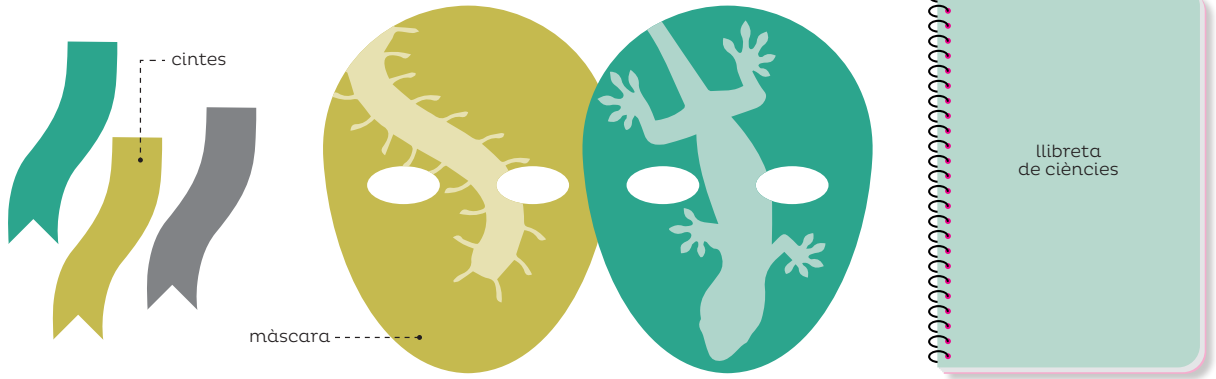
éssers vius. Si una planta depèn d'un animal per a la pol·linització, connectaran la planta amb l'animal corresponent mitjançant el cordill; si dues espècies competeixen pels mateixos recursos, col·locaran un cordill entre elles per indicar aquesta relació de competència; si hi ha una espècie que s'ajuda d'una altra per sobreviure en una relació mutualista, també ho hauran de reflectir col·locant un cordill entre elles.

Guiarem la conversa amb preguntes com ara: *a banda de les espècies de plantes que hem vist, quins altres elements heu observat?; hi havia altres éssers vius, per exemple animals?; de què es deuen alimentar aquests animals?; quins depredadors deuen tenir aquestes espècies? si pensem en què necessita la planta per viure, quins altres elements tenia a l'abast?; de què es nodreix aquesta planta?;* etc. Aquestes preguntes han de facilitar una conversa que permeti anar afegint elements a la xarxa de relacions de la parcel·la investigada i ajudar l'alumnat a reconèixer la importància de la interrelació entre les espècies d'un ecosistema, i entre aquestes i els factors ambientals.

Un cop elaborades les xarxes de relacions de la seva parcel·la d'investigació, encetarem una conversa per analitzar les semblances i diferències entre els grups. Això ens permetrà concloure que les plantes interactuen constantment amb els elements del seu entorn i amb altres organismes vius amb qui conviuen en un mateix espai. També ens servirà per començar a pensar què passaria si un element desaparegués, per exemple l'aigua en cas de sequera, o si hi aparegués una espècie invasora de cop. Aquestes preguntes ajudaran a comprendre l'impacte que tenen aquestes pertorbacions en tota la xarxa, aspecte que ampliarem a la següent activitat.

## Activitat 4

# I SI L'ECOSISTEMA CANVIA?



### Material per a un grup de quatre persones

Cintes o mocadors de diferents colors, màscara de cuc, màscara de llangardaix, folis o llibreta de ciències.

### Idees clau treballades amb aquesta activitat

**Idea 1.** La biodiversitat engloba la varietat d'éssers vius en un determinat espai.

**Idea 2.** La riquesa d'espècies no és homogènia en l'espai i normalment presenta diferències quan comparem diferents llocs en funció de les variables ambientals i les pertorbacions.

**Idea 4.** Es pot explicar la biodiversitat d'un determinat ambient comprenent com els elements abiòtics i les diferents poblacions d'éssers vius s'interrelacionen, de manera que un canvi en un produeix canvis en els altres.

### Descripció de l'activitat i orientacions didàctiques

Aquesta activitat té com a objectiu consolidar els aprenentatges adquirits al llarg de tot l'itinerari i aju-

dar l'alumnat a comprendre amb més profunditat la importància de les relacions entre els organismes vius que conviuen en un ecosistema. A través d'un joc de simulació i una reflexió posterior, podran experimentar com els canvis en algun element de la xarxa poden tenir conseqüències en la biodiversitat de tot l'ecosistema.

Per començar, recuperarem tots els productes de coneixement generats en les activitats anteriors: les idees inicials dels nens i les nenes, les preguntes d'investigació, les dades recollides sobre la biodiversitat al pati, les conclusions extretes i la xarxa de relacions construïda a l'activitat anterior. A partir d'aquesta informació, cada grup revisarà com han evolucionat les seves idees des de l'inici fins ara. Convidarem l'alumnat a recordar què pensaven al principi i a reflexionar si han canviat d'opinió en algun aspecte i per què. Aquest procés hauria d'ajudar l'alumnat a prendre consciència del seu propi aprenentatge i de com han anat construint nous coneixements.

Després d'aquesta revisió, els proposarem un joc de simulació per estructurar i consolidar els conceptes treballats. Es tracta d'un joc de la Guia Hàbitat de la Xarxa d'Escoles per a la Sostenibilitat de Catalunya, disponi-

ble públicament en línia ([https://habitat.escolesxesc.cat/wp-content/uploads/2020/10/ACT35\\_CucsiLlangardaixos.pdf](https://habitat.escolesxesc.cat/wp-content/uploads/2020/10/ACT35_CucsiLlangardaixos.pdf)).

Per dur-lo a terme, sortirem a un espai ampli a l'aire lliure i organitzarem el grup classe en rols dins d'un ecosistema: un 65% dels infants representaran plantes (formades per un infant), un 25% seran cucs (formats per 3 infants) i un 10% faran de llangardaixos (inicialment també un infant). Les plantes romandran quietes i separades entre elles; els cucs es mouran per l'espai buscant plantes per menjar i, quan en trobin una, l'agafaran de la mà i aquesta s'unirà al seu cos. Els llangardaixos, en canvi, hauran de caçar cucs per sobreviure atrapant-los per la cua. Quan un llangardaix n'aconsegueix caçar un, l'infant que feia de cap del cuc s'incorpora al llangardaix, que es fa més llarg.

Cada ronda de joc pot acabar de tres formes: s'acaben les plantes, s'acaben els cucs o mor un dels llangardaixos. Al final de cada ronda reflexionarem sobre què passaria amb els cucs i els llangardaixos en cadascun dels casos.

A continuació, simularem que uns agricultors han decidit aplicar pesticides per evitar que els cucs es mengin les plantes. Per representar aquesta situació, algunes plantes es col·locaran una cinta al braç per indicar que han estat contaminades. Quan un cuc es menja una d'aquestes plantes, també s'infecta, i a partir de dues cintes ingerides, haurà de moure's a peu coix. Si un llangardaix es menja un cuc infectat, la contaminació es transmet al seu cos, i amb 3 cintes, també haurà de desplaçar-se a peu coix. Si un cuc acumula massa pesticides (3 cintes), mor i es converteix en planta. Si un llangardaix es contamina massa (5 cintes), també mor, i les cintes que duia cauen al terra, representant

la persistència dels pesticides al sòl. El joc es repeteix un parell de vegades per observar com l'ecosistema es veu afectat progressivament.

En acabar el joc, tornarem a l'aula per analitzar el que ha passat. Els nens i les nenes compartiran les seves observacions i reflexionaran sobre les conseqüències dels canvis en un ecosistema. Guiarem la conversa amb preguntes com ara: *què ha passat al final de la partida, què ha passat quan els cucs i els llangardaixos s'han quedat sense aliment?, com han afectat els pesticides als éssers vius?, què ha passat amb els pesticides quan els animals han mort?* Farem adonar l'alumnat que els pesticides es transmeten d'un ésser viu a un altre i s'acumulen en els predadors més grans, ja que no són biodegradables, de manera que poden causar danys inesperats. El pagès no volia matar llangardaixos, però pot ser que el resultat final sigui aquest.

A partir d'aquesta reflexió, plantejarem un nou escenari per fer prediccions sobre com un altre canvi ambiental podria afectar la biodiversitat del pati. Explicarem la nova situació: *«fa mesos que no plou i les plantes tenen dificultats per créixer. Alguns insectes comencen a desaparèixer perquè no troben aliment. Com creus que això afectarà la resta d'éssers vius del pati?»*. Cada infant escriurà i dibuixarà la seva resposta i pensarà què podria passar si la sequera durés molts mesos.

Finalment, posarem en comú les prediccions de l'alumnat i les contrastarem amb tot el que s'ha après, tant amb el joc com amb les altres activitats de l'itinerari. A partir d'aquí, convidarem els infants a revisar les seves idees inicials i a reflexionar sobre com han canviat al llarg de l'aprenentatge, reforçant la idea que els ecosistemes són xarxes interconnectades i que qualsevol canvi pot tenir conseqüències per a la biodiversitat.

## Bibliografia

- Amat, A.; Martí, J.; Grau, V. (2016): *Investiguem la matèria*. Col·lecció Petits Talents Científics. Barcelona: FCRI, Ajuntament de Barcelona i Fundació Bancària "la Caixa".
- Amat, A.; Martí, J. i Darné, I. (2018): *Investiguem com funciona el cos humà*. Col·lecció Petits Talents Científics. Barcelona: FCRI, Ajuntament de Barcelona i Fundació Bancària "la Caixa".
- Departament d'Educació (2022) DECRET 175/2022, de 27 de setembre, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica. DOGC, 8762.
- Cañal, P. (2005): *La nutrición de las plantas: enseñanza y aprendizaje*. Madrid: Síntesis.
- Haskel-Ittah, M. (2023). «Explanatory black boxes and mechanistic reasoning». *Journal of Research in Science Teaching*, 60(4), 915–933.
- Izquierdo, M. (2005): «Hacia una teoría de los contenidos escolares». *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.
- Martí, J. (2006): «Secuencias de preguntas para pensar e investigar sobre la nutrición y la reproducción de las plantas», a Tomàs, C.; Casas, M. (ed.) *Educación primaria: Orientaciones y recursos (6-12 años)*. Barcelona: Ciss Praxis, p. 243-253.
- Martí, J. (2012): *Aprender ciencias a l'educació primària*. Barcelona: Graó.
- Martí, J.; Amat, A.; Grau, V. i Jiménez, I. (2020): «Investi-  
gar sobre els canvis en la matèria a l'educació primària». *Educació Química*, 27, 12-18.
- Pozo (2014): *Psicología del Aprendizaje Humano: Adquisición de conocimiento y cambio personal*. Madrid: Morata.
- Rammou, Ch.; Martín-Ferrer, L.; Amat, A. (2024): «La competencia ecociudadana del alumnado de primaria frente la pérdida de biodiversidad». *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 13(1), 89-107.
- Shtulman, A. (2017): *Scienceblind. Why our intuitive theories about the world are so often wrong*. New York: Basic Books.
- Wandersee, J. H. y Schussler, E. E. (1999): «Preventing plant blindness». *The American Biology Teacher*, 61(2), 82-86.

## ANNEX 1

Concept cartoon per explorar les idees dels infants sobre la pol·linització

La Clàudia, l'Omar, la Karina i el Teo han anat d'excursió. Quan han parat a esmorzar al prat, han vist que hi havia molts insectes donant voltes per les flors. Això ha provocat que tinguessin aquesta discussió:

Els insectes agafen el pol·len. Els insectes ajuden a que les plantes facin flors

Omar

El pol·len queda enganxat als insectes. El pol·len seveix perquè una altra planta pugui fer fruit.

Clàudia

Només són les abelles que agafen el pol·len de les flors. Si el pol·len cau a terra, neix una nova planta.

Teo

Les flors del prat no necessiten les abelles. Les abelles només van a les flors perquè hi van a buscar el pol·len per menjar.

Karina

I tu, què en penses? Amb quin o amb quins d'ells estàs d'acord? Per què?

# Índex

- 3 Presentació
- 4 Investigar a l'aula per ajudar a adquirir cultura científica
- 6 Investigar sobre les plantes
- 8 **Quan el problema és comprendre com es nodreixen les plantes**
- 13 Activitat 1: Explorem quines són les necessitats de les plantes per viure
- 17 Activitat 2: El circuit de l'aigua per la planta
- 24 Activitat 3: La captació de la llum
- 27 Activitat 4: Construïm una maqueta de la planta
- 30 **Quan el problema és comprendre el paisatge local i els seus canvis recents**
- 33 Activitat 1. Explorem les idees dels infants sobre la flor i sobre el pas de la flor al fruit
- 35 Activitat 2. Observem les flors
- 37 Activitat 3. El pas de la flor al fruit
- 39 Activitat 4. Coevolució de formes i funcions
- 42 **Quan el problema és explicar el cicle vital i la reproducció de les plantes**
- 45 Activitat 1. Explorem les idees dels infants sobre la biodiversitat al pati de l'escola
- 47 Activitat 2. Investiguem la vegetació del pati
- 50 Activitat 3. Representem les dades en un mapa i fem un xarxa de relacions
- 52 Activitat 4. I si l'ecosistema canvia?
- 54 Bibliografia
- 54 Annexos

## **Crèdits**

### **Edita:**

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

### **Text:**

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

### **Coordinació:**

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

### **Disseny gràfic, maquetació i il·lustracions:**

Jordi Salvany

### **Barcelona, desembre de 2025**

© de l'edició: Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació

© dels textos i les imatges: els autors esmentats

978-84-89570-38-2

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

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

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

