

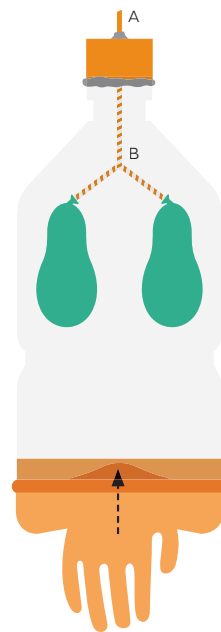
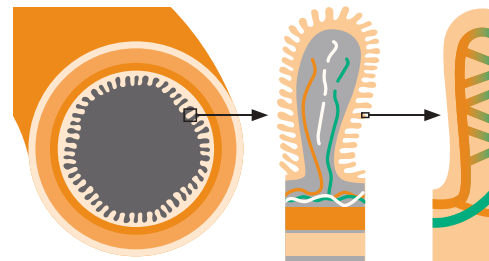
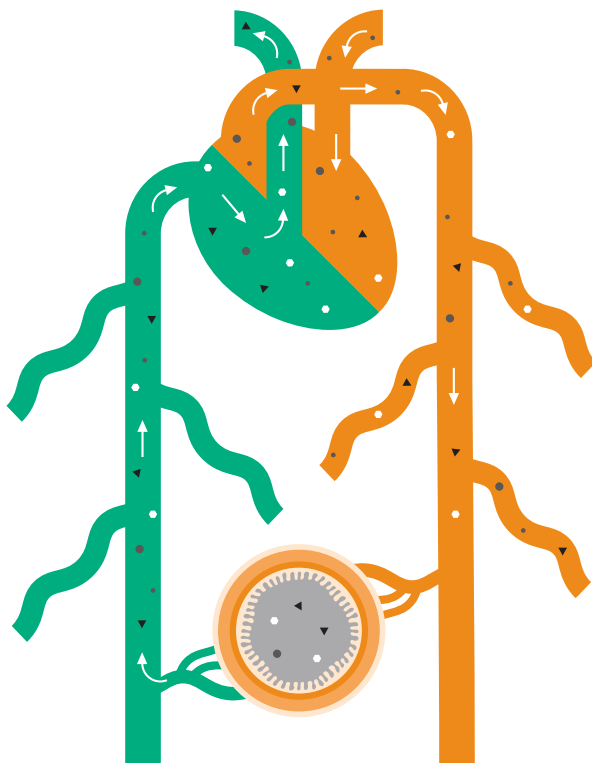
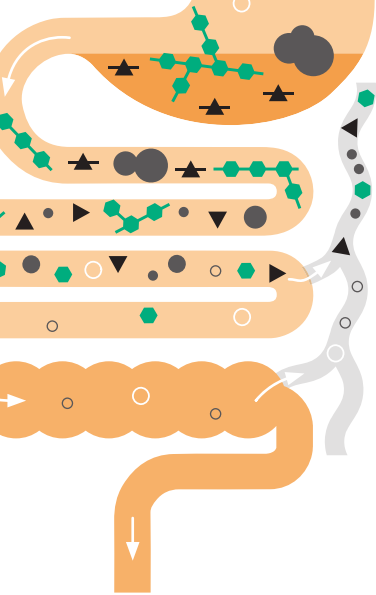
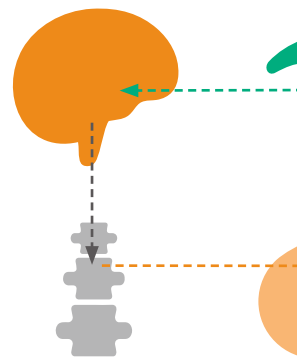
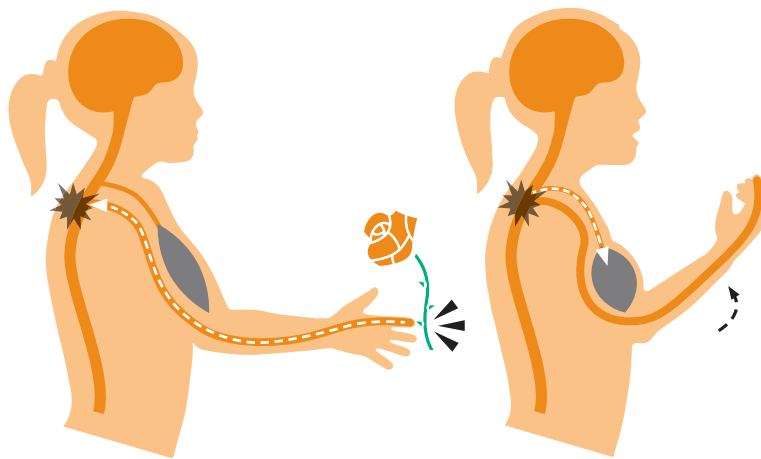
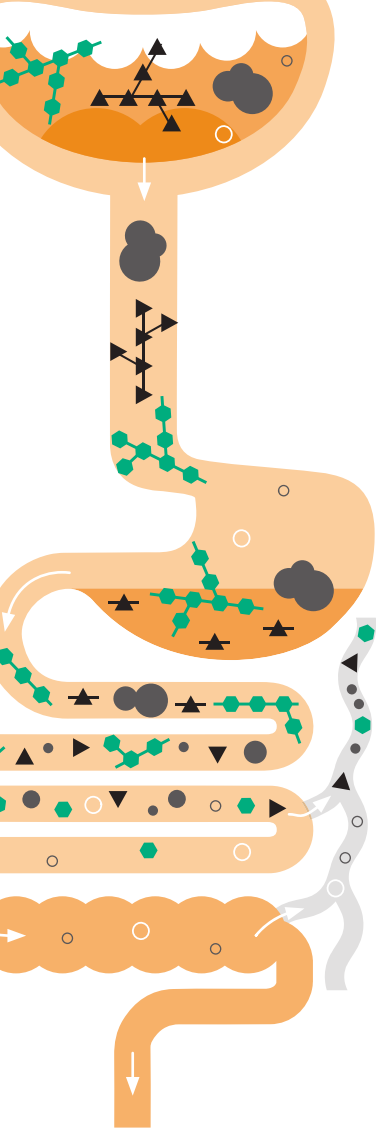
# Investiguem com funciona el cos humà

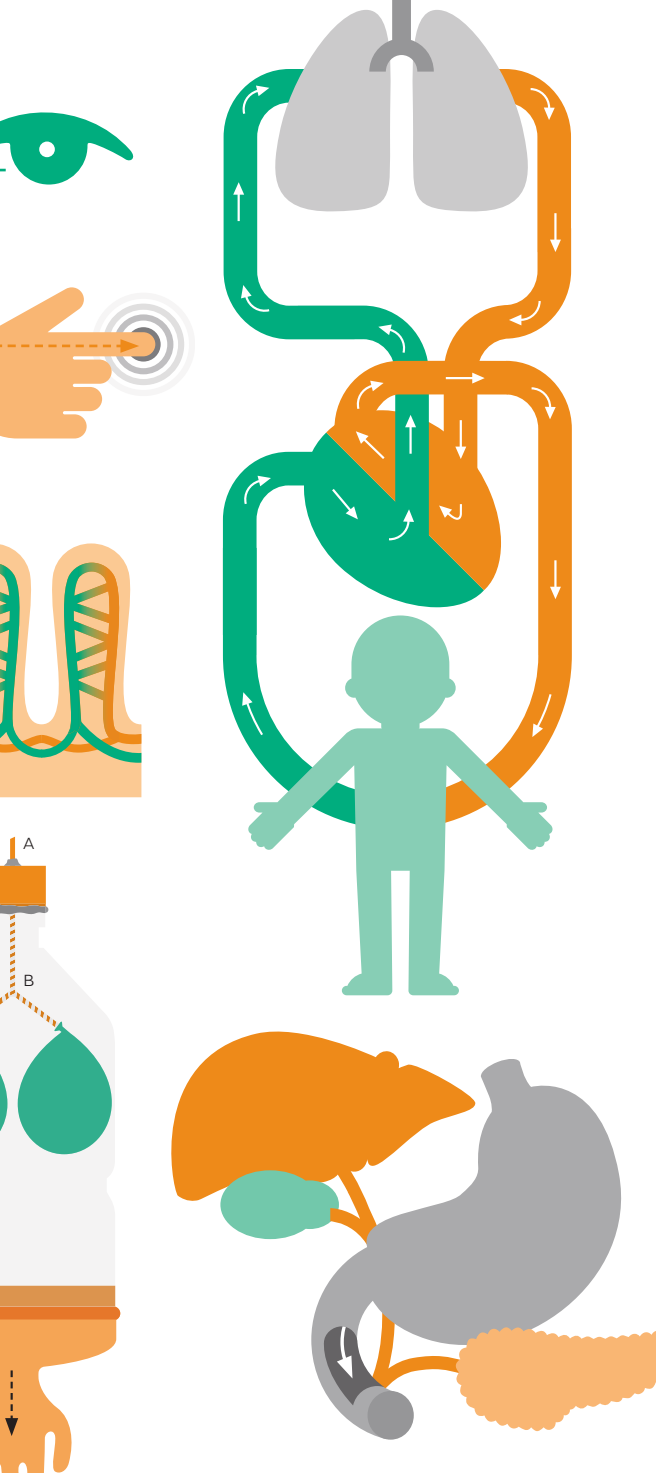
Arnau Amat, Jordi Martí i Irma Darné



# **Investiguem com funciona el cos humà**

**Arnau Amat, Jordi Martí i Irma Darné**





## Presentació

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

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

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: primer va ser la matèria, ara el cos humà, i continuarem amb els fenòmens astronòmics i els éssers vius, entre d'altres.

En aquest llibre s'apleguen els continguts i les propostes de treball pràctic al voltant del funcionament del cos humà. Els mestres de primària hi trobaran orientacions didàctiques per treballar aquesta temàtica: des d'un plantejament general sobre com abordar la recerca del propi cos per part dels alumnes, a propostes concretes de treball per a un seguit de sistemes específics (els nutrients, la respiració, la informació). S'aborden els continguts científics que cal conèixer, les idees prèvies que els alumnes solen tenir, les activitats que es proposen i com treure'n tot el profit pedagògic.

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

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

# Introducció

Aquesta publicació és el recull dels continguts, els experiments i les activitats que s'han treballat en la quarta edició del curs per a mestres de cicle mitjà i superior d'educació primària que forma part del programa Petits talents científics, coorganitzat per l'Institut d'Educació de l'Ajuntament de Barcelona, la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació, i EduCaixa de l'Obra Social "la Caixa". Al llarg del curs 2016-2017, el programa s'ha centrat a ajudar el professorat a desenvolupar projectes d'investigació amb el seu alumnat sobre el funcionament del cos humà, un dels blocs curriculars bàsics del coneixement del medi natural de primària.

D'aquesta manera, aquest material ha estat estructurat en dos grans blocs. En primer lloc, es presenta l'enfocament metodològic del llibre que es basa a promoure una investigació autèntica, com la que fan els científics, per aprofundir en el coneixement de la cultura científica amb l'alumnat de primària. En segon lloc, es concreta la metodologia que s'ha presentat en tres temes clau del cos humà que hem estructurat en tres parts: el camí que fan els nutrients, el camí que fan els gasos i el camí que fa la informació, a dins del cos humà.

Al mateix temps, cada un dels tres camins s'ha estructurat en quatre parts. En primer lloc, es dona la informació anatòmica i fisiològica necessària perquè el mestre pugui treballar aquest tema a primària. En segon lloc, es descriuen les principals idees intuïtives que tenen els infants sobre el funcionament de cada un dels camins que es tracten. En tercer lloc, es presenten les idees bàsiques que des del nostre punt de vista cal treballar amb les nenes i els nens de primària. I, finalment, es proposen quatre activitats per a cada un dels camins.

Les activitats són una selecció de totes les que es van presentar al llarg del curs 2016-2017 en el programa

Petits talents científics i estan destinades a ajudar el professorat, perquè les nenes i els nens de primària puguin canviar les seves idees i construir un model mental sobre com funciona el cos humà més coherent amb el que diu la ciència. Per aquest motiu no es presenten els experiments com una recepta, sinó que s'acompanyen d'una descripció detallada de com guiar l'alumnat al llarg de la investigació.

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

# Investigar per comprendre el funcionament del cos humà

## Cap a una manera autèntica d'investigar el cos humà

Aprendre com està fet el cos humà i, sobretot, com funciona és sens dubte un repte important. Ho ha estat per als científics que al llarg de dos mil anys, des de Gal·leu a l'actualitat, han investigat l'anatomia i la fisiologia humanes, però també ho és per als nens i nenes a l'educació primària.

Un dels primers reptes és metodològic, ja que per a qualsevol mestre és molt difícil generar un context d'investigació autèntica a la seva aula com la que fan els científics. Com ja hem defensat en altres ocasions (Martí, 2012; Amat, Martí i Grau, 2016), el nostre punt de vista és que els infants de primària han d'estar involucrats en processos d'investigació en què es puguin fer preguntes, obtenir i analitzar dades reals i construir models que puguin ser usats per construir explicacions i prediccions, tal com fan els científics quan investiguen.

La finalitat de la ciència és investigar per comprendre els fenòmens naturals del món. Per construir coneixement, els científics treballen en dos grans àmbits: l'àmbit de les dades i els fets i l'àmbit dels models i les explicacions. L'àmbit de les dades i els fets té a veure amb les activitats que fan els científics quan experimenten amb el món real, és a dir, com els científics obtenen dades a través de l'observació i les analitzen per establir unes conclusions. D'altra banda, l'àmbit dels models i les explicacions té a veure amb les activitats que fan els científics quan fan servir les idees per comprendre el món real, és a dir, en com construeixen models a través dels quals construeixen explicacions.

En aquest sentit, un dels reptes més importants en la investigació del cos humà és la dificultat per poder obte-

nir dades observables, la qual cosa obliga a centrar-se necessàriament en la construcció i l'ús de models que permetin explicar com funciona el cos humà. Amb tot, aquesta manera d'enfocar l'ensenyament del cos humà a partir de la modelització està encara allunyada de la realitat de les aules. Alguns docents, tot i que cada vegada menys, aposten per les sessions expositives en què els infants adopten un rol molt passiu i escolten les explicacions del mestre o porten a terme experiments puntuals per demostrar fets concrets. D'altres aposten per fer una investigació centrada en la cerca d'informació. En aquest sentit, els infants es plantegen preguntes, acaben cercant la resposta a llibres o internet i molt sovint acaben fent un treball escrit en què es dona la resposta a la pregunta inicial. Encara que estiguem d'acord que una competència important que cal treballar és la cerca i la selecció de la informació provinent de diverses fonts, com ara internet o llibres de text, cal tenir en compte que basar l'aprenentatge de les ciències en només aquestes habilitats provoca perdre oportunitats perquè les nenes i els nens de primària puguin participar en propostes d'investigació autèntica com la que plantegem. A més a més, aquestes metodologies provoquen que donem una imatge de ciència gairebé idèntica a la que es dona a les classes magistrals: la ciència és un cos de coneixements veritables i inamovibles que només cal aprendre's de memòria per reproduir-los posteriorment.

## Cap a un enfocament que permeti comprendre el funcionament del cos humà

Un altre repte és causat per com els infants construeixen el coneixement científic. Els processos espontanis de construcció del coneixement per part de les nenes i els nens més petits estan molt basats en la percepció i l'experiència directa amb els fenòmens, i

això fa molt difícil poder explicar i comprendre el funcionament del cos humà, del qual tenim molt poques experiències directes. Per això, els mestres no hem de trobar estrany que les nenes i els nens tinguin un coneixement anatómic molt superficial, com exposarem més endavant de manera més concreta. D'altra banda, tampoc hem de preocupar-nos si basen sovint el seus raonaments sobre el funcionament del cos humà en l'antropomorfització o fan ús del seu coneixement i experiències amb els fenòmens físics del seu entorn per aplicar-los als fenòmens biològics estudiats. Més aviat, els mestres hauríem d'entendre que aquestes dues estratègies posen clarament de manifest la voluntat per part dels nens i nenes d'usar els recursos cognitius que inicialment tenen disponibles, i això ho hem de considerar un aspecte molt valuós, perquè és des d'aquests coneixements i raonaments incipients que haurem d'ajudar els alumnes a construir nou coneixement biològic.

D'entrada, per tant, els mestres ja podem suposar que tot el coneixement anatómic i fisiològic que vagi més enllà de l'experiència directa (com per exemple la digestió química, l'absorció dels nutrients, la circulació de la sang, el transport d'oxigen a la sang, la transmissió d'informació en el sistema nerviós, etcètera), es desenvoluparà amb dificultats i, per tant, caldran períodes de temps amplis en els quals es farà necessari no només investigar el cos humà, sinó interrelacionar aquestes investigacions amb d'altres de relacionades amb l'estructura de la matèria, els canvis químics, etcètera, al mateix temps que anem ajudant els nens i nenes a centrar-se en la recerca de causes mecàniques (i no pas funcionals o intencionals) als diferents processos biològics que s'investiguin. Fem totes aquestes reflexions per subratllar que és molt fàcil que els i les mestres subestimem les dificultats reals que els infants tenen

quan s'enfronten a la comprensió de la composició i el funcionament del cos humà.

Molts investigadors han considerat que el canvi conceptual és un element imprescindible per al desenvolupament de la comprensió biològica. En aquesta línia, alguns autors defensen que les nenes i els nens desenvolupen, en primer lloc, el seu coneixement psicològic, i usen aquest coneixement per explicar el funcionament del cos humà (Carey, 1985). Això es demostraria en el fet que molt sovint no apellen a causes mecàniques per explicar el funcionament del cos humà, sinó que expliquen algunes funcions vitals, per exemple la nutrició o la relació, en termes psicològics o socials (per exemple: “menjo per continuar viu, tenir salut i poder jugar”, “menjo per tenir energia i fer esport que és el que m'agrada”, “menjo per créixer i fer-me gran com els pares”, “tinc ulls per veure les coses”), contràriament a les causes purament fisiològiques o mecàniques, que és com la biologia i la medicina expliquen el funcionament dels éssers vius i el cos humà. Segons aquests autors, el coneixement biològic dels infants es desenvolupa progressivament fruit de l'ensenyament explícit sobre el cos humà que es produeix bàsicament, encara que no només, a l'entorn escolar.

*De ben petits, els nens i nenes tenen capacitat per construir explicacions sobre el funcionament del cos humà en termes de causalitat mecànica a través de la construcció d'analogies*

Aquesta visió del desenvolupament del coneixement biològic dels infants coexisteix amb una altra posició segons la qual les nenes i els nens no passen primer per una etapa en què expliquen psicològicament els processos biològics, sinó que defensen que les nenes i els nens tenen ja des de molt petits un embrió de co-

neixement purament biològic, tot i que no tinguin un coneixement concret de la majoria dels mecanismes biològics que hi ha darrera de la major part de processos vitals (Inagaki & Hatano, 2002). Segons aquests autors, els infants, des de molt petits, distingirien força clarament els processos psicològics dels biològics, tot i que aquesta distinció sigui tàcita i els costi molt articular-la de manera explícita. Aquesta posició entronca amb la d'altres investigadors que han mostrat la capacitat que, des de ben petits, els nens i nenes tenen per construir explicacions sobre el funcionament del cos humà en termes de causalitat mecànica (Au & Romo, 1999), capacitat que, com ja s'ha dit més amunt, deriva del fet que els infants adquireixen molt ràpidament coneixements sobre com els objectes i les substàncies es comporten en termes mecànics, la qual cosa els permet aplicar aquest coneixement als processos biològics a través de la construcció d'analogies. Així doncs, abans que les nenes i els nens comprenguin els mecanismes pròpiament biològics, els poden explicar aplicant el seu coneixement intuïtiu sobre el comportament mecànic dels objectes. Això explicaria, per exemple, com de fàcil és per a la majoria d'alumnes considerar plausible i comprendre el procés de digestió mecànica dels aliments i, per contra, com és de difícil comprendre la digestió química o l'absorció intestinal dels nutrients.

En resum, comprendre l'anatomia i el funcionament del cos humà no és simplement un problema d'incorporar informació nova, sinó que suposa un procés més complex de canvi conceptual en què els nens i nenes hauran de revisar els seus models i representacions mentals sobre el cos i, a més a més, hauran d'aprendre a explicar els processos biològics apel·lant a causes físiques i biològiques, superant així la causalitat intencional que usen habitualment d'una manera més espontània.

## Cap a una comprensió fisiològica del cos humà

Amb tot, tradicionalment la manera de treballar el cos humà a l'escola ha estat centrada en l'aprenentatge de l'anatomia i en l'acumulació de nova informació. Només cal mirar la majoria de llibres de text o moltes de les propostes educatives disponibles a la xarxa per veure com l'estudi es focalitza en l'aprenentatge memorístic dels òrgans, aparells i sistemes. La manera d'avaluar aquests continguts són les típiques siluetes del cos humà acompanyades d'unes fletxes perquè els infants escriguin els noms de cada una de les parts.

Aquesta manera d'ensenyar i d'avaluar els coneixements es focalitza només en la importància del reconeixement de les parts anatòmiques i sobreentén que la suma del coneixement de cada una de les parts ens portarà a la comprensió del funcionament de tot el conjunt. Estudis recents en didàctica (com per exemple Carvalho, Silva, Nelson et al 2004) mostren com aquesta manera de fer ciència no és eficaç perquè infants i adolescents acabin comprenent com funciona el cos humà, ja que provoca una visió parcel·lada i no integrada, però tampoc és eficaç perquè els alumnes acabin comprenent com els científics investiguen.

*El punt de vista fisiològic que presentem en aquest llibre permet construir models complexos, en què interaccionen aparells i sistemes entre si, i fa possible construir explicacions que responguin a bones preguntes*

Per contra, la proposta que presentem en aquesta publicació posa el focus en la fisiologia, és a dir, en el funcionament dels òrgans, aparells i sistemes que formen el cos humà. Tal com indica el currículum oficial, entenem que els infants al final de l'etapa de primària hau-



rien de ser capaços de fer explicacions bàsiques sobre com funciona el cos humà i relacionar-ho amb els aspectes més importants d'educació per a la salut.

A més a més, el punt de vista fisiològic permet construir models complexos, en què interaccionen aparells i sistemes entre si, per construir explicacions que responguin a bones preguntes (Márquez, Roca, Gómez et al., 2004). Alguns dels exemples de les preguntes d'aquest estil que van aparèixer al llarg del curs de Petits talents científics van ser: Com és que suem i ens posem vermells quan fem esport? Com és que ens cansem i hem de respirar més fort quan fem esport? Com és que tenim pessigolles en algunes zones del cos i en d'altres no? Com és que hem de menjar per créixer? Aquestes preguntes són precisament les que han de servir per emmarcar i com a motor de la investigació, ja que són preguntes més enfocades en com funciona el cos humà que no pas amb l'anatomia.

Encara que en aquest llibre només ens centrarem en dues de les funcions vitals, és important que al llarg de la primària es posi l'èmfasi en l'estudi del cos humà en les tres funcions vitals comunes en tots els éssers vius:

- La funció de nutrició, que té a veure en com l'ésser humà incorpora substàncies de l'exterior cap a l'interior, com les reparteix per tot el cos amb l'objectiu de construir noves estructures i obtenir l'energia necessària per sobreviure. A més a més, aquesta funció també està relacionada amb com s'eliminen les substàncies de rebuig que el nostre propi cos genera. Els aparells i sistemes que hi estan implicats són molts més que l'aparell digestiu, ja que necessitem el sistema nerviós per detectar i notar sensorialment el menjar, l'aparell circulatori per repartir els nutrients arreu del cos, l'aparell respiratori per

captar els gasos i l'aparell excretor per eliminar les substàncies de rebuig.

- La funció de relació, que té a veure en com l'ésser humà incorpora informació de l'ambient, en com gestiona aquesta informació i en com elabora la resposta. En aquest sentit, no només el sistema nerviós hi està implicat, ja que també són necessaris l'aparell locomotor i l'endocrí per elaborar la resposta.
- La funció de reproducció, que té a veure en com els éssers humans generem nous éssers humans per perpetuar l'espècie i en com els éssers humans combinem la nostra informació genètica per passar-la a la descendència. En aquest sentit, els aparells implicats són l'aparell reproductor femení i masculí.

### Cap a l'ús de representacions per construir explicacions

Treballar a través d'un enfocament fisiològic comporta que l'objectiu sigui que els infants construeixin explicacions en què posin en joc la interacció de diversos òrgans, aparells i sistemes. Tal com han reflexionat diversos autors (Ogborn et al, 1998), l'estructura de les explicacions científiques és molt similar a una narració. D'una banda, les explicacions científiques tenen tot d'elements que interaccionen uns amb els altres, que serien com els protagonistes d'una història, i cadascun pot fer unes coses determinades. De l'altra, les interaccions d'aquests elements tenen lloc cronològicament, és a dir, es desenvolupen seguint un inici, un nus i un desenllaç.

L'objectiu és que els infants puguin construir una explicació de manera narrativa: els òrgans, sistemes i

aparells interactuaran com personatges d'una història amb unes determinades capacitats que els permeten realitzar certes accions.

L'objectiu és que els infants puguin construir una explicació de manera narrativa tan completa com sigui possible amb l'ajuda del docent sobre algun fenomen vinculat al funcionament del cos humà. D'aquesta manera, en una explicació sobre el cos humà, els òrgans, sistemes i aparells interactuaran com personatges d'una història amb unes capacitats determinades que els permeten realitzar certes accions. Així, per exemple, les dents tenen la capacitat d'esmicolar el menjar en trossos petits, però no de trencar les cadenes de nutrients; l'estómac amb els sucus gàstrics té la propietat de trencar les cadenes d'alguns nutrients; l'intestí prim té la capacitat d'absorbir nutrients, però no l'aigua, a la inversa que l'intestí gruixut.

Un element clau perquè els alumnes puguin construir aquestes explicacions són les representacions. Més concretament, l'ús de maquetes i dibuixos ha de servir per anar ajudant els nens i nenes a imaginar-se com és aquest cos humà per dins i com les diferents estructures interaccionen entre elles. A més a més, la maqueta i els dibuixos són l'expressió física de les nostres representacions mentals i, per tant, en el moment que les expressem físicament podem compartir-les, discutir-les i posar-les a prova amb altres persones.

Cal remarcar que amb l'ús de les maquetes no es pretén construir imatges que siguin rèpliques exactes dels llibres de text o dels models que es troben a vegades en consultes de metges o laboratoris. Al contrari, el que es pretén és que a través dels materials que els infants tenen a l'abast per construir la maqueta puguin fer analogies que facilitin la discussió i el raonament sobre les

funcions de les diferents estructures internes i com es relacionen les unes amb les altres. D'aquesta manera, no és tan important construir un intestí que realment sembli un intestí, sinó de buscar una analogia que serveixi per explicar quina funció té l'intestí.

Quan juguem amb maquetes i models que representen el món que volem comprendre, sempre hem de tenir en compte que la maqueta no pot capturar mai del tot allò que volem representar. De la mateixa manera que és impossible que un mapa pugui representar del tot tots els accidents geogràfics d'un indret, el model que construïm no representa tota la realitat. Per tant, tota representació té unes limitacions i és important que fem notar als infants les limitacions del nostre model.

### De la teoria a la pràctica

Al llarg de l'edició de Petits talents científics del curs 2016.-2017 que vam titular "El funcionament del cos humà" es van fer més d'una vintena d'activitats amb l'objectiu que les nenes i els nens de primària fossin capaços de construir aquestes explicacions narratives a partir de models complexos. En aquesta publicació, es presenten dotze d'aquestes activitats que hem agrupat temàticament en tres camins, que són els processos interns que fan alguns elements quan entren al cos humà. Els dos primers fan referència a l'estudi de la funció de nutrició i el tercer a la funció de relació.

- **El camí dels nutrients** forma part de la funció de nutrició i ha d'ajudar a generar explicacions de manera narrativa que permetin comprendre com els aliments són digerits, absorbits i transportats per tot el cos i com són eliminades les substàncies de rebuig.

- **El camí dels gasos** forma part també de la funció de nutrició i ha d'ajudar a generar explicacions de manera narrativa que permetin comprendre com els gasos són inspirats, transportats per tot el cos i com el cos es desfà dels gasos de rebuig.

- **El camí de la informació** forma part de la funció de relació i ha d'ajudar a generar explicacions de manera narrativa que permetin comprendre com el cos humà capta informació de l'exterior a través dels sentits, com el sistema nerviós central processa aquesta informació i com l'organisme dona una resposta.

Per cada camí s'han escrit tres apartats amb informació teòrica que creiem que és necessària perquè el professorat pugui portar a terme les activitats amb els seus alumnes. D'una banda, la informació fisiològica i anatòmica dels òrgans, aparells i sistemes que participen en cada un dels camins. De l'altra, un recull de les idees intuïtives que tenen els infants sobre cada una de les parts i del funcionament del cos humà. A continuació, es presenten aquelles idees més rellevants que cal treballar sobre cadascun dels camins amb infants de primària. Aquestes idees són una concreció del que està descrit en el currículum oficial.

En relació amb les activitats d'aula, la primera activitat que es descriu a cada camí sempre és una activitat per explorar les idees de l'alumnat. Entenem que la construcció de coneixement científic a l'escola ha de partir de com les nenes i els nens conceben el funcionament d'allò que els envolta. Per tant, l'objectiu d'aquestes primeres activitats sempre és que els infants puguin fer explícits els seus models mentals, perquè posteriorment el professorat pugui fer evident —a través de preguntes, converses i experimentació— les incoherències

d'allò que han expressat, per fer evolucionar la seva manera d'explicar.

Les activitats de cadascun dels camins es presenten sempre seguint la mateixa estructura:

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

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

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

# El camí dels nutrients: quan el problema és com utilitzem els nutrients per sobreviure

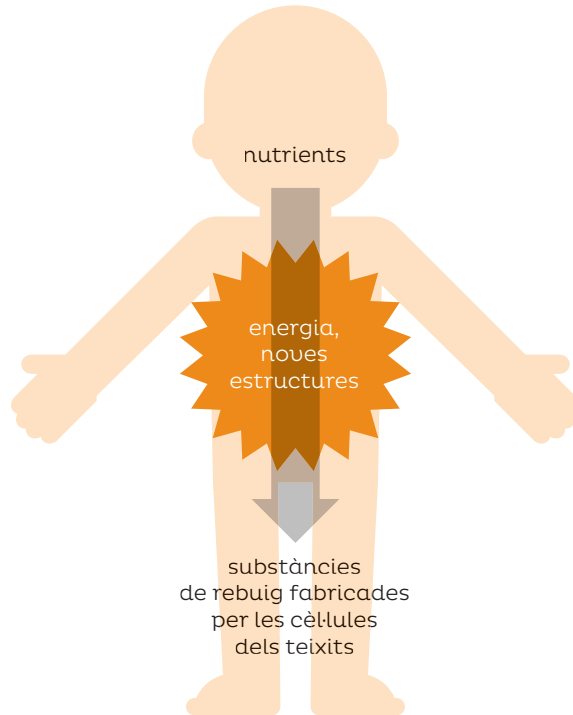


Figura 1. Esquema del camí dels nutrients, on s'explicita com els nutrients entren, es processen i són usats per obtenir noves estructures i energia.

El camí dels nutrients descriu com els aliments entren, es processen i són usats pel cos humà. Per tant, la construcció d'aquest camí ha de servir per respondre totes aquelles preguntes que tenen a veure amb l'alimentació i amb com els aliments es transformen en nutrients que ens ajuden a créixer, a reparar estructures o a tenir energia suficient per fer les funcions vitals. Els centres educatius que han participat en el programa Petits talents científics han utilitzat aquest camí per respondre algunes preguntes, com ara: "Com és que quan menjo creixo?" "Per què els esportistes han de controlar allò que mengen?"

Per donar resposta a totes aquestes preguntes necessitem treballar de manera integrada diversos aparells i

sistemes, i per això la seqüència didàctica del camí dels nutrients pretén ajudar les nenes i els nens a construir un model de cos humà que els permeti generar explicacions que impliquin diversos òrgans, aparells i sistemes.

## Entendre el camí dels nutrients des del punt de vista del model integrat del cos humà

### Diferenciar aliments i nutrients

Si haguéssim d'explicar la funció de nutrició en poques paraules, podríem dir que consisteix a com fer arribar a totes les cèl·lules del nostre cos aquelles substàncies externes necessàries perquè puguin fer tot allò necessari per sobreviure. Les cèl·lules són la part viva més pe-

tita del nostre organisme i es troben en tots els teixits del nostre cos, com per exemple el múscul, el fetge, la pell, els pulmons o el cervell.

Una de les idees centrals en relació amb el coneixement científic que es treballa a partir de cicla mitjà de primària és que el món que ens envolta està fet per unitats més petites que no són visibles a ull nu. Aquestes unitats, a més a més, tenen unes propietats i actuen d'una manera diferent de les estructures que sí que podem observar. D'aquesta manera, és important començar a treballar que els objectes i materials que ens envolten estan fets de partícules i que tots els éssers vius estem fets de cèl·lules.

En aquest sentit, cal fer notar que els aliments que mengem en el nostre dia a dia no són homogenis i estan compostos de diverses substàncies que anomenem nutrients. Els nutrients bàsics són: els glúcids o hidrats de carboni, que inclouen els sucres, que principalment són les substàncies de les quals obtenim energia; els lípids o greixos, que principalment són substàncies que actuen com a reserva energètica; les proteïnes, que són la base per construir moltes estructures del cos humà, com ara la pell, els cabells o la musculatura. Els nutrients bàsics, tant si són glúcids, lípids o proteïnes, es troben en els aliments i són molècules formades per llargues cadenes d'unitats més petites. A part d'aquests nutrients n'hi ha d'altres, com ara l'aigua, les vitamines o el calci.

Les cèl·lules que formen tots els teixits del nostre cos no poden utilitzar les llargues cadenes de glúcids, proteïnes o greixos, i només poden assimilar i processar les unitats que formen aquestes cadenes. Per això, el cos té un seguit d'estructures internes per trencar aquestes cadenes en les seves unitats més petites, absorbir-les, transportar-les i processar-les. Aquest seguit d'accions

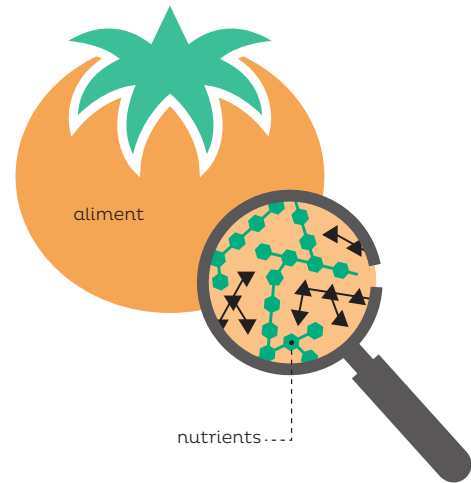


Figura 2. Els aliments no són homogenis, sinó que estan fets de diverses substàncies que anomenem nutrients. Els nutrients estan formats per cadenes d'unitats més petites. Les cèl·lules del cos només poden absorbir i processar aquestes unitats individuals.

ordenades és el que hem anomenat *el camí dels nutrients* i l'hem estructurat en quatre etapes:

- La primera és la digestió, en la qual les cadenes de nutrients que hi ha en els aliments es trenquen en les seves unitats més fonamentals per poder ser absorbits i arribar a la sang.
- La segona etapa és l'absorció dels nutrients des dels intestins per passar-los al torrent sanguini.
- La tercera etapa és el transport d'aquestes unitats fonamentals a través de la sang cap a les cèl·lules que formen els diversos teixits.

- La quarta etapa és l'eliminació a l'exterior del cos de les substàncies de rebuig que es generen a les cèl·lules de tots els teixits, a causa de la seva activitat vital.

### **Primera etapa: la digestió dels aliments**

Trencar aquestes llargues cadenes de nutrients que es troben en els aliments per, posteriorment, poder-los absorbir és l'objectiu bàsic de la primera part del camí dels nutrients. La part del cos encarregada d'aquest trencament és el primer tram de l'aparell digestiu, des de la boca fins a l'intestí prim.

Les dents són les encarregades d'esmicolar aquests aliments en trossos petits. A la boca hi ha quatre tipus de dents, cadascuna de les quals s'encarrega d'una funció concreta:

- les incisives, que són les peces més frontals i aplanades, tenen la funció de tallar
- les canines, que són les peces punxegudes, tenen la funció d'esquinçar
- les premolars i les molars, que són les peces que venen a continuació, tenen la funció de moldre el menjar

Una boca adulta, sense que hi falti cap dent, consta de 32 peces, 18 a cada una de les dues mandíbules (4 incisives, 2 canines, 4 premolars i 6 molars per a cada mandíbula). La dentadura infantil està formada només per 20 peces, 10 per cada mandíbula (4 incisives, 2 canines i 4 molars). Gràcies a l'acció de la llengua i al moviment mandibular, els aliments que es van esmicolant es desplacen des de la part frontal fins a la part més interna

de la boca. Les glàndules salivals situades a sota la llengua generen saliva que va mullant tots els fragments d'aliments.

Totes les accions que tenen lloc a la boca tenen com a objectiu esmicolar els aliments en trossos més menuts, perquè tinguin una mida suficientment petita perquè puguin passar per l'èsofag i puguin ser digerits més fàcilment pels sucgàstrics de l'estómac. L'acció de la saliva, a més a més, és el primer pas de la digestió química, ja que la saliva conté un enzim que ajuda a fer que el midó, un glúcid present en alguns aliments, es trenqui en les unitats que el formen.

A mesura que es degluteix, els trossos d'aliment van a parar a l'èsofag. L'èsofag és un tub elàstic i musculós que connecta la laringe i l'estómac. Els músculs que envolten l'èsofag ajuden que els trossos d'aliment siguin empesos cap a l'estómac. De fet, aquests músculs permeten que es pugui menjar de manera mig estirada o sense estar incorporat del tot. L'elasticitat del tub permet evitar possibles obturacions d'aliments de mida considerable mentre baixen fins a l'estómac.

Una vegada els trossos dels aliments surten de l'èsofag arriben a l'estómac, una bossa musculosa plena d'àcid que ajuda a trencar les llargues cadenes de proteïnes. Per evitar que els àcids surtin i vagin a l'èsofag hi ha una vàlvula, el càrdies, que s'obre i es tanca per deixar passar els trossos d'aliment sòlid i ensalivat cap a l'estómac. L'aliment sòlid s'està a l'estómac unes quantes hores, on van barrejant-se i mullant-se de sucgàstrics.

Els responsables últims del trencament de les cadenes de nutrients són els sucgàstrics, uns enzims digestius que són alliberats per les cèl·lules de les parets de l'estómac. Cal remarcar que els enzims digestius de l'estó-

mac s'encarreguen només del trencament de les cadenes de proteïnes, però no de la majoria de glúcids i lípids que seran trencats just a inici de l'intestí prim.

L'intestí prim és un tub molt llarg que es troba a continuació de l'estómac. Entre l'estómac i l'intestí prim hi ha una altra vàlvula, el pilor, que va deixant passar els nutrients una vegada estan digerits. Tot i que la fun-

ció central de l'intestí prim és l'absorció dels nutrients, també s'hi dona part de la digestió.

En el primer tros de l'intestí prim s'hi aboquen els enzims digestius del pàncrees, el suc pancreàtic, i del fetge, la bilis. A diferència de tots els altres que s'han descrit, aquests dos òrgans no intervien directament sobre els nutrients i els aliments. Anatòmicament queden al costat de l'estómac, però a fora del tub digestiu. Els enzims que deixen anar el fetge i el pàncrees arriben a l'intestí prim a través d'uns conductes i són els responsables principals de trencar les cadenes de lípids que hi ha en els aliments. Al llarg de l'intestí prim també hi ha un alt contingut d'enzims digestius que són els responsables de tallar les cadenes de glúcids.

Per tant, en aquest punt del tub digestiu, les llargues cadenes de glúcids, proteïnes i lípids que estaven en els aliments ja estan totalment trencades i preparades per ser absorbides als intestins.

### Segona etapa: l'absorció dels nutrients

Un cop totes les cadenes que formen els principals tipus de nutrients (hidrats de carboni, lípids i proteïnes) han estat trencades gràcies a l'ajut dels enzims digestius produïts a la saliva, a l'estómac, al fetge i al pàncrees, la funció més important de l'intestí és l'absorció dels nutrients que han estat digerits prèviament. L'intestí prim és un tub d'aproximadament 1,5 cm de diàmetre i amb una llargada de 7 metres que, a part de participar en la digestió, és l'encarregat d'absorbir els nutrients i passar-los a la sang. L'intestí prim té, a la part interior del tub, tot de diminuts replecs que fan que augmenti encara més la superfície d'absorció, ja que així s'aconsegueix que més part de l'intestí estigui en contacte amb els nutrients, tal com es pot veure a la figura 4.

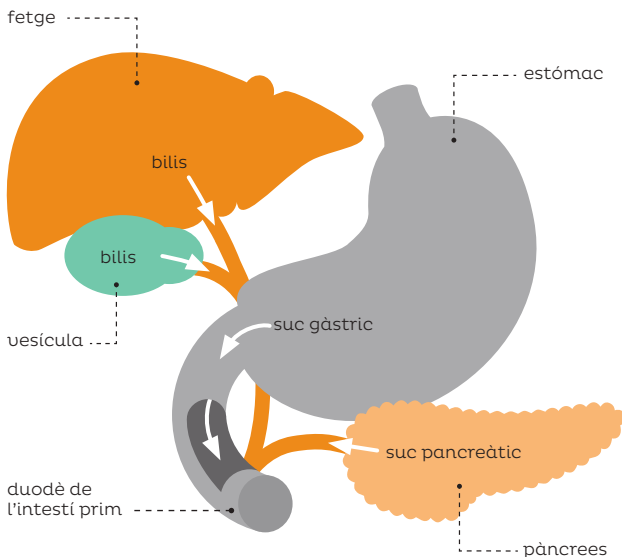


Figura 3. El fetge i el pàncrees no actuen directament sobre els nutrients i els aliments. El pàncrees, anatòmicament, està col·locat just a sota de l'estómac i el fetge queda per sobre. Ambdós òrgans produeixen enzims digestius que s'aboquen a la primera part de l'intestí prim.

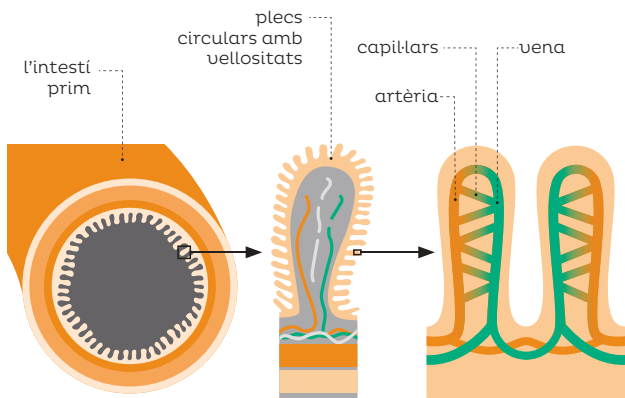


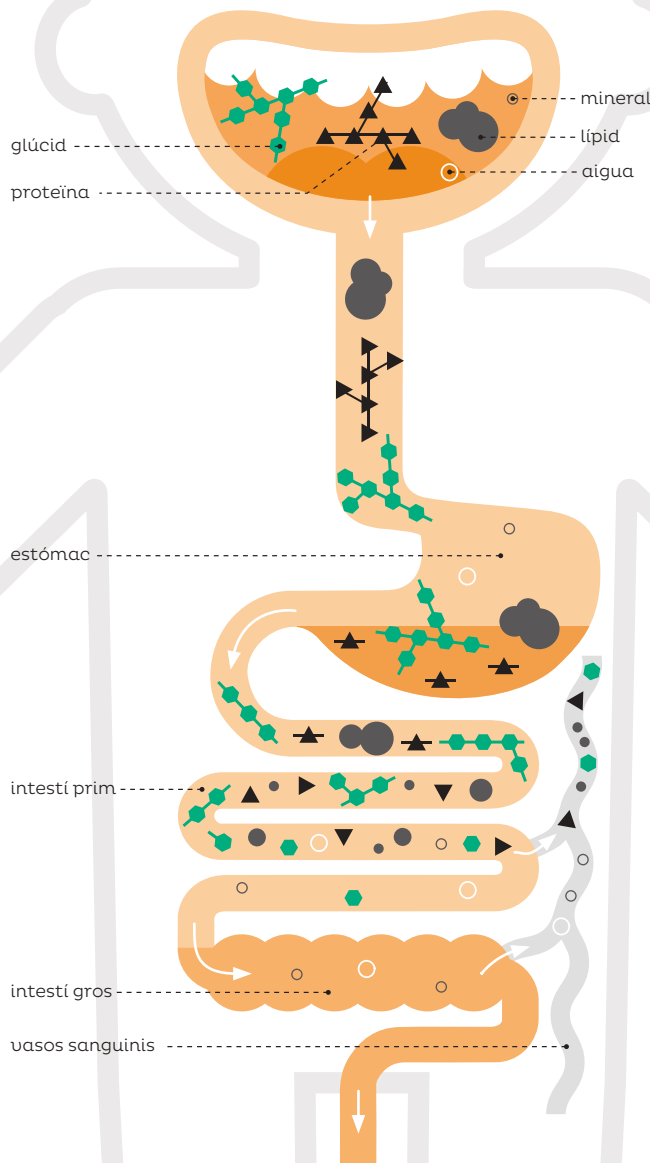
Figura 4. L'intestí prim té tot de plegs i replecs a l'interior del tub per augmentar la superfície d'absorció.

En tot allò que mengem sempre hi haurà una part de substàncies que no es podran digerir, ja que l'ésser humà no disposa dels enzims necessaris per fer-ho. És el cas, per exemple, de les fibres, tot i que tenen un paper molt important a facilitar la circulació a través del tracte intestinal.

Totes les substàncies que no s'han pogut digerir recorren l'intestí prim fins a l'intestí gros, que és un tub de 9 cm de diàmetre (a l'anus, de 3 cm de diàmetre) i amb una allargada aproximada d'1,5 metres. L'intestí gros té, sobretot, la funció d'absorbir l'aigua de totes aquelles substàncies que no han estat digerides i absorbir aquells pocs nutrients que han quedat per absorbir. L'intestí gros té també la funció d'alliberar a l'exterior de l'anus totes aquestes substàncies que no s'han pogut digerir ni absorbir.

Encara que sembli que aquest sigui el final, cal tenir en compte que el camí dels nutrients no s'acaba amb l'expulsió de la femta per l'anus, sinó que també s'ha d'explicar com arriben els nutrients a les cèl·lules que constitueixen el cos humà.

Figura 5. L'aparell digestiu s'encarrega bàsicament de dues funcions: la primera part de l'aparell digestiu s'encarrega de trencar les cadenes de nutrients, mentre que la segona part s'encarrega d'absorbir-los.





### Tercera etapa: el transport dels nutrients

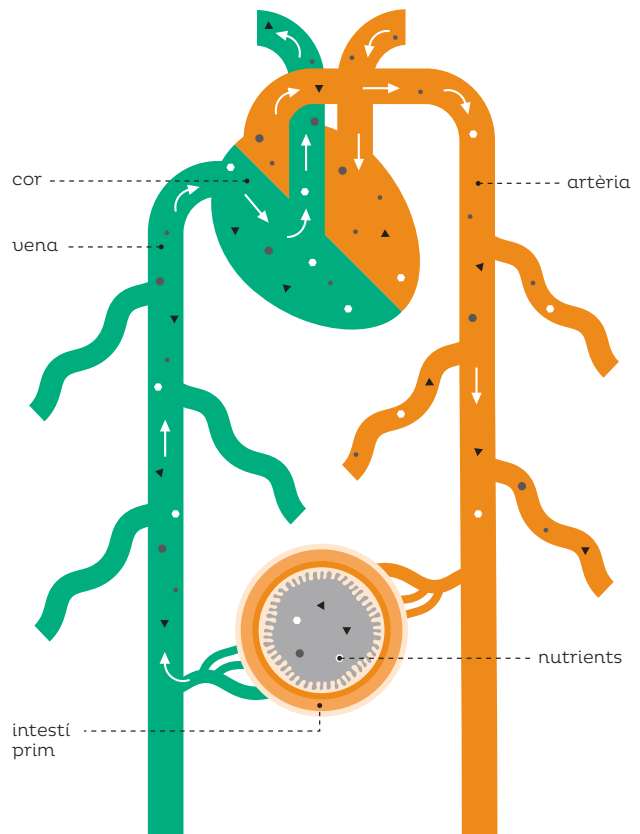
Les unitats que formen els glúcids, els lípids i les proteïnes, derivades de la digestió i l'absorció a l'aparell digestiu passen al sistema circulatori a través dels capil·lars. Els capil·lars són uns tubs molt i molt prims que són els encarregats de rebre i deixar anar els nutrients i les substàncies de rebuig de la sang cap als teixits. Els intestins estan plens d'aquests capil·lars, que fan que els nutrients entrin al torrent sanguini.

El sistema circulatori es pot entendre com un entramat de tubs, en què la sang viatja sempre en una sola direcció. La sang és bombejada pel cor, que és un òrgan muscular compost per quatre cavitats, que amb la força que exerceix és capaç d'enviar la sang a totes les parts del cos.

Els tubs que porten la sang que surt del cor són les artèries. Les artèries són uns tubs amb una paret bastant gruixuda i elàstica per tal d'aguantar la pressió de la sang que surt del cor. Les artèries es van ramificant formant cada vegada tubs més petits fins a transformar-se en uns tubs microscòpics que són els capil·lars. Els capil·lars, tal com hem indicat, són els encarregats d'intercanviar substàncies amb tots els teixits del cos, com ara: pulmons, cervell, músculs o pell. La sang dels capil·lars va a parar a tubs més grossos que s'anomenen venes, que es van unint entre elles fins a formar grans venes que són les que retornen la sang al cor. Per facilitar el retorn de la sang cap al cor, les venes no són tan elàstiques com les artèries, sinó que són més aviat rígides i, a més a més, tenen en el seu interior tot de vàlvules per evitar que la sang reculi.

Per tant, podem entendre que el sistema circulatori és un seguit de tubs que contenen la sang i el cor que la

Figura 6. La connexió entre l'aparell digestiu i el sistema circulatori és als intestins. Els capil·lars que contacten amb l'intestí reben els nutrients que passen a la sang.



bombeja. Tot i que és fàcil imaginar-se'l com un circuit totalment tancat, en realitat no és un circuit tancat del tot, ja que si ho fos, la sang que circularia sempre seria la mateixa, cosa que faria impossible fer arribar gasos i nutrients a les cèl·lules que formen els teixits. Així, l'única part del circuit que és oberta són els capil·lars que permeten l'intercanvi de substàncies entre la sang i els teixits.

#### **Quarta etapa: l'eliminació de les substàncies de rebuig a través de l'orina**

Les cèl·lules de tots els teixits utilitzen les unitats fonamentals que estan formats els hidrats de carboni, els lípids i les proteïnes que reben a través dels capil·lars per construir noves estructures o per produir energia. En fer aquestes funcions, les cèl·lules generen unes substàncies de rebuig que cal eliminar, ja que si s'acumulen al cos podrien arribar a ser tòxiques. Per fer aquest procés d'eliminació, el cos humà utilitza altra vegada el sistema circulatori juntament amb l'aparell excretor.

Les substàncies de rebuig que produeixen l'activitat cel·lular són transportades per la sang, des dels capil·lars fins a les venes i d'allà cap al cor. Com s'ha comentat, des del cor es bombeja la sang cap a les artèries que distribueixen la sang per tot el cos. Una de les artèries importants és la que porta la sang cap als ronyons. Els ronyons s'encarreguen de filtrar les substàncies de rebuig per treure-les del torrent sanguini i eliminar-les. Els ronyons filtren constantment la sang de l'organisme, fins a 180 litres per produir aproximadament 1 litre d'orina al dia. Les substàncies filtrades de la sang, dissoltes en aigua, són enviades a la bufeta de l'orina a través de dos conductes, un per cada ronyó. La bufeta urinària és un òrgan musculós que té forma de bossa i

és on s'emmagatzema l'orina que finalment és eliminada durant la micció a través d'un conducte anomenat urèter.

#### **Les idees de les nenes i els nens en relació amb els òrgans i processos implicats en el camí dels nutrients**

L'interès de la didàctica de les ciències i de la psicologia cognitiva per conèixer les idees de les nenes i els nens sobre diversos fenòmens, ha impulsat la realització de moltes investigacions que han permès posar de manifest els coneixements i les maneres de raonar que tenen els nens i nenes sobre els òrgans i processos implicats en la nutrició humana, especialment en la digestió.

#### **Concepte d'aliment**

Una primera dificultat que apareix en la comprensió de la digestió és la representació i el significat que els nens i nenes tenen del terme aliment, perquè aquest terme no és usat igualment en el llenguatge quotidià i en el llenguatge científic. En aquest sentit, diversos estudis mostren que els nens i nenes apliquen el terme aliment d'una manera molt general per referir-se a tot allò que procedeix de l'exterior i és consumit, i també mostren que els nens i nenes solen donar una explicació no funcional de la importància dels aliments, dient per exemple que "són necessaris per mantenir-nos vius", però sense referir-se mai als processos metabòlics en què estan implicats els diversos nutrients (Driver, 1999).

Igualment, el concepte inicial d'aliment de les nenes i els nens no els veu com a compostos de diversos nutrients. De manera que no tenen una idea clara de què són els nutrients, ni de com estan fets químicament. La

majoria no coneixen els nutrients i, sobretot, no coneixen les funcions que cadascun d'ells exerceixen al seu cos. Altres vegades, i fruit d'informacions que circulen en els llibres, a la TV o fins i tot a l'escola, mantenen idees poc científiques com ara que les proteïnes cobreixen les necessitats energètiques del cos. Val la pena tenir en compte tot això, perquè pot molt ben ser que malgrat que les nenes i els nens poden usar espontàniament els termes proteïna, vitamina, greix, sucre, etcètera, això no suposa que tinguin una imatge mental clara de què és cadascuna d'aquestes substàncies. Ajudar-los a canviar la seva representació dels aliments serà, doncs, un element indispensable en qualsevol investigació sobre la nutrició humana.

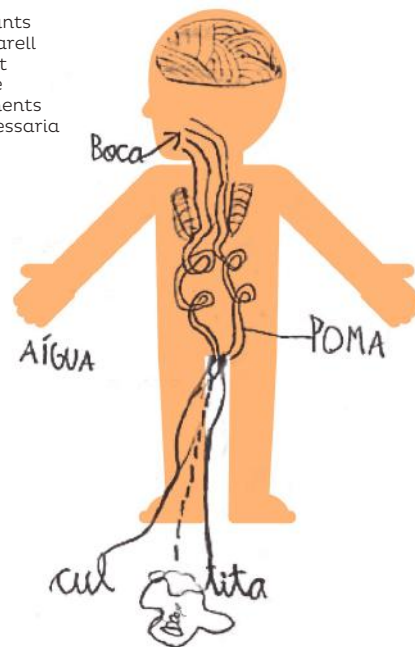
En relació amb les funcions dels aliments, des de molt petits els infants relacionen el menjar amb algunes conseqüències com ara el creixement, la bona salut, tenir força i energia, etcètera. En els seus models inicials també vinculen directament les diferències d'alçada o de pes amb la quantitat d'aliment ingerida, i això respon a l'ús habitual que fan de la causalitat lineal directa a l'hora de relacionar dues variables entre elles. També entenen que algunes dietes són més sanes que d'altres en relació amb el creixement i la salut. En aquest sentit, saben que alguns aliments són bons (fruites i verdures), tot i que no saben explicar per quin motiu.

### **Idees sobre l'anatomia de l'aparell digestiu**

Diversos estudis en què es demana a nens i nenes de diverses edats que dibuixin què hi ha a l'interior del seu cos mostren que, des de cicle inicial, els nens i nenes són conscients de la presència d'una àmplia diversitat d'òrgans interns però, al mateix temps, mostren que tenen poc coneixement de les relacions entre els diferents òrgans per formar aparells i sistemes funcionals.

L'estudi clàssic de Teixeira (Teixeira, 2000) mostra la presència i evolució dels models anatòmics infantils sobre l'aparell digestiu. Aquesta autora identifica tres models. En un primer model, que sol ser el predominant als 4 anys, les nenes i els nens consideren que tot l'aliment es manté sencer a dins el cos i es va acumulant, per tant no hi ha cap idea clara de l'anatomia interna ni del viatge i les transformacions que pateixen els aliments. En aquest model, el creixement seria una conseqüència directa de l'acumulació d'aliments, la qual cosa pot veure's reforçada amb la frase que els nens i nenes senten sovint en el seu entorn familiar de "menja molt, que així creixeràs molt". En un segon model, que segons l'autora predomina entre els 6 i els 8 anys, l'aliment entra al cos, però després en surt. Aquest model

Figura 7. Alguns infants s'imaginen que l'aparell digestiu està format per dos tubs, un que processaria els aliments sòlids i un que processaria els aliments líquids.



evoluciona de seguida incorporant la idea que al cos s'hi manté tot allò que el cos necessita (les substàncies bones) i en surt tot allò que el cos no necessita (les substàncies dolentes). Una variant d'aquest segon model anatòmic que alguns pocs nens i nenes manifesten, es concreta a considerar l'existència de dos tubs diferents a l'interior del cos, un de vinculat al trànsit dels aliments sòlids, i un altre de vinculat al trànsit dels líquids, tal com mostra la figura 8. El primer model va generalment acompanyat de la idea que el ventre és un ampli espai buit, en canvi el segon model va acompanyat de la idea que l'aliment passa per un tub que comença a la boca i acaba al final de l'abdomen.

### **Idees sobre el funcionament de l'aparell digestiu**

La majoria d'estudis fets sobre com les nenes i els nens expliquen la digestió mostren clarament que no hi ha gairebé cap infant que pensi que els aliments es transformen a causa d'un procés de canvi químic. Per contra, comprenen fàcilment que els aliments es trenquen mecànicament, sobretot amb l'acció de mastegar, i que això es fa per facilitar una deglució que no comporti perill d'asfíxia i, també, per facilitar que l'aliment circuli sense problemes per dins el cos. Així doncs, els models inicials de digestió que tenen els nens i nenes preveuen el fet que els aliments es trenquen en elements molt petits, tan petits que són invisibles, sense per això perdre la seva identitat. Per tant, per als nens i nenes, el terme digestió és entès com a trencament dels aliments en trossos molt petits (digestió mecànica) i no pas com a canvi químic (digestió química).

Aquests models infantils de nutrició no solen contenir gaires explicacions sobre l'ús dels aliments per part del cos, més enllà de la relació general de "serveixen per obtenir energia", "ens fan créixer", etcètera. Això és el

que, com ja s'ha dit, ha conduït a focalitzar les propostes didàctiques que es plantegen en aquest llibre en l'aprofundiment dels aspectes fisiològics.

Malgrat que les conclusions de la majoria d'estudis anteriors no sempre ho destaquen, l'aparició d'aquestes idees i models generals, i una certa relació entre l'edat dels alumnes i el model anatòmic i fisiològic de digestió que manifesten, la realitat és que hi ha una àmplia varietat d'elements anatòmics concrets (més o menys rics) que les nenes i els nens representen a diferents edats, així com una certa varietat en el tipus de causes que prioritàriament escullen a l'hora d'elaborar les seves explicacions sobre els processos implicats en la digestió (de causes més funcionals a causes més d'origen mecànic). Remarquem això perquè és probable que els mestres de cycle mitjà i superior es trobin amb una diversitat de coneixements força àmplia, que no s'explica simplement per l'edat, sinó que està molt condicionada per l'entorn sociocultural de cadascun dels alumnes.

### **Les idees que cal treballar sobre el camí dels nutrients**

Des del nostre punt de vista, les idees més importants per treballar a través del camí dels nutrients són les següents:

**Idea 1. Els aliments estan constituïts per uns nutrients bàsics: glúcids, lípids i proteïnes.** Aquesta idea fa referència tant a comprendre que els aliments estan fets de peces, com a comprendre que cada nutrient fa una funció diferent a dins del cos humà.

**Idea 2. Al tub digestiu, des de la boca fins a l'intestí prim, es donen diversos processos per digerir els aliments.** Aquesta idea fa referència sobretot a comprendre que en la primera part del tub digestiu els ali-

ments no només van fent-se més petits, sinó que van canviant químicament a mesura que van trencant-se els nutrients.

**Idea 3. Als intestins s'absorbeixen els nutrients i són transportats cap a la sang.** Aquesta idea té relació amb la connexió entre l'aparell digestiu i el sistema circulatori i que gràcies a la permeabilitat de les parets de l'intestí els nutrients poden passar de l'un a l'altre.

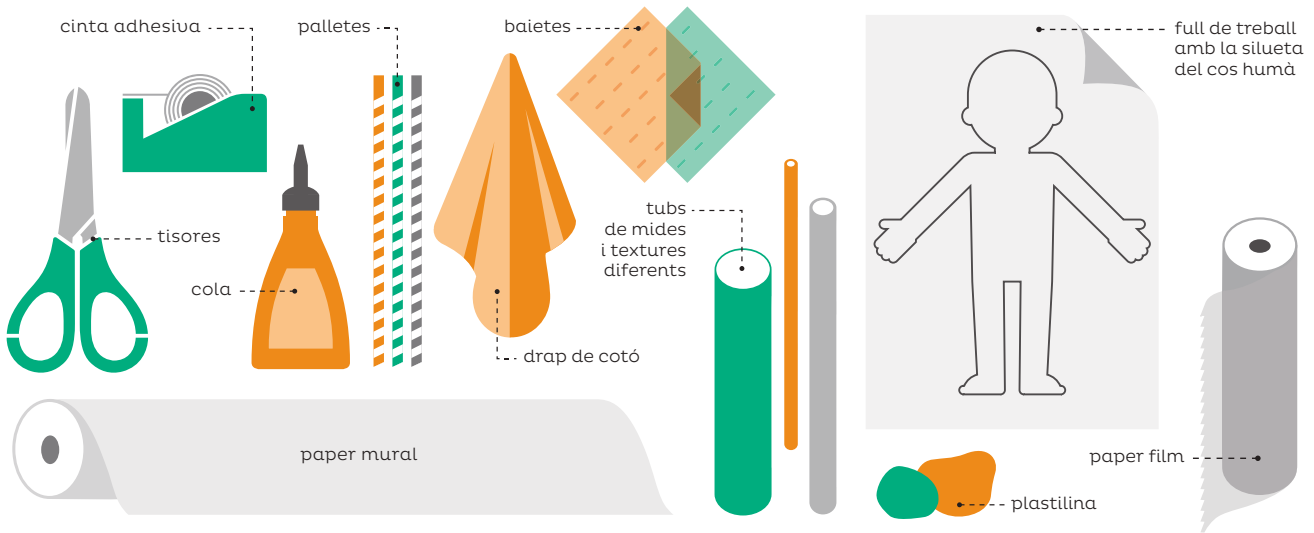
**Idea 4. El sistema circulatori és l'encarregat de distribuir els nutrients per tot el cos.** Aquesta idea té a veure amb el paper dels vasos sanguinis en el transport de nutrients i amb la importància dels capil·lars, que gràcies a la seva permeabilitat deixen entrar i sortir substàncies de l'aparell circulatori.

Al llarg de les següents activitats, es treballaran aquestes idees de la manera següent:

	Activitat 1. Exploració de les idees sobre el camí dels nutrients.	Activitat 2. El camí de la boca a l'estómac.	Activitat 3. El camí de l'estómac als intestins.	Activitat 4. El camí dels intestins a la sang.
<b>Idea 1.</b> Els aliments estan constituïts per uns nutrients bàsics: glúcids, lípids i proteïnes.				
<b>Idea 2.</b> Al tub digestiu, des de la boca fins a l'intestí prim, es donen diversos processos per digerir els aliments.				
<b>Idea 3.</b> Als intestins s'absorbeixen els nutrients i són transportats cap a la sang.				
<b>Idea 4.</b> El sistema circulatori és l'encarregat de distribuir els nutrients per tot el cos.				

## Activitat 1

# EXPLORACIÓ DE LES IDEES SOBRE EL CAMÍ DELS NUTRIENTS



### Material per a un grup de quatre persones:

Full de treball amb la silueta del cos humà, paper de mural, tubs de mides i textures diferents, palletes, draps de cotó de diferents mides, baïetes, paper film, plastilina, cinta adhesiva, cola i tisores.

### Les idees científiques

**Idea 2.** Al tub digestiu, des de la boca fins a l'intestí prim, es donen diversos processos per digerir els aliments.

**Idea 3.** Als intestins s'absorbeixen els nutrients i són transportats cap a la sang.

**Idea 4.** El sistema circulatori és l'encarregat de distribuir els nutrients per tot el cos.

### Descripció de l'activitat

1. Presentació de la investigació sobre el camí dels nutrients
2. Exploració de les idees dels infants sobre l'anatomia i el funcionament de l'aparell digestiu i del sistema circulatori

## Orientacions didàctiques

### 1. Presentació de la investigació sobre el camí dels nutrients

Iniciarem la investigació amb una pregunta que necessàriament s'hagi de respondre amb una explicació que ajudi a comprendre com funciona el camí dels nutrients en el cos humà. Per això, cal que sigui una pregunta que qüestionï el perquè d'algun fet conegut pels infants. Poden servir com a exemple algunes de les preguntes de les investigacions del programa Petits talents científics: "Com és que el menjar em fa créixer?" "Per què els esportistes han de controlar allò que mengen?". Si partim de preguntes formulades pels mateixos infants, caldrà ajudar a reformular-les per ajustar-les a aquests tipus de preguntes.

### 2. Exploració de les idees dels infants sobre l'anatomia i el funcionament de l'aparell digestiu i del sistema circulatori

Podem començar fent reflexionar els alumnes sobre les parts del nostre cos que ells creuen que intervien quan estan menjant. Per guiar aquesta reflexió, demanem que els infants s'imaginin el recorregut que fan una poma i un got d'aigua a dins del cos humà i que dibuixin a dins de la silueta que se'ls ha proporcionat totes aquelles estructures o parts per les quals passen aquests dos aliments. És necessari que en la pregunta els indiquem el destí final dels nutrients, com per exemple: "Dibuixa com els sucres de la poma i l'aigua arriben a la musculatura del peu perquè es pugui moure."

Una vegada han fet el seu dibuix individualment, podem agrupar els infants en grups de quatre i demanar que construeixin una maqueta que els ajudi a represen-

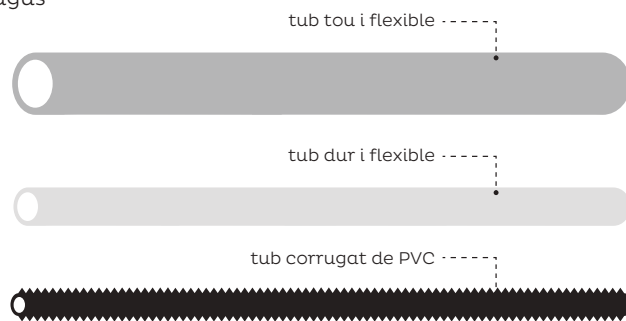
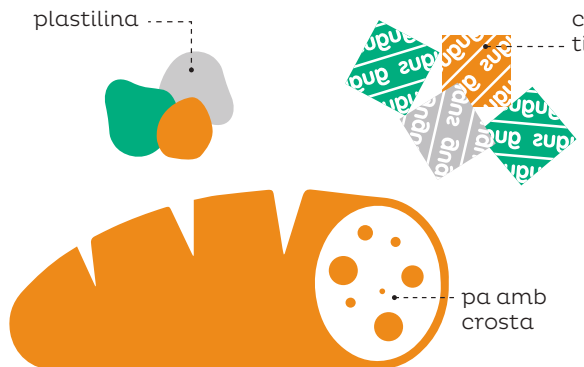
tar la part anatòmica. Aquest procés de treball en grup es pot organitzar usant l'estratègia 1-2-4 com a estructura cooperativa, de manera que primer els alumnes comparteixen les seves propostes.

Per fer la maqueta, podem demanar que ressegueixin la silueta d'un infant de cada grup a sobre un paper d'embalar. A sobre la silueta els infants poden enganxar-hi amb cinta adhesiva i cola diferents materials (tubs, palles, draps, bosses, baïetes...) que els serveixin per imaginar-se totes aquelles estructures per les quals passa el camí dels nutrients. Cal que els grups guardin la maqueta que hagin construït per tal de poder-la modificar posteriorment a mesura que les investigacions vagin avançant.

A continuació, podem iniciar una conversa perquè un portaveu de cada grup expliqui com creu que funciona la nutrició humana a través de la maqueta que han elaborat, per donar resposta a les preguntes inicials. Les explicacions poden ser enregistrades en vídeo i poden ser compartides entre els diferents grups per generar discussió a partir d'allò que els grups han exposat.

## Activitat 2

# EL CAMÍ DE LA BOCA A L'ESTÓMAC



### Material per a un grup de quatre persones:

10 caramels tous tipus "sugus", plastilina de diferents colors, 4 trossos de pa amb crosta, 1 tub tou i flexible com els que s'utilitzen per recobrir els tubs d'aigua calenta de la calefacció, 1 tub dur flexible corrugat de PVC, 1 tub dur i flexible de PVC i aigua.

### Les idees científiques

**Idea 1.** Els aliments estan constituïts per uns nutrients bàsics: glúcids, lípids i proteïnes.

**Idea 2.** Al tub digestiu, des de la boca fins a l'intestí prim, es donen diversos processos per digerir els aliments.

### Les idees dels infants

En portar a terme aquesta activitat ens podem trobar que els nens i nenes facin totes les dents amb les ma-

teixes formes, la qual cosa no necessàriament vol dir que no coneguin que, en realitat, les dents tenen formes diferents. També ens podem trobar que alguns infants creguin que tenim dos tubs, un per al menjar i l'altre per als líquids, i així ho representin en els seus dibuixos i maquetes.

A l'hora d'escollir el material per representar el tub de l'esòfag és probable que seleccionin el tub rugós i que es confonguin amb la forma característica que té la tràquea. En la tria, els alumnes sovint no paren atenció al fet que cal que el tub que simula l'esòfag sigui flexible, de manera que es pugui empènyer l'aliment al llarg del tub.

Normalment no coneixen la vàlvula cardíaca, però els és molt intuïtiva la idea que hi ha una espècie de tap que priva que el menjar, un cop arribat a l'estómac, retorni fàcilment cap a la boca.



## L'explicació científica

La boca és la porta d'entrada del tub digestiu, però a més a més desenvolupa una funció molt important: iniciar el procés de digestió mecànica a través d'esmicolar els aliments. Per fer aquesta funció, la boca té un seguit d'estructures: les dents, que tenen formes diferents segons quina sigui la seva funció específica; les glàndules salivals, que produeixen la saliva que ajuda a digerir els nutrients d'alguns aliments, com ara el midó de la patata; i la llengua, que ajuda a moure l'aliment per la boca per poder-lo processar. A continuació de la boca hi ha l'esòfag, que és un tub muscular que, amb els seus moviments, permet el desplaçament del bol alimentari cap a l'estómac. Entre l'esòfag i l'estómac hi ha la vàlvula càrdies, un múscul situat a l'entrada de l'estómac que serveix per impedir el reflux dels aliments ingerits.

### Descripció de l'activitat

1. Exploració de la boca i construcció de motlles amb plastilina i caramels tous.
2. Experimentació del recorregut que fa un tros de pa dins la boca i com s'esmicola per poder arribar a l'estómac.
3. Elecció consensuada sobre quin tub representa millor l'esòfag.

### Orientacions didàctiques

#### 1. Exploració de la boca i construcció de la maqueta amb plastilina i caramels tous

Per poder comprendre la funció de digestió podem començar per explorar les accions que es produeixen a la

boca com a primer pas per poder trencar les llargues cadenes de nutrients que formen els aliments. Per això, plantegem una primera activitat, on els infants construeixin i representin, utilitzant plastilina de colors, els elements que tenim a la boca que consideren implicats en la digestió.

Aquesta petita exploració ens servirà per descobrir els models mentals que tenen els infants i, alhora, els permetrà reflexionar i adonar-se d'aspectes que potser mai no havien observat, com per exemple: el nombre de dents que tenim. És important que, si surt aquesta idea, el mestre convidi tots els grups a realitzar el recompte de dents que tenim, així com també a identificar tots els elements que formen la boca: mandíbula, geniva, dents, llengua i saliva.

Seguidament, demanem que marquin cada tipus de dent en un caramel tou per comprovar que tenen formes diferents. Podem comparar les marques que han quedat sobre el caramel i acordar una descripció per a cada tipus de dent. Finalment, suggerim a les nenes i els nens que modifiquin la primera maqueta construïda perquè s'ajusti a les observacions que s'han fet.

#### 2. Experimentació del recorregut que fa un tros de pa dins la boca i com s'esmicola per poder arribar a l'estómac

A partir de les observacions fetes i amb l'ajuda de les nostres preguntes hem de fer reflexionar els infants sobre la funció de cadascuna de les dents. És necessari fixar-se en les accions que es desenvolupen a la boca, per exemple, quan mengem un tros de pa. Així, podem repartir un tros de pa a cada alumne perquè ells mateixos parin atenció en les accions que tenen lloc quan masteguen i empassen. Per entendre la funció de la

boca, podem guiar l'observació formulant les següents preguntes: “Què li passa al tros de pa quan el mastego?”, “Quines parts de la boca hi intervenen?”, “El gust del pa canvia a mesura que vaig mastegant-lo?”, “Què noto quan m'empasso el pa?” o “Per on passa el pa esmicolat? Cap on va?”.

És important que fem adonar els infants que les incisives són les dents que han tallat el pa, les canines, les que l'han esquinçat i les molars, les que han triturat amb l'ajuda de la saliva i la llengua, que també intervenen en aquest procés. També cal que fem notar que el tros de pa es va desplaçant, gràcies a l'acció de la llengua, de la part més frontal fins a la part més interior de la boca.

### 3. Elecció consensuada sobre quin tub representa millor l'esòfag

Per introduir el concepte d'esòfag podem utilitzar l'última pregunta plantejada, “Per on passa el pa esmicolat? A on va?”. Fàcilment sorgirà la idea que tenim un tub on hi va a parar el menjar. En aquest moment és molt important que fem evident la connexió entre la boca i l'esòfag, perquè els infants entenguin que tots els processos que s'han produït amb anterioritat tenen sentit i serveixen per altres processos posteriors.

Per poder representar aquesta part, demanem als alumnes que escullin quin dels tres tubs proporcionats representa millor l'esòfag. Per grups han de posar-se d'acord i argumentar la decisió, tot i que el mestre pot ajudar als infants guiant l'elecció a través de preguntes que ajudin a descartar alguns tubs. : “El tub que heu escollit ens permet empassar l'aliment sense haver d'estar drets (estirats, asseguts, mig encorbats, etcètera)?” i “El tub que heu escollit ens permet empassar trossos de menjar més grans i més petits?”.

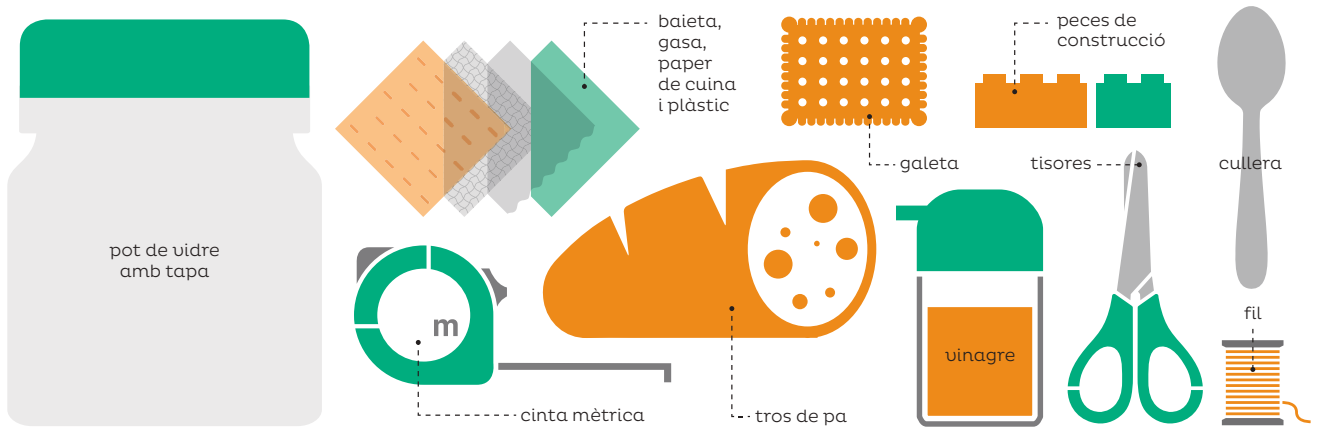
Per resoldre aquestes qüestions podem fer que comprovin si amb el seu propi cos poden empassar un tros de pa quan estan estirats o asseguts, i si és possible empassar-se trossos de pa de diferent mida. L'objectiu és acabar acordant que l'esòfag ha de ser com el tub A de la figura 8, que és tou simulant la musculatura que envolta l'esòfag i permet empènyer el menjar, empassar sense haver d'estar drets i empassar aliments de diferents mides. Hem de fer notar que els altres dos tubs són massa rígids, i que si fossin d'aquesta manera, correríem el perill que se'ns quedés el menjar a l'esòfag encallat, i que algunes de les accions que hem provat amb el propi cos no les haguéssim pogut fer. De la mateixa manera, cal fer notar que necessitem alguna estructura que obri i tanqui la boca de l'estómac, com si fos una porta, per evitar que el menjar surti quan fem la vertical o quan estem estirats. Podem introduir, així, la funció de la vàlvula cardíes.



Figura 8. Per representar l'esòfag presentarem tres possibles tubs: a) un tub tou i flexible com els que s'utilitzen per cobrir els tubs d'aigua calenta de la calefacció; b) un tub de PVC una mica més dur que l'anterior; c) un tub corrugat de PVC dur i flexible. El tub a) és l'únic que permet empènyer el menjar a l'interior del tub.

## Activitat 3

# EL CAMÍ DE L'ESTÓMAC ALS INTESTINS



### Material per a un grup de quatre persones:

1 pot de vidre amb tapa, cullera, vinagre, tros de pa, 1 galeta, 3 tisorettes de diferents colors: verdes, vermelles i grogues, 16 peces de construcció de colors estil "lego": 4 de verdes, 4 de vermelles, 4 de grogues i 4 de blaves, fil, cinta mètrica, 1 tros de plàstic, 1 tros de baïeta, 1 tros de paper de cuina i 1 tros de gassa.

### Les idees científiques

**Idea 3.** Als intestins s'absorbeixen els nutrients i són transportats cap a la sang

### Les idees dels infants

Com ja s'ha indicat, és molt probable que els nens i nenes no tinguin una idea clara de l'estructura dels aliments i dels nutrients (aliments formats per nutrients, i nutrients formats per peces unides entre elles formant

llargues cadenes), i que tampoc tinguin en compte que, més enllà de la digestió mecànica que s'ha produït sobretot a la boca, també es dona un procés de digestió química quan les cadenes que formen els nutrients es trenquen en les seves unitats fonamentals gràcies a l'ajuda dels diversos enzims digestius.

En aquest moment de la seqüència, hem de tenir en compte que als infants els demanem un salt d'escala, perquè han de passar a imaginar-se de què estan fets els aliments, la qual cosa sempre els presenta dificultats. Serà bo, per tant, que les analogies que es proposen en les activitats s'introdueixin de manera lenta i clara.

També és important reflexionar amb els alumnes sobre si realment existeixen "substàncies bones" i "substàncies dolentes", o el que realment passa és que el cos no disposa d'alguns enzims per digerir algunes de les substàncies presents als aliments, com ara les fibres.

## L'explicació científica

Els aliments que han estat esmicolats a la boca arriben a l'estómac, una bossa musculosa plena d'àcid. En aquesta bossa, l'aliment estarà en contacte amb l'àcid durant unes hores i els enzims responsables de trencar les cadenes de proteïnes comencen a actuar. A mesura que l'aliment es va desfent arriba a la primer part de l'intestí prim, on els enzims que trenquen els glúcids comencen a actuar, però també els que provenen del fetge i del pàncrees encarregats de digerir greixos. En aquest punt, els nutrients s'han trencat en unitats més petites, per la qual cosa perden la seva identitat química inicial, i això permet que puguin ser absorbits per les parets de l'intestí prim. A l'intestí gruixut s'absorbeix l'aigua i les sals minerals restants. Finalment, a través de l'anús s'expulsa tot allò que no s'ha pogut absorbir.

## Descripció de l'activitat

1. Preparació i observació del pa amb vinagre.
2. Representació dels enzims i els nutrients a partir de tisorettes i peces de construcció de colors.
3. Comprovació del material que representa millor l'intestí prim.
4. Elecció de la millor simulació d'intestí gruixut.

## Orientacions didàctiques

### 1. Preparació i observació del pa amb vinagre

Quatre hores abans de l'observació amb els infants preparem per a cada grup l'experiment: en un pot de vidre amb tapa, recobrim amb vinagre un tros de pa trossejat.

Per presentar l'experiment, podem preguntar a les nenes i als nens: “Què creieu que hi ha dins l'estómac?” En un moment o altre, sorgirà la idea per part de l'alumnat que quan vomitem ens puja un líquid de gust àcid a la boca. Hem d'aprofitar aquesta observació quotidiana per tal d'explicar que el pot simula l'estómac, el pa trossejat, els aliments tal com sortirien per la boca i el vinagre, aquests líquids àcids que hi ha a l'estómac.

És important preguntar als alumnes: “Què creieu que passarà després de deixar el pa dues hores en remull en vinagre?” A l'hora de realitzar l'observació podem convidar-los a observar i anotar detingudament com és el pa abans i després de l'experiment, per imaginar-se com els aliments es transformen a dins de l'estómac. Els farem fixar sobretot en la forma, en la textura (sencer, mig desfet, desfet) i el color.

### 2. Representació dels enzims i els nutrients a partir de tisorettes i peces de construcció de colors

L'observació de l'experiment del pa i el vinagre cal acompanyar-la d'un model per fer més comprensible com els enzims ajuden en la digestió dels aliments. En primer lloc, hem de regular la representació anatòmica de l'estómac a la maqueta, a través de preguntes, perquè els elements escollits pels infants s'assemblin com més millor a una bossa de plàstic totalment impermeable, atès que els sucus gàstrics no poden sortir de l'estómac perquè farien malbé els teixits circumdants. Podem explicar que l'estómac està envoltat de músculs que permeten el moviment dels aliments al seu interior. A continuació, hem de focalitzar el treball a la part fisiològica, és a dir, a les funcions que tenen lloc en aquesta part de l'aparell digestiu. Per fer-ho, donem un conjunt de peces de construcció de colors als infants i els expliquem que representen els nutrients d'un entrepà de

pernil: les peces verdes representen els glúcids, les grogues, els greixos, les vermelles, les proteïnes i les marrons, la fibra. Expliquem que l'objectiu del cos humà és que les peces quedin separades individualment perquè només així poden ser absorbides i transportades. Fem que cada grup expliqui sobre la maqueta com i on creuen que se separen les peces.

Després d'escollar les explicacions dels infants, hem d'aprofitar per relacionar l'observació del pa amb la representació sobre la maqueta. Així, hem d'aclarir que l'àcid ajuda que el menjar es trenqui en trossets més petits, però que els suc gàstrics són els responsables de trencar els nutrients perquè puguin ser absorbits més endavant. Per tant, introduïrem la idea que les cadenes de nutrients només es poden trencar quan hi ha uns enzims específics per fer-ho i suggerim una analogia que pot ser útil per als infants per imaginar-se com funciona el canvi químic a la seva maqueta: unes tisores de colors, que poden tallar les peces de construcció del seu mateix color. D'aquesta manera, les tisorettes verdes són capaces de tallar només les cadenes de glúcids, les tisores vermelles només poden tallar les cadenes de proteïnes i les tisores grogues, els greixos.

A partir d'aquí i seguint l'analogia, cal indicar que les tisores vermelles, que fan el trencament de les proteïnes, només es troben a l'estómac. En canvi, les tisores grogues i verdes, només es troben al començament de l'intestí prim, on trenquen els greixos i els lípids. És important conèixer que al primer tros de l'intestí prim s'hi aboquen els enzims digestius procedents del pàncrees (el suc pancreàtic) i del fetge (la bilis) i que són els principals responsables de trencar les cadenes de lípids que hi ha en els aliments. En aquest moment, també cal fer notar que hi ha substàncies que no poden ser trencades simplement perquè no disposem de les tisores per

fer-ho. És el cas de la fibra, que acabarà sent expulsada més endavant a través de l'anus.

En aquest punt, podem parlar que algunes intoleràncies alimentàries, com la intolerància al gluten o a la llet, són produïdes per la manca d'alguns enzims digestius que fa que algunes substàncies no es puguin digerir.

### **3. Comprovació del material que representa millor l'intestí prim**

A partir d'aquí, tots els nutrients ja estan preparats per ser absorbits pels intestins, perquè hem aconseguit trencar-los en unitats més petites. El primer pas serà treballar l'anatomia de l'intestí prim. Per això, donem un fil i una cinta mètrica a cada grup perquè comprovin els 7 metres que mesura l'intestí i arribin a la conclusió que només pot cabre a dins al cos si el cargolem.

Seguidament, cal conèixer quina funció realitza dins del procés digestiu formulant la següent pregunta: "Com deu estar fet l'intestí prim per absorbir els nutrients?" Per resoldre la pregunta convidem els alumnes a comprovar quin material representa millor l'intestí prim per complir la seva funció. Primer, demanem que triturin una galeta amb l'ajuda d'una mica d'aigua simulant tot el procés que ha tingut lloc a la boca i a l'estómac. Cada grup experimentarà amb els diferents tipus de filtres (plàstic, baieta, paper de cuina i gassa) col·locant-los, d'un en un, damunt d'un got i abocant-hi la galeta dissolta anotant-se els resultats de les observacions, tal com es mostra a la figura 9. D'aquesta manera, a partir dels resultats obtinguts demanarem un material per representar com ha de ser l'intestí prim. El plàstic no ho seria perquè és impermeable i no deixa passar res, el paper de cuina i la baieta només absorbeixen el líquid, i la gassa permet deixar passar el líquid i part del sòlid.



Figura 9. Experiment per poder comprovar quin és el tipus de teixit més adequat per representar l'intestí. Posem a sobre el got quatre tipus de materials: plàstic, baieta, paper de cuina i gassa. Posem a sobre cada material una galeta triturada amb una mica d'aigua i observem quin teixit deixa passa l'aigua i quin deixa passar part del sòlid.

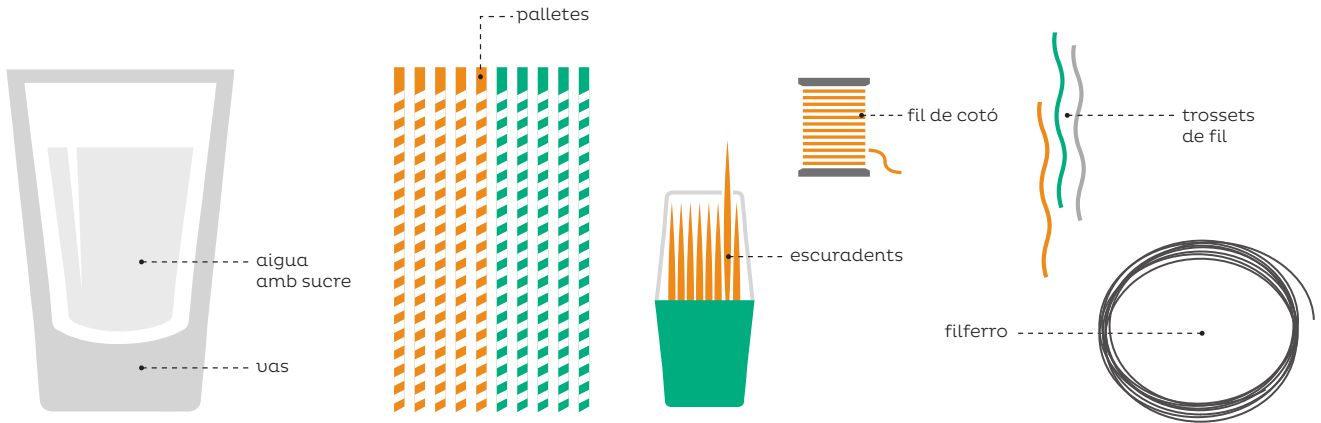
Per tant, el material més adequat per representar les parets de l'intestí prim serà la gassa ja que permet deixar passar part dels nutrients.

#### 4. Elecció de la millor simulació d'intestí gruixut

Un cop escollit el material que representa millor l'intestí prim, buscarem una analogia per introduir l'intestí gruixut, ens centrarem en la part de la mescla d'aigua i galeta que s'ha quedat damunt la gassa. D'aquesta manera, preguntem què creuen que passa amb el que no s'ha pogut absorbir i si creuen que existeix algun altre tipus de filtratge. Aprofitant la resta de materials del pas anterior (el plàstic impermeable, el paper de cuina i la baieta) demanem quin és el millor material per representar l'intestí gruixut en el nostre model. Farem la prova abocant-hi la resta de substàncies que no han pogut ser absorbides per la gassa. Cal que fem notar que la funció de l'intestí gruixut és absorbir l'aigua i les sals minerals, però també d'expulsar tot allò que no necessitem. Per tant, la substància que finalment ens quedarà a la baieta o al paper de cuina simula la femta.

## Activitat 4

# EL CAMÍ DELS INTESSTINS A LA SANG



### Material per a un grup de quatre persones:

5 palletes de color blau, 5 palletes de color vermell, trossets de fil, 1 vas, aigua amb sucre, filferro, escuradents i fils de cotó.

### Les idees científiques

**Idea 1.** Els aliments estan constituïts per uns nutrients bàsics: glúcids, lípids i proteïnes.

**Idea 4.** El sistema circulatori és l'encarregat de distribuir els nutrients per tot el cos.

### Les idees dels infants

Malgrat que pràcticament no hi ha estudis sobre les idees de les nenes i els nens de primària en relació amb l'aparell circulatori, no és gaire agosarat fer un paral·

lelisme amb el que passa en el cas d'altres aparells del cos humà i pensar que els nens i nenes, quan comencem l'estudi d'aquest aparell, tenen idees molt generals sobre la seva anatomia i fisiologia. Segurament són capaços d'identificar alguns dels constituents d'aquest aparell (cor, vasos sanguinis) però és molt probable que no tinguin una representació conceptual gaire clara i precisa de com estan fetes cadascuna d'aquestes estructures (cor, artèries, venes, capil·lars), ni de quines funcions porten a terme. Sospitem que la majoria de les nenes i els nens representen el sistema circulatori com si fos un sistema obert, on els vasos sanguinis passen la sang als teixits, sense tenir en compte els capil·lars.

### L'explicació científica

Els nutrients absorbits a l'intestí arriben a la sang a través dels capil·lars. Els capil·lars són uns vasos molt i molt petits que permeten l'intercanvi de substàncies

entre els diferents teixits del cos i la sang. Per tant, la principal diferència dels capil·lars amb els altres vasos sanguinis és que són els únics que són permeables. Els nutrients que arriben des de l'intestí, per tant, arriben a la sang a través dels capil·lars. Els capil·lars es van unint entre ells fins a formar venes petites, i aquestes venes petites s'ajunten entre elles per formar les grans venes que porten la sang fins al cor. Des del cor, la sang carregada de nutrients és enviada cap a tot el cos per artèries, que són els vasos sanguinis que porten la sang des del cor fins als teixits. Aquestes artèries se subdivideixen en artèries cada cop més i més petites fins a construir els capil·lars. Els capil·lars alliberen els nutrients a les cèl·lules dels teixits, com ara els músculs, però a la vegada reben les substàncies de rebuig generades pels propis teixits.

### **Descripció de l'activitat**

1. Idees prèvies: Com viatgen els nutrients pel cos?
2. Elecció de la millor representació dels vasos sanguinis: artèries, venes i capil·lars.
3. Creació d'una història consensuada sobre el viatge dels nutrients per la sang.

### **Orientacions didàctiques**

#### **1. Idees prèvies: Com viatgen els nutrients pel cos?**

A partir de la maqueta realitzada a l'activitat 1, "Exploració de les idees sobre el camí dels nutrients", aquesta activitat proposa construir una explicació sobre com les nenes i els nens s'imaginen el transport dels nutrients cap als teixits. El primer pas serà demanar als alumnes que representin com creuen que els nutrients viatgen

pel cos a partir del material de què disposen: palletes blaves i vermelles, fils, filferro i escuradents. És important que cada grup tingui llibertat per poder expressar el seu model, ja que només d'aquesta manera podrem saber quines preguntes realitzar perquè els alumnes facin evolucionar les seves idees.

#### **2. Elecció de la millor representació dels vasos sanguinis: artèries, venes i capil·lars**

Un cop posada en comú la primera representació amb tot el grup classe, és moment d'intervenir per ajudar a identificar i distingir els tres tipus de vasos sanguinis, artèries, venes i capil·lars, i comprendre'n la seva funció. Expliquem que els capil·lars són els encarregats de rebre i deixar anar els nutrients de la sang cap als teixits i que els nutrients estan plens d'aquests capil·lars perquè els nutrients puguin entrar al torrent sanguini. També expliquem que els capil·lars són, a la vegada, els encarregats d'alliberar els nutrients perquè les cèl·lules dels teixits els puguin absorbir, és a dir, són el lloc concret on es produeix l'intercanvi de substàncies amb tots els teixits del cos (pulmons, cervell, músculs, pell, etcètera).

A partir d'aquí, els alumnes hauran de triar quin material representa millor cada tipus de vas sanguini. Per poder realitzar l'elecció fem l'experiment següent: dissoldrem aigua amb sucre simulant la sang (l'aigua) i els nutrients que transporta (el sucre dissolt) per observar què passa amb diferents materials quan es mullen. D'aquesta manera, observem que les palles són impermeables i deixen passar el líquid pel seu interior. El filferro també té aquesta propietat, però sense deixar passar el líquid. En canvi, els escuradents poden arribar a absorbir una petita quantitat d'aigua amb sucre, però són només els fils els que queden amarats d'aquesta dissolució.



Per tant, amb aquestes observacions podem acordar que les venes i les artèries, que s'encarreguen de transportar la sang per tot el cos, poden ser representades per palletes de diferents colors (per exemple, les blaves les venes i les vermelles les artèries). D'altra banda, podem determinar que el millor material per representar els capil·lars són els fils que queden amarats d'aigua amb sucre.

### 3. Creació d'una història consensuada sobre el viatge dels nutrients per la sang

Un cop construïda la part de la maqueta (figura 10) que representa l'aparell circulatori podem fer que les nenes i els nens construeixin una explicació escrita o oral de com funciona el cos humà, utilitzant la maqueta com a suport i referència. Pot ser útil proposar-los que respongui les següents preguntes:

- Com passen a la sang els nutrients absorbits?
- Quina funció tenen els capil·lars si ens els imaginem com fils permeables?
- Per què les venes i les artèries les representem amb un material impermeable?
- Com és que la sang pot arribar a totes les parts del nostre cos? Qui l'ajuda?
- Qui transporta la sang carregada de nutrients cap al cor?
- Com s'alliberen els nutrients perquè les cèl·lules dels teixits els puguin absorbir?

Si volem avaluar tot el camí podem suggerir que a tra-

vés de la seva explicació responguin més preguntes que tinguin a veure amb les altres etapes del camí dels nutrients on s'hagin d'aplicar els continguts apresos.

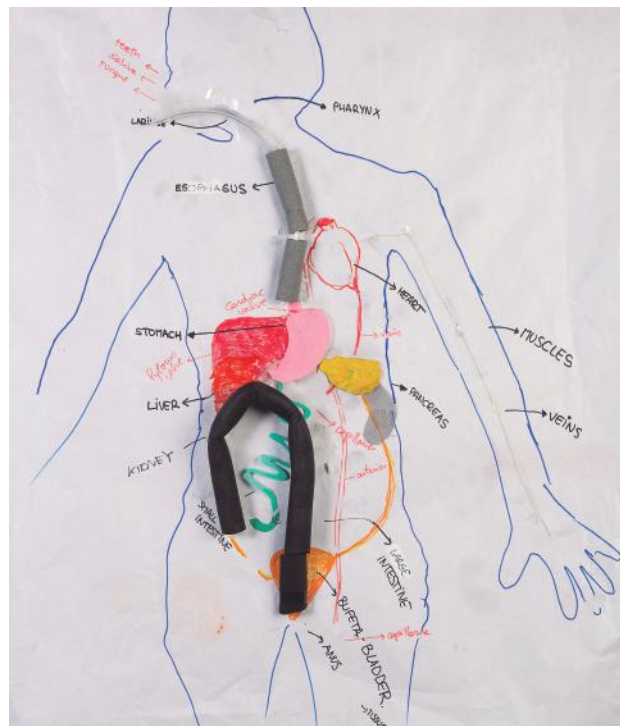


Figura 10. Maqueta per explicar el camí dels nutrients amb alumnat de primària, en el marc de les investigacions preparades per al curs de Petits talents científics.

# L'experiència de l'escola SEAT al curs de formació de Petits talents científics

L'Alejandro Montesinos va ser mestre de l'escola SEAT el curs 2016/17, i amb el grup de 5è d'educació primària va portar a terme una investigació sobre el camí dels nutrients. A continuació ens explica què va suposar l'experiència per a ell i el seu alumnat.

*A l'hora d'escollir el tema ens va ser una mica complicat; era el primer cop que treballava amb aquesta metodologia i no sabia ben bé els paràmetres que calia seguir. Els nens tenien molts tipus de preguntes diferents, però la majoria s'aprovaven a saber com un ésser humà pot créixer.*

*Ens vam proposar, doncs, començar a fer les nostres hipòtesis, totes elles molt variades. Per als nens era un procés diferent, més engrescador i motivador, acostumats a rebre les típiques classes magistrals. Per a ells, això era com no treballar. Per mi també era molt més enriquidor i divertit.*

*La manera proposada a l'hora de treballar va ser que primer cada nen de manera individual pensava la seva hipòtesi, després la compartia amb la parella de la taula i finalment els quatre membres de la taula posaven les hipòtesis en comú i n'extreien una de definitiva. A l'hora de fer les hipòtesis, plantejaven el recorregut que devia de fer la pasta pel nostre cos perquè es transformés i ens fes créixer. Amb les hipòtesis definitives posades en comú per cada grup de 4 alumnes, van fer unes maquetes amb tot de material variat (reciclat que havien anat portant ells mateixos de casa, plastilina, paper de cel·lofan, etcètera).*

*A partir d'uns experiments encarats a la descoberta del funcionament de les diferents parts de l'aparell digestiu, els nens van ser capaços d'entendre millor*

*els processos pels quals passa un aliment fins a arribar a cada part del cos. Un cop aplicats, també ens van servir per fer una maqueta definitiva entre tots els alumnes de la classe, deixant a cada grup encarregar-se de la part corresponent a l'experiment que havien fet. D'aquesta manera els alumnes van poder entendre d'una manera molt significativa el funcionament de l'aparell digestiu, a part de descobrir moltes coses relacionades amb el funcionament del cos humà, ja que els alumnes mostraven un interès molt gran per descobrir més coses sobre el tema.*

*El fet i l'experiència d'anar-ho a presentar al Cosmocaixa també va ser un factor determinant, ja que els feia molta il·lusió poder explicar-ho allà. De fet, van ser bastants els alumnes que van presentar-se voluntàriament per ser els encarregats de presentar el projecte. El procés de selecció va ser voluntari; tots aquells que volien explicar-ho el dia de l'acte es van preparar l'exposició del Power Point que havíem fet entre tota la classe com a conclusió del treball fet durant aquell temps. Els mateixos alumnes van ser el jurat per escollir quins serien els tres representants de la classe. Finalment, van sortir alguns alumnes que tenien molta vergonya de fer-ho. Tot i això van ser capaços de superar el repte!*

*Com a conclusió diria que tant per part de l'alumnat com del professorat va ser una experiència molt interessant i enriquidora. Això sí, requereix la voluntat del mestre per formar-se i preparar-se molt bé tot el seguit de sessions i experiments i per estar obert a experimentar amb els alumnes*

# El camí dels gasos: quan el problema és la respiració i els batecs del cor

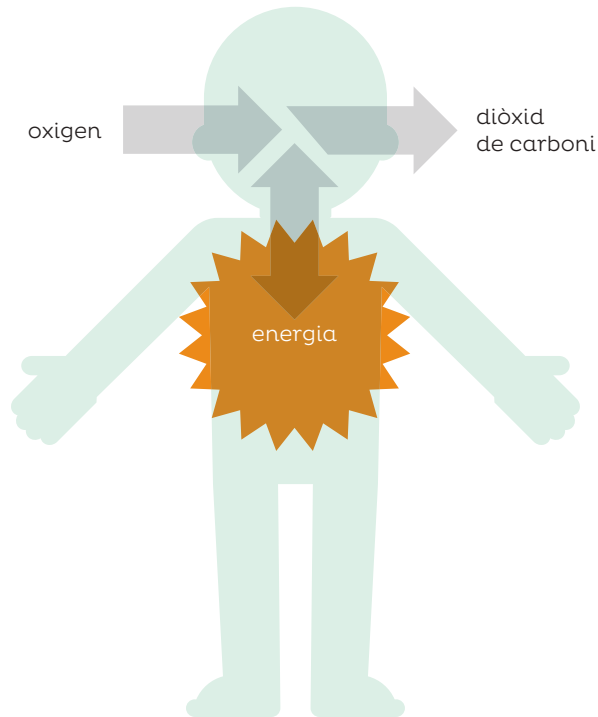


Figura 11. Esquema del camí dels gasos, on s'explicita com els gasos entren, es processen i són usats per obtenir energia

El camí dels gasos explica com l'ésser humà inspira els gasos de l'exterior, els porta fins als pulmons i des d'allà transporta l'oxigen a través de la sang fins a totes les parts del cos. A més a més, ha d'ajudar a explicar com el cos humà expulsa el diòxid de carboni provinent de tots els teixits. La construcció d'aquest camí ha de servir per respondre totes aquelles preguntes que tenen a veure amb la respiració i amb el ritme dels batecs del cor. Els centres educatius que han participat en el programa Petits talents científics han utilitzat aquest camí per respondre algunes preguntes, com ara: "Com és que quan corro respiro més fort?" "Com és que quan faig exercici el cor em batega més ràpid?"

Per donar resposta a aquestes preguntes cal treballar de manera integrada l'aparell respiratori i el sistema circulatori. Precisament, el camí dels gasos ens servirà per unir tots els òrgans i estructures internes que participen en tots aquells processos que tenen a veure en com els gasos són utilitzats pel cos humà.

**Entendre el camí dels gasos des del punt de vista del model integrat del cos humà**

**Diferenciar entre aire i gasos**

Com en el cas del camí dels nutrients, el camí dels gasos forma part de la funció de nutrició. Per tant, aquest

camí explica com el cos humà fa arribar a totes les cèl·lules del nostre cos aquelles substàncies externes necessàries —en aquest cas alguns gasos—, perquè puguin fer tot allò necessari per sobreviure. A part dels nutrients bàsics, les cèl·lules que formen els teixits del nostre cos necessiten oxigen per poder portar a terme la respiració cel·lular. Durant la respiració cel·lular, els glúcids combinats amb l'oxigen generen l'energia que les cèl·lules necessiten per poder portar a terme les seves funcions vitals. En el procés de respiració cel·lular, les cèl·lules generen un altre gas, el diòxid de carboni, que es converteix en un producte de rebuig que cal eliminar del cos ja que en altes quantitats pot arribar a ser tòxic.

Per tant, és important distingir entre aire i gasos. L'aire que ens envolta està format per diferents gasos. Els dos gasos més abundants a l'aire són, d'una banda, el nitrogen, que representa el 78% de l'aire i, de l'altra, l'oxigen, que en representa el 21%. L'1% restant està format per diversos gasos, com l'argó, el diòxid de carboni o l'aigua en estat gasós, entre molts d'altres. De tots els gasos que constitueixen l'aire, les cèl·lules dels teixits humans només utilitzen l'oxigen per fer la respiració cel·lular i obtenir energia.

En resum, el cos humà disposa d'un seguit d'òrgans que li permeten obtenir oxigen de l'exterior, portar-lo a totes les cèl·lules dels teixits del cos i eliminar el diòxid de carboni que es genera. En concret, aquests òrgans s'agrupen en dos sistemes: l'aparell respiratori i el sistema circulatori. El camí dels gasos es pot organitzar en dos processos:

- La inspiració i l'expiració, que expliquen com l'aire entra des del nas fins als pulmons, i com el diòxid de carboni és expulsat pel nas des dels pulmons cap a l'exterior.

- El transport dels gasos per la sang, que explica com l'oxigen passa des dels pulmons al sistema circulatori i arriba a les cèl·lules dels teixits, i també el transport del diòxid de carboni des dels teixits on es genera fins als pulmons.

### **La inspiració i l'expiració**

En la inspiració, l'aire que es troba a l'exterior del cos entra fins als pulmons. Els pulmons són dos òrgans fets de teixit esponjós i en forma de sac que tenim dins la caixa toràctica, protegits per les costelles. L'aire entra als pulmons com a conseqüència del moviment d'un múscul, el diafragma, que tenim just a la part inferior de la caixa toràctica. Quan el diafragma es contrau, la caixa toràctica augmenta de volum i, com a conseqüència, l'aire de fora entra cap a dins. Quan el diafragma es relaxa, la caixa toràctica disminueix de volum i el procés es produeix a la inversa.

Així, a través del moviment del diafragma, l'aire entra des de fora cap a dins del cos humà i passa per diferents òrgans. El primer òrgan implicat en el trajecte és el nas, que consta de dos forats que porten a una cavitat interna, les fosses nasals. La part interna del nas està ple de petits pèls i mucositats que ajuden a filtrar l'aire de partícules sòlides. Les fosses nasals són dues cavitats que estan plenes de pèls i replecs que fan que l'aire no entri directament cap a la faringe i així tingui temps d'escalfar-se.

A continuació de les fosses nasals, l'aire arriba a la faringe. La faringe és una estructura en forma de tub que connecta la cavitat bucal i les fosses nasals amb l'esòfag (aparell digestiu), i la laringe i la tràquea (aparell respiratori). Com que es connecten els dos aparells en el mateix tub, hi ha el perill que en deglutir l'aliment es

desuï cap a l'aparell respiratori en comptes de cap a l'aparell digestiu. Per evitar aquest fet, que provocaria una mort per ennuegament, hi ha un petit cartílag, l'epiglòtis, que tanca l'espai de contacte que hi ha entre la faringe i la laringe quan es degluteix i que queda obert quan es respira.

A continuació, l'aire arriba a la laringe on hi ha les cordes vocals, uns músculs que ens permeten emetre els sons de la parla, i descendeix fins a la tràquea. Anatòmicament, la laringe i la tràquea se situen per davant de l'esòfag. La tràquea és un tub d'uns 12 centímetres de longitud i uns 2 centímetres de diàmetre que con-

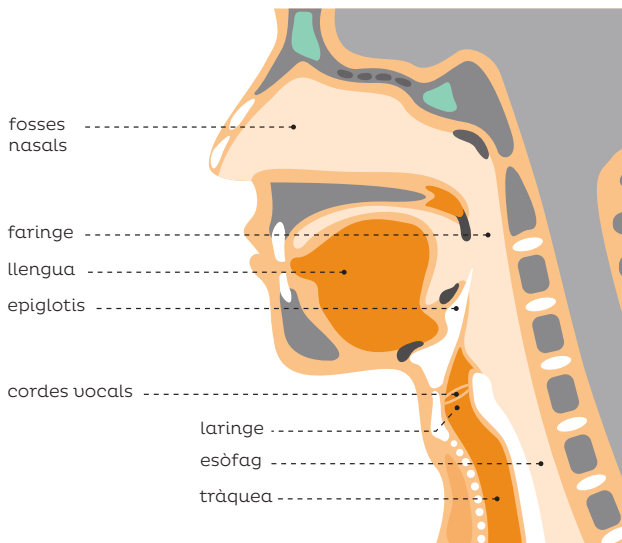


Figura 12. Il·lustració de la part superior de l'aparell respiratori i de l'aparell digestiu

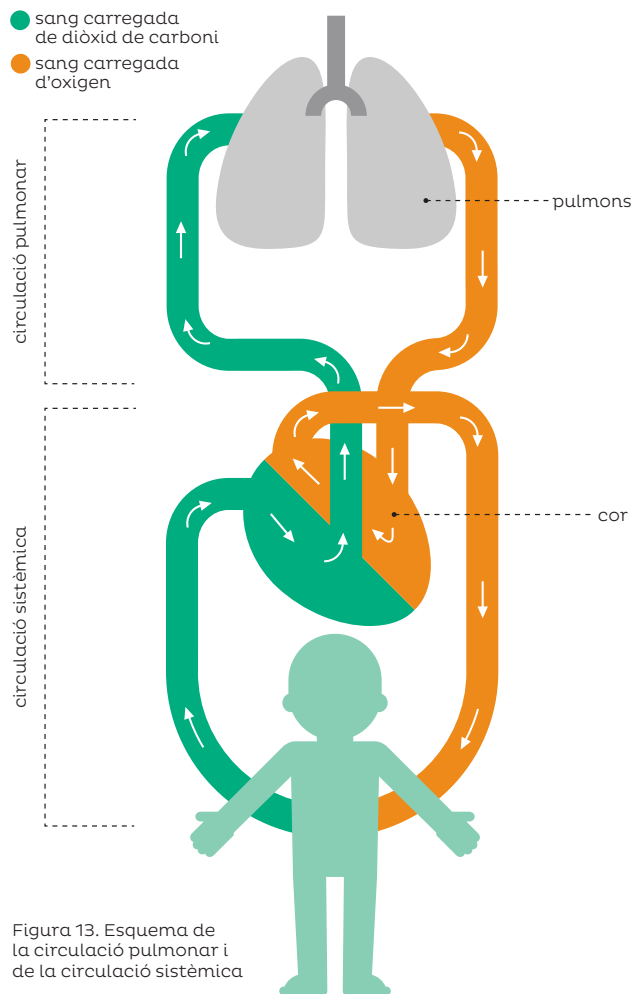
necta la laringe i els bronquis, i està format per tot d'anells cartilaginosa. La tràquea es divideix en dos bronquis principals, que són els que aporten l'aire fins als pulmons.

Externament, els pulmons són dos sacs membranosa, però internament estan compostos d'una xarxa de tubs i sacs que fan que augmenti molt la seva superfície. D'aquesta manera, els dos bronquis principals es divideixen en tot de bronquis secundaris que, al seu torn, es van fent cada vegada més petits. Al final de les ramificacions dels bronquis, s'hi troben els alvèols, una mena de saquets petits, que és on es dona l'intercanvi d'oxigen i diòxid de carboni entre l'aparell respiratori i el sistema circulatori.

### **Segon etapa: el transport d'oxigen i de diòxid de carboni a través de la sang**

Una vegada l'aire carregat d'oxigen arriba als alvèols es dona l'intercanvi de gasos. Els alvèols estan envoltats de capil·lars que porten un alta càrrega de diòxid de carboni que prové de les cèl·lules dels teixits de tot el cos i que és transportada per l'artèria pulmonar. D'aquesta manera, l'aire carregat d'oxigen dels alvèols entra a la sang pels capil·lars, mentre que la sang dels capil·lars passa el diòxid de carboni als alvèols.

De fet, l'oxigen no es dissol directament en el "líquid" sanguini, sinó que és transportat per unes cèl·lules específiques, els eritròcits o glòbuls vermells, que són els responsables del transport de l'oxigen i del diòxid de carboni. Els capil·lars que provenen dels pulmons i que porten la sang oxigenada es van unificant fins a transformar-se en venes, que es fusionaran fins a transformar-se en les venes pulmonars que desemboquen al cor.



Cal tenir en compte que el cor dels éssers humans està dividit en dues meitats. D'aquesta manera, la sang que arriba a la meitat esquerra del cor no es barreja amb la sang que arriba a la meitat dreta. Si visualitzéssim com un tot la circulació sanguínia tindria forma de 8, tal com mostra la figura 13. Les venes que porten la sang des dels teixits fins al cor sempre entren per la part superior del cor, mentre que les artèries, que són les que porten la sang des del cor fins als teixits, sempre surten per la part inferior.

Les venes que arriben dels pulmons carregades d'oxigen entren per la banda esquerra del cor. El cor impulsa la sang oxigenada per tot el cos per una artèria, l'artèria aorta, que surt del mateix cantó esquerre. L'artèria aorta es ramifica en altres artèries més petites que arriben a tot arreu del cos. Les artèries es transformen en capil·lars que són els que intercanvien l'oxigen amb les cèl·lules dels teixits. Les cèl·lules dels teixits de tot el nostre cos reben l'oxigen d'aquests capil·lars i deixen anar a la sang tot el diòxid de carboni que queda com a residu de la respiració cel·lular.

Tota aquesta sang carregada de diòxid de carboni que hi ha als capil·lars desemboca a tot de petites venes d'arreu del cos, fins a unes grans venes que són les que aporten la sang al cor pel cantó dret. L'artèria que surt pel cantó dret carregada de diòxid de carboni és la que portarà la sang fins als capil·lars que hi ha al voltant dels alvèols i que permeten l'intercanvi de gasos.

### Les idees de les nenes i els nens en relació amb els òrgans i els processos implicats en el camí dels gasos

Les idees i els raonaments de les nenes i els nens de primària sobre la respiració han estat molt menys estudiades que no pas les idees i raonaments sobre els òrgans

i els processos vinculats a la funció de nutrició, especialment a la digestió (Toyama, 2000). En general, les nenes i els nens no troben tants problemes en la respiració, com en l'alimentació i la digestió. Això pot ser degut a dos factors: a) tenen més percepcions reals sobre l'alimentació (menjar, mastegar, sorolls i moviments dels intestins, etcètera) que no pas sobre la respiració, i b) reben molta més informació del seu entorn social i familiar sobre l'alimentació i la digestió que no pas sobre la respiració.

Els estudis disponibles mostren que els infants, i molts adults també, apliquen el terme respiració, o respirar, a l'intercanvi de gasos, és a dir, a l'entrada d'oxigen al cos a través de la inspiració, i a la sortida de gasos a través de l'expiració. Tot i que el que s'inspira és aire, les nenes i els nens tenen força clar de seguida que el gas que el cos necessita és l'oxigen. Per contra, no és tan clar que identifiquin de manera específica quins són els gasos que surten del cos cap a l'exterior. Per això és important que, quan a l'escola es treballi la respiració, es vagi més enllà d'aquesta idea de respiració com a intercanvi de gasos, i es faci referència al paper que realment té l'oxigen en l'obtenció d'energia a cadascuna de les cèl·lules, la qual cosa també situa la necessitat que l'oxigen sigui transportat d'alguna manera per tot el cos.

En termes generals les nenes i els nens des dels 6-7 anys reconeixen fàcilment la importància de la respiració, i saben que el fet de no respirar, com el fet de no menjar, té greus conseqüències per al cos. Tanmateix, la recerca mostra que són més conscients dels canvis que es produeixen en els aliments, que no pas del que li passa a l'oxigen que respirem. Així doncs, totes les nenes i els nens saben que l'oxigen és necessari per viure, però no saben quin és el paper que realment té en el funcionament del cos humà.

Anatòmicament, identifiquen els pulmons com els òrgans més rellevants en relació amb la respiració, però tenen un coneixement molt menys concret de la resta d'òrgans que formen l'aparell respiratori. Els estudis que s'han fet a partir de l'anàlisi dels dibuixos dels infants mostren que hi ha una certa varietat en els dibuixos dels infants sobre l'aparell respiratori, però normalment des dels 6-7 anys ja inclouen els pulmons i també una connexió amb l'exterior. Així mateix és freqüent que dibuixin connexions entre els pulmons i altres òrgans com ara el cor, o l'estómac, de manera que no consideren els pulmons com els únics òrgans implicats en la respiració.

### **Idees que cal treballar sobre el camí dels gasos**

Des del nostre punt de vista, les idees més importants que cal construir a través del camí dels gasos són les següents:

**Idea 1. L'aire està compost per diversos gasos; de tots ells, el cos humà només n'utilitza l'oxigen.** Aquesta idea fa referència tant a comprendre que l'aire és una mescla de gasos com a entendre que no tot l'aire que entra als pulmons és aire que utilitzem en la respiració.

**Idea 2. L'aparell digestiu i el respiratori comparteixen la primera part del camí, però a la laringe hi ha un cartíleg que separa els dos aparells.** Aquesta idea fa referència sobretot a comprendre el tram inicial dels dos aparells i que la separació es dona a la laringe.

**Idea 3. L'aire entra i surt dels pulmons com a conseqüència del moviment d'un múscul, el diafragma, que tenim just a la part inferior de la caixa toràcica.** Aquesta idea fa referència a entendre que és el moviment muscular del diafragma el que genera que l'aire entri a dins dels pulmons.

**Idea 4. L'oxigen arriba a la sang des dels alvèols que hi ha als pulmons, la circulació pulmonar fa que l'oxigen arribi al cor i d'allà es distribueixi a tot el cos.**  
Aquesta idea té a veure amb el paper dels vasos san-

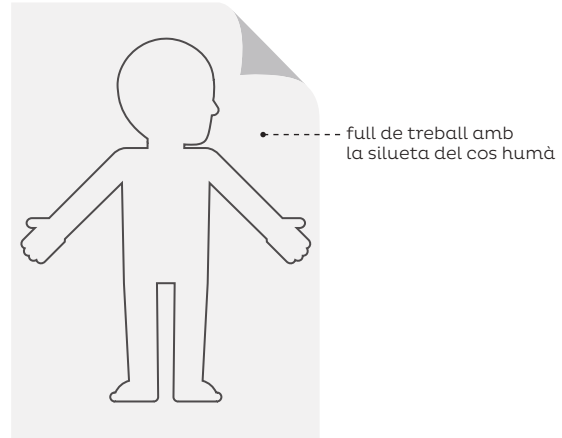
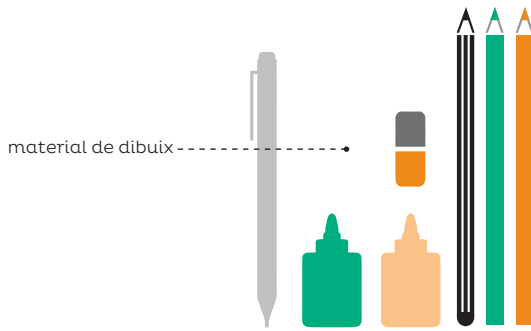
guinis en el transport dels gasos i amb la importància dels capil·lars que gràcies a la seva permeabilitat deixen entrar i sortir substàncies de l'aparell circulatori.

	<b>Activitat 1.</b> Exploració de les idees sobre el camí dels gasos.	<b>Activitat 2.</b> El camí de l'aire fins als pulmons.	<b>Activitat 3.</b> Com entra l'aire fins als pulmons.	<b>Activitat 4.</b> El camí dels gasos a la sang.
<b>Idea 1.</b> L'aire està compost per diversos gasos; de tots ells, el cos humà només n'utilitza l'oxigen.				
<b>Idea 2.</b> L'aparell digestiu i el respiratori comparteixen la primera part del camí, però a la laringe hi ha un cartíleg que separa els dos aparells.				
<b>Idea 3.</b> L'aire entra i surt dels pulmons com a conseqüència del moviment d'un múscul, el diafragma, que tenim just a la part inferior de la caixa toràcica.				
<b>Idea 4.</b> L'oxigen arriba a la sang des dels alvèols que hi ha als pulmons, la circulació pulmonar fa que l'oxigen arribi al cor i d'allà es distribueixi a tot el cos.				



## Activitat 1

# EXPLORACIÓ DE LES IDEES SOBRE EL CAMÍ DELS GASOS



### Material per a un grup de quatre persones:

Full de treball amb la silueta del cos humà, llapis de colors i material per dibuixar.

### Les idees científiques

**Idea 2.** L'aparell digestiu i el respiratori comparteixen la primera part del camí, però a la laringe hi ha un cartíleg que separa els dos aparells.

**Idea 4.** L'oxigen arriba a la sang des dels alvèols que hi ha als pulmons, la circulació pulmonar fa que l'oxigen arribi al cor i d'allà es distribueixi a tot el cos.

### Descripció de l'activitat

1. Presentació de la investigació sobre el camí dels gasos.

2. Exploració de les idees dels infants sobre l'anatomia de l'aparell respiratori.

3. Exploració de les idees dels infants sobre el funcionament de l'aparell respiratori.

### Orientacions didàctiques

#### 1. Presentació de la investigació sobre el camí dels gasos

La investigació cal que s'emmarqui a través d'una pregunta la resposta a la qual hauria de ser una explicació que ajudi a comprendre com funciona el camí dels gasos en el cos humà. Tant si és a través de preguntes formulades pels mateixos infants o a partir d'una pregunta generada pel docent, cal que les preguntes condueixin a explicacions, com per exemple les preguntes que es van fer en les investigacions del curs Petits

talents científics “Com és que quan corro respiro més fort?” “Per què quan faig exercici el cor em bateja més ràpid?”

## **2. Exploració de les idees dels infants sobre l'anatomia de l'aparell respiratori**

Podem començar fent reflexionar els alumnes sobre les parts del nostre cos que intervien a l'hora d'inspirar i partint de la seva pròpia experiència. Per guiar aquesta investigació, caldrà que formulem preguntes, com per exemple: “Per on entra l'aire?”, “Si ens tapem el nas podem respirar?”, “I si ens tapem la boca?”, “Per on passa l'aire?”, “On va?”, “Què notem quan inspirem?”, “I quan expirem?”.

A partir d'aquesta primera observació, demanarem als alumnes que facin dos dibuixos utilitzant dos colors diferents: a) de color blau tots aquells tubs i aparells per on passa l'aire quan entra al cos humà; b) de color vermell tots aquells tubs i aparells per on passa el menjar quan entra al cos humà fins a l'estómac. Per ajudar-los a dibuixar aquests recorreguts els donem una silueta del cos humà.

## **3. Exploració de les idees dels infants sobre el funcionament de l'aparell respiratori**

A continuació, podem iniciar una conversa perquè els infants expliquin com funciona l'aparell respiratori. A més a més, cal que aprofundim en les seves idees sobre la connexió entre l'aparell respiratori i el sistema circulatori a través d'algun fet conegut, com per exemple: “Tots sabem que quan fem exercici respirem més i el cor ens bateja més ràpid; com us imagineu que passa això?” “Com creieu que estan connectats els pulmons i el cor?”.

## Activitat 2

# EL CAMÍ DE L'AIRE FINS ALS PULMONS



### Material per a un grup de quatre persones:

Representacions dels models 1, 2 i 3, goma i llapis.

### Les idees científiques

**Idea 1.** L'aire està compost per diversos gasos de tots ells, el cos humà només utilitza l'oxigen.

**Idea 2:** L'aparell digestiu i el respiratori comparteixen la primera part del camí, però a la laringe hi ha un cartíleg que separa els dos aparells.

### Les idees dels infants

Alguns estudis han posat de manifest que els alumnes no coneixen amb prou detall l'anatomia de la part inicial dels aparells digestiu i respiratori. Això es pot veure en les diverses representacions d'aquest tram que es

descriuen més avall, en què apareixen representacions amb una completa desconexió entre ambdós aparells, o d'altres en què no hi ha distinció entre un i altre aparell. El que és força probable és que no aparegui cap representació dels alumnes que es correspongui exactament amb l'anatomia d'aquest tram.

### L'explicació científica

L'aparell digestiu i l'aparell respiratori comparteixen el primer tram de recorregut fins a la laringe, on se separen en dos tubs diferents. Per evitar que el menjar entri a les vies respiratòries, existeix un cartíleg, l'epiglòtides, que tanca el conducte respiratori quan empassem.

### Descripció de l'activitat

1. Classificar els possibles models segons les semblances i diferències.

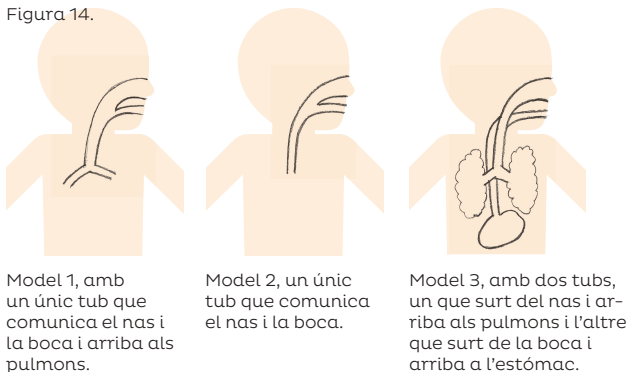
2. Examinar i discutir els models seleccionats per comprovar el seu funcionament verificant hipòtesis i creant un model consensuat entre tot el grup classe.

### Orientacions didàctiques

#### 1. Classificar els possibles models segons les semblances i diferències

Un dels objectius d'aquesta activitat és que els alumnes coneguin i discuteixin sobre les representacions de la resta de grups per poder canviar la seva representació inicial expressada en l'activitat 1, "Exploració de les idees sobre el camí dels gasos". Per això, iniciarem un col·loqui on cada grup exposarà el dibuix on hi ha representat el seu model i afavorirem les interaccions entre els infants amb la intenció de trobar les semblances i diferències entre cadascuna de les representacions. La finalitat d'aquest diàleg és poder classificar tots els dibuixos en models més generals que englobin els trets més característics de totes les idees prèvies. Un exemple d'agrupació podria ser el següent:

Figura 14.



A partir de les nostres intervencions procurarem que els infants puguin fer una bona classificació on es recullin totes i cadascuna de les hipòtesis de cada grup per poder-les verificar més endavant. Per exemple, hi poden haver alumnes que creguin que el model 1 i el model 2 es poden agrupar en la mateixa categoria, ja que poden representar una mateixa idea: un sol tub connectat per la boca i el nas. Podem intervenir per ajudar a identificar que no simbolitza la mateixa idea, ja que tenen acabaments diferents. Un cop classificats tots els dibuixos, és necessari posar-se d'acord sobre quin representa millor cada categoria o, si és necessari, crear-ne de nous que agrupin les mateixes idees. L'objectiu final és disposar de dos o tres models per poder-los analitzar més profundament.

#### 2. Examinar i discutir els models seleccionats per comprovar el seu funcionament verificant hipòtesis i creant un model consensuat entre tot el grup classe

La finalitat d'haver categoritzat les hipòtesis inicials de tots els grups en tres models és per obtenir un únic model consensuat entre tots que representi quin és el trajecte que fa l'aire fins a arribar als pulmons. Per fer-ho, posarem a prova cada model mitjançant el diàleg per qüestionar els punts febles de cada representació i incorporar nous conceptes creant incoherències a partir de l'observació.

Per posar a prova els dibuixos dels infants que són semblants al model 1, primer caldrà que els alumnes que han expressat aquesta representació l'expliquin. Per avaluar-lo, podem recuperar les observacions inicials sobre el fet que respirem pel nas i per la boca, i podem fer notar que el model que presenten és vàlid pel que fa a la connexió d'aquests dos òrgans. Però també hem de fer veure algunes incoherències mitjançant el diàleg.

jançant preguntes com ara: “Si la boca i el nas estan connectats, l’aire i l’aliment viatgen pel mateix tub?”, “Què passa amb els aliments?”, “També arriben als pulmons?”. Aquestes primeres observacions han d’ajudar a comprendre que les representacions semblants al model 1 i 2 són incompletes, ja que els aliments no arriben als pulmons i, per tant, és necessari que hi hagi dos tubs diferents: un per a l’aparell respiratori i un per a l’aparell digestiu.

A partir d’aquesta primera descoberta es pot passar a comprovar totes aquelles representacions dels infants semblants al model 3, en el qual hi ha un tub per cada acció: respirar i menjar. Seguint la mateixa dinàmica d’abans, tornem a guiar l’anàlisi mitjançant preguntes i petites comprovacions. En primer lloc, podem indicar que “en el model 1 fixeu-vos que hi ha un tub connectat amb la boca i el nas per poder respirar pels dos òrgans. Podríem respirar per la boca i el nas, si fos com el model 3?”. En segon lloc, podem fer notar que “aquest model ens permet empassar i respirar al mateix temps. Podem fer-ho nosaltres? Quan masteguem podem respirar?”.

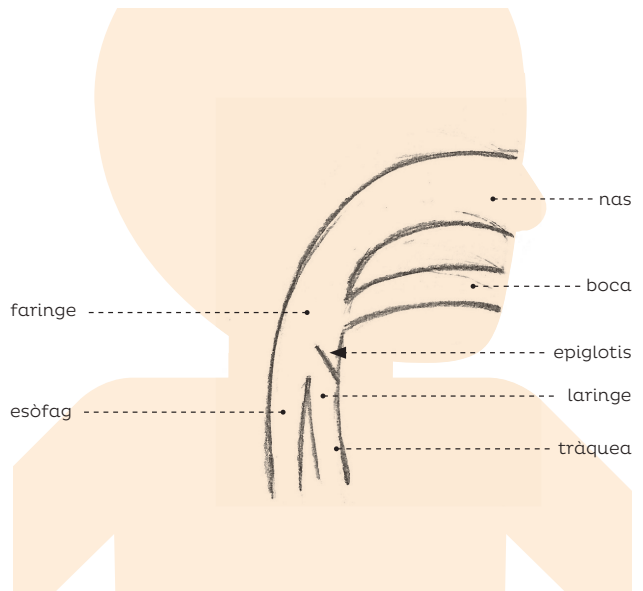
Establint aquest tipus de diàlegs s’arribarà a la conclusió que el model 3 també és incomplet, ja que no podem empassar i respirar alhora.

Per poder construir un nou model a partir de les rectificacions, semblant al de la figura 14, cal que anem recopilant totes les idees que han anat sorgint fruit de la investigació:

- no podem tenir un sol tub perquè l’aliment aniria a parar als pulmons
- tampoc podem tenir dos tubs independents perquè no podem empassar i respirar alhora.

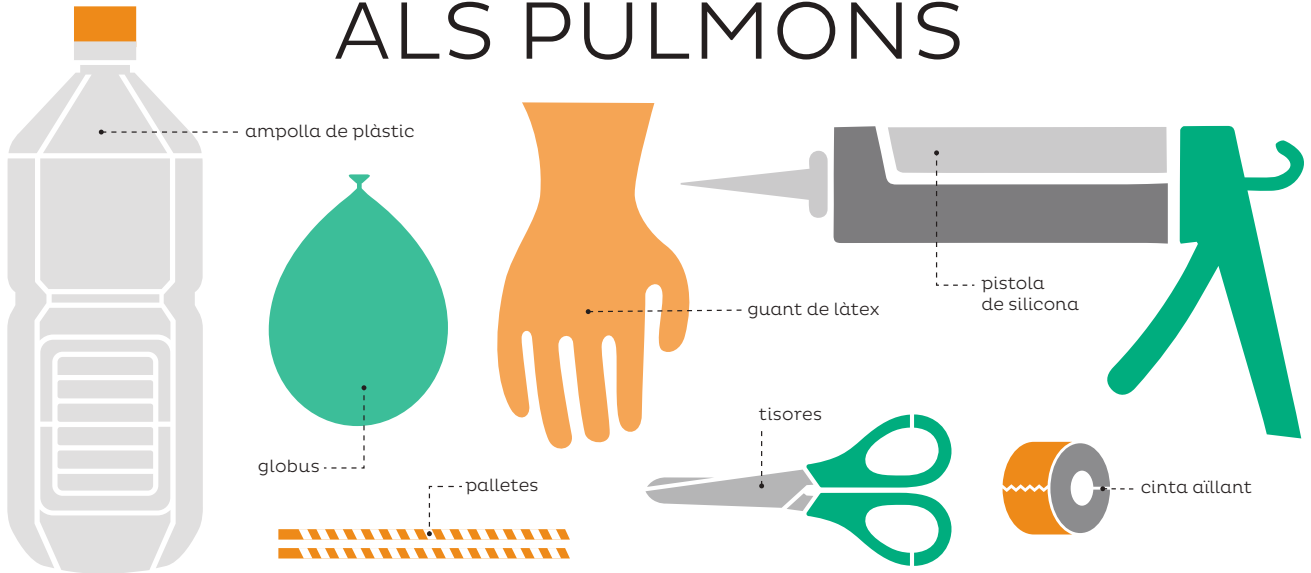
A partir d’aquí, el mestre formula les següents preguntes: “Què fa que el menjar no entri al tub equivocat i que el menjar no baixi fins als pulmons?”, “Què ens pot anar bé per evitar que el menjar baixi als pulmons?”, “Com ho podríem representar?”. Segurament sorgirà la idea que tenim una espècie de porta o trapa que s’obre i es tanca. En aquest moment, podem introduir el nom científic d’aquest petit cartilag, l’epiglòtis, que s’obre i es tanca dirigint el menjar i l’aire en la direcció correcta.

Figura 15. El model 4, amb dos tubs que comparteixen la part inicial del recorregut, però que se separen després de l’epiglòtis.



## Activitat 3

# COM ENTRA L'AIRE FINS ALS PULMONS



### Material per a un grup de quatre persones:

1 ampolla de plàstic, 2 globus, 2 palletes, guant de látex, cinta aïllant, tisores i pistola de silicona.

### Les idees científiques

**Idea 3:** L'aire entra i surt dels pulmons com a conseqüència del moviment d'un múscul, el diafragma, que tenim just a la part inferior de la caixa toràctica.

### Les idees dels infants

Els estudis sobre les idees dels infants mostren que els nens i nenes no conceben la respiració com l'activitat de producció d'energia a través de l'ús de l'oxigen que es produeix a cadascuna de les cèl·lules, sinó que l'entenen com l'acció de fer entrar oxigen al cos a través

de la inspiració, i d'expulsar gasos del cos a l'exterior a través de l'expiració.

Malgrat aquesta concepció, la recerca també ha posat de manifest el desconeixement que tenen els nens i nenes del procés concret que permet la inspiració i l'expiració, així com els òrgans que hi estan implicats. En aquest sentit, és destacable el fet que els dibuixos que els nens i nenes fan inicialment sobre les parts i el funcionament de l'aparell respiratori no tenen mai en compte el paper tan important que té el diafragma.

### L'explicació científica

L'aire entra a l'interior dels pulmons com a conseqüència del moviment del diafragma, un múscul que tenim a la caixa toràctica. Quan inspirem, aquest múscul es mou i fa que la caixa toràctica guanyi volum, fet que provoca

que l'aire de fora el cos entri cap a dins. En la inspiració, el procés és a la inversa, la caixa toràctica perd volum i l'aire és expulsat dels pulmons.

### **Descripció de l'activitat**

1. Observem la respiració.
2. Fem l'experiment sobre la caixa toràctica.
3. Donem sentit a la maqueta.

### **Orientacions didàctiques**

#### **1. Observem la respiració**

Amb tot el grup classe fem un exercici de relaxació i d'observació de la respiració. Amb els llums de la classe tancats, els demanem que tanquin el ulls i es concentrin en la respiració. Demanem que es fixin en com l'aire entra pel nas, en com baixa fins a la panxa i en com s'inflen els pulmons. A continuació, demanem que es fixin en el moviment invers, com es desinflen els pulmons, com puja l'aire i com surt pel nas. Insistim que es concentrin sobretot en el moviment de la panxa. Una vegada acabat aquest exercici d'observació de la respiració, consensem tots aquells moviments que haguem notat del nostre cos vinculats amb la respiració i els anotem a la pissarra.

#### **2. Fem l'experiment sobre la caixa toràctica**

Per poder entendre i modelitzar com l'aire entra i surt dels pulmons proposem fer una petita maqueta on cada material utilitzat correspondrà a una part del cos. Cada grup serà responsable de crear la seva maqueta al mateix temps que el mestre, mitjançant preguntes,

anirà construint les analogies entre els materials usats i els òrgans del cos humà.

Per introduir l'experiment farem les preguntes següents: "Quin tub fa arribar l'aire als pulmons?", "Amb quin material ho podríem representar?" "Si tenim dos pulmons, com arriba l'aire a cadascun d'ells?". A partir d'aquí, introduïm els conceptes de tràquea i bronquis creant aquestes estructures amb palletes, una d'elles per representar la tràquea i les dues meitats restants de la segona palleta per als dos bronquis. Per connectar els dos bronquis amb la tràquea tallem els extrems en biaix i els unim amb cinta aïllant creant una estructura en forma de Y. En els extrems dels bronquis hi unim els dos globus, també amb cinta aïllant, tal com es pot observar a la part B de la figura 16.

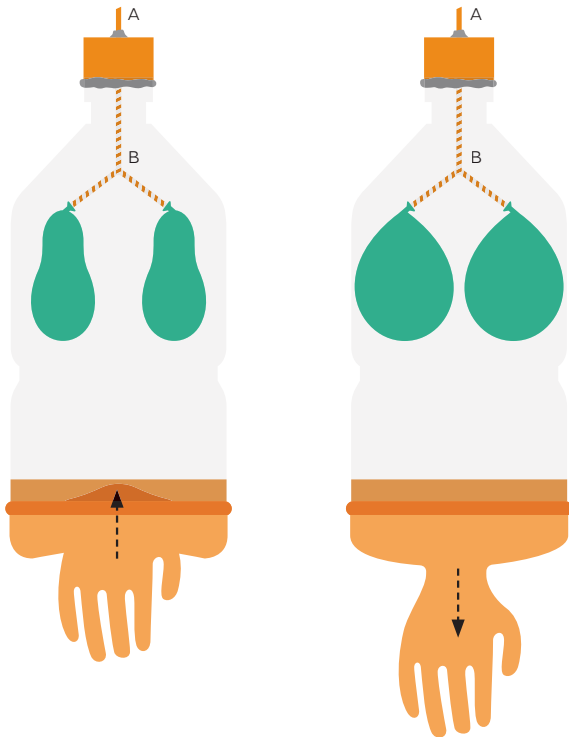
És important que els alumnes sàpiguem localitzar on tenim els pulmons. Per això cal parlar del concepte de caixa toràctica, protegida per les costelles, que és on es troben els pulmons. També cal que escullin, entre els objectes de què disposen, el material que pot representar millor aquesta cavitat (l'ampolla). Per integrar aquest nou element tallem la part inferior de l'ampolla i realitzem un petit forat a la part central del tap que sigui del mateix diàmetre que la palleta que representa la tràquea. D'aquesta manera podrem introduir els globus i les palletes dins l'ampolla fent sobresortir la tràquea per l'orifici del tap i segellant-ho amb silicona calenta, tal com es pot veure a la part A de la figura 16.

#### **3. Donem sentit a la maqueta**

Un cop creada la maqueta preguntem com farien emplenar i buidar d'aire els globus. Segurament sorgirà la idea que s'emplenen bufant i es buiden xuclant per l'ex-

Figura 16. A la maqueta, quan estirem el guant de làtex, el volum augmenta i això fa que l'aire entri als globus de l'interior de l'ampolla, tal com passa a l'aparell respiratori quan inspirem. Quan deixem anar el guant de làtex, el volum total disminueix i l'aire dels globus és expulsat, tal com passa a l'aparell respiratori quan expirem.

A la maqueta, el forat de la part de dalt del tap representa el nas; les palletes, representen la traquea i els bronquis; els dos globus representen els pulmons; l'ampolla representa la caixa toràcica; el guant de làtex que tanca l'ampolla representa el diafragma.



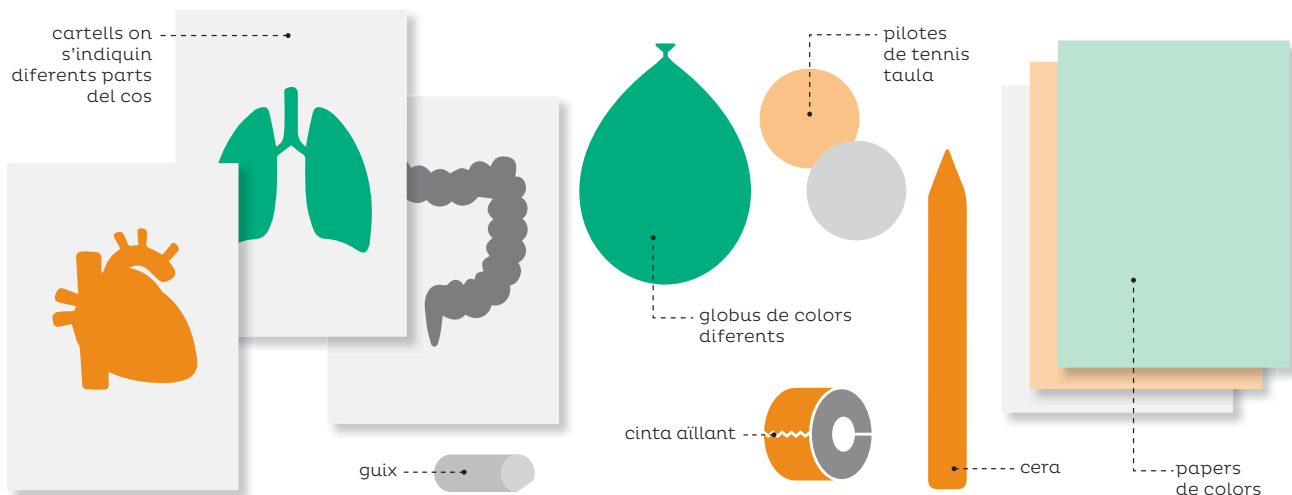
trem de la palleta. Cal fer-los adonar que no hi ha cap força externa que ens permeti introduir o extreure l'aire dels pulmons i que, per tant, ha de ser un mecanisme intern el que faci possible la respiració. Una possible pregunta per fer-los adonar d'aquest fet, podria ser: "Ens bufen, i ens xuclen, per poder respirar?".

En aquest moment serà crucial introduir el concepte de diafragma, múscul situat a la part inferior de la caixa toràcica i que, amb el seu moviment, permet que l'aire entri i surti dels pulmons. El pas següent serà que els alumnes experimentin amb l'únic material que els ha quedat (un guant de làtex) com poden representar l'acció del diafragma. A continuació, posem en comú les diferents representacions per arribar a crear la maqueta completa col·locant el guant de làtex a la part inferior que hem retallat de l'ampolla. Tots els grups podran comprovar que movent el guant de làtex (diafragma) endins i enfora, els dos globus (pulmons) s'inflen i es desinflen simulant la inspiració i l'expiració.



## Activitat 4

# EL CAMÍ DELS GASOS PER LA SANG



### Material per a un grup de quatre persones:

Cartells on s'indiquin diferents parts del cos (cor, intestí prim, intestí gruixut, pulmons, ronyons i teixits del múscul), ceres vermelles, globus de colors, pilotes de tennis taula blanques i grogues, trossos de papers de colors, cinta aïllant i guix per dibuixar una silueta humana.

### Les idees científiques

**Idea 1.** L'aire està compost per diversos gasos de tots ells, el cos humà només utilitza l'oxigen.

**Idea 4.** L'oxigen arriba a la sang des dels alvèols que hi ha als pulmons, la circulació pulmonar fa que l'oxigen arribi al cor i d'allà es distribueixi a tot el cos.

### Les idees dels infants

Els estudis disponibles sobre les idees de les nenes i els nens no han analitzat a fons els seus coneixements sobre el procés d'intercanvi de gasos entre els alvèols pulmons i els capil·lars sanguinis. Tot i aquesta mancança, hem de suposar que com en qualsevol altre procés biològic intern, no tindran una concepció clara de com es produeix aquest fenomen, però també hem de tenir en compte que tots seran capaços de raonar a través d'analogies i usaran els seus coneixements sobre les propietats i els comportaments dels materials per generar les seves hipòtesis.

### L'explicació científica

Des dels alvèols dels pulmons l'oxigen entra al torrent sanguini a través dels capil·lars, uns vasos sanguinis

que permeten l'intercanvi de substàncies. La sang oxigenada arriba al cor a través de les venes pulmonars. El cor envia a través de l'artèria aorta la sang oxigenada a tot el cos. L'artèria aorta es va ramificant en artèries més petites, que a la vegada es van ramificant fins als capil·lars, on arriba la sang oxigenada. Els capil·lars intercanvien amb els teixits –com per exemple els músculs– l'oxigen de la sang, i a canvi reben diòxid de carboni de les cèl·lules dels teixits.

La sang carregada de diòxid de carboni dels capil·lars és canalitzada cap a petites venes. Les petites venes s'ajunten en venes més grans fins a arribar a les venes que finalment porten la sang amb diòxid de carboni al cor. Finalment, les artèries pulmonars porten la sang carregada d'oxigen cap als pulmons, on els capil·lars dels pulmons faran l'intercanvi de gasos amb els al·vèols. Els al·vèols pulmonars passaran oxigen als capil·lars i els capil·lars passaran el diòxid de carboni als al·vèols.

### Descripció de l'activitat

1. Càlcul de pulsacions en repòs i després de practicar exercici físic.
2. Modelització de l'intercanvi de nutrients i gasos.

### Orientacions didàctiques

#### 1. Càlcul de pulsacions en repòs i després de practicar exercici físic

Per poder entendre la relació entre el sistema pulmonar i el circulatori proposem una activitat que permeti experimentar a cada alumne com reacciona el propi cos a l'hora de practicar exercici físic. Concretament,

calcularem les pulsacions en repòs i després de córrer durant cinc minuts al pati.

Per guiar aquesta observació, expliquem què és una pulsació i com es localitza el pols. Es poden donar diferents opcions, però sempre utilitzant els dits índex i cor sense prémer en excés la zona:

- Al cor directament.
- Al coll, al costat de la nou.
- Al canell, prop de la base del dit polze.

Un cop tots els alumnes hagin trobat el seu propi pols, iniciem el proper pas, que serà comptar les pulsacions en repòs durant 15 segons, entenent que multiplicant el resultat per 4 obtindrem les pulsacions per minut. Caldrà que individualment s'anoti aquesta dada per poder-la comparar i analitzar posteriorment. Seguidament, els alumnes correran pel pati durant cinc minuts i, a l'acabar, es tornaran a comptar les pulsacions seguint les mateixes indicacions i anotant el resultat com en el cas anterior.

Al retornar a l'aula, recopilem totes les dades obtingudes en una taula marcant en blau els nombres més petits i en vermell els més grans de les dues dades de cada alumne. Amb aquesta anàlisi, i de manera molt visual, comprovem que el nombre de pulsacions per minut ha augmentat en tots els casos després d'haver realitzat exercici físic.

A partir d'aquí serà interessant comentar quines sensacions han notat mentre corrien. Segurament algunes de les observacions seran: “hem hagut de respirar més”, “ens hem cansat”, “hem suat”, “hem notat els batecs del

cor més fort”, etcètera. Aprofitem aquest recull d'experiències per introduir la pregunta següent: “Per què quan correm necessitem respirar més fort i els batecs del cor ens van més ràpid?”

## **2. Modelització de l'intercanvi de nutrients i gasos**

Per respondre la pregunta que ens hem pogut formular gràcies a l'observació anterior necessitarem entendre com arriba l'oxigen als músculs. També caldrà connectar, mitjançant el sistema circulatori, els dos aparells tractats: el digestiu i el pulmonar. Només d'aquesta manera es podrà comprendre la globalitat i la funcionalitat d'aquest procés complex, ja que tractant els tres sistemes aïllats entre si tan sols s'aconsegueix un model incomplet de la realitat.

A partir d'una petita representació corporal creem un model consensuat entre tot el grup classe. El primer pas serà pactar amb els alumnes quins elements necessitem per explicar el sistema circulatori en tota la seva totalitat, és a dir, tenint en compte també el camí dels nutrients. Aniran sorgint els diferents components mitjançant preguntes, com per exemple: “On s'absorben els nutrients?”, “Com arribaven als teixits?” “Quin òrgan ens permet respirar?”, “Què inspirem?”, “Què expirem?”, “Com creieu que passa l'oxigen a la sang?”, “Com ens arriba als músculs aquest oxigen?”, “Quin òrgan fa moure la sang?”, entre altres.

Per poder dur a terme la representació corporal és important que apareguin, com a mínim, aquests elements: cor, sang, intestí prim, intestí gruixut, pulmons, musculatura, nutrients, oxigen i diòxid de carboni. A partir d'aquí, escollim els papers que realitzarà cada alumne començant pels òrgans: cor, intestí prim, intestí gruixut, pulmons (dos nens) i ronyons (dos nens). Per poder-los

diferenciar, se'ls reparteix un cartell amb la imatge de cadascun que s'hauran de penjar al coll. Seguidament, la resta d'infants es reparteixen una filera llarga de sang (pintats de color vermell) i teixits del múscul (substantant un cartell).

Un cop realitzat el repartiment dels personatges, es presenten la resta de materials simulant els productes que s'han d'intercanviar en diversos nivells del cos: globus de colors (nutrients), pilotes de tennis taula blanques (oxigen) i grogues (diòxid de carboni). A partir d'aquí, demanem als alumnes que se situïn dins d'una silueta humana gegant prèviament dibuixada al terra amb cinta aïllant o guix. Un cop situats, hauran d'interactuar amb els seus companys per recrear com creuen que és el recorregut que fan els nutrients i l'oxigen fins arribar als músculs.

Però abans, hem d'acordar quines funcions realitzen cadascun d'aquests personatges. Sobretot, caldrà que individualment cadascú conegui molt bé el seu paper per poder anar construint, entre tots, una història coherent. Per exemple, l'alumne que representa el cor ha de tenir clar que és el motor de tot el sistema i que empeny la sang carregada de nutrients i oxigen. A partir del diàleg comencem a narrar la història partint d'un enunciat: “El cor empeny la sang carregada de nutrients i d'oxigen...”

Una possible recreació pactada entre tots podria ser la següent: L'alumne que representa el cor marca el ritme que ha de seguir la sang picant de mans. Els infants que simulen la sang han d'anar en fila seguint aquest ritme i portant a la mà globus de colors (nutrients) i pilotes blanques (oxigen). Aquests es dirigeixen cap al múscul on es produeix l'intercanvi: la sang dona els nutrients i l'oxigen i, a canvi, el múscul dona trossos de papers de

colors (residus) i pilotes grogues (diòxid de carboni). La sang continua el seu camí cap als ronyons deixant-li els residus. Seguidament, passant pel cor, arriba als pulmons on deixa les pilotes grogues (diòxid de carboni) i agafa les blanques (oxigen). La sang carregada d'oxigen passa altra vegada pel cor fins arribar a l'intestí prim. Allà, l'alumne que representa aquest òrgan li dona "glo-bus" (nutrients) que, passant pel cor, arriben una altra vegada al múscul i torna a començar el circuit.

Arribats a aquest punt, recuperem la pregunta de l'activitat anterior: "Per què quan correm necessitem respirar més fort i els batecs del cor ens van més ràpid?". Per representar els batecs del cor més accelerats, l'alumne que faci d'aquest múscul haurà de seguir un ritme més ràpid amb les mans. D'aquesta manera, els alumnes s'adonaran que tot el procés s'accelera i, en menys temps, el múscul rep més quantitat d'oxigen perquè treballa més i, per tant, necessita més energia. I al mateix temps, necessitem respirar més fort perquè ens entri més oxigen.

# L'experiència de l'escola Cervantes al curs de formació de Petits talents científics

El curs 2016-2017 Laura Prats va ser mestra de l'escola Cervantes i amb el grup de 5è d'educació primària va portar a terme una investigació sobre la circulació de la sang. A continuació ens explica què va suposar l'experiència per a ella i al seu alumnat.

*Sabem que tota investigació comença amb una pregunta que es pugui investigar, però quina és la pregunta? Quina és la pregunta que farà que els alumnes es converteixin en científics i no en simples espectadors? Aquest, per mi, va ser el primer repte.*

*Un dia tornant del pati una alumna em va dir "mira que de pressa que em va el cor!". Ja està! Ja ho tenia! Vam començar a parlar del ritme cardíac i del ritme respiratori, del soroll (lub-dub) que fa el cor... i així va sorgir la gran pregunta "com circula la sang?".*

*Els alumnes de seguida es van sentir cridats a investigar, a esbrinar més coses sobre un tema que havia sortit espontàniament, dels seus propis interessos i que després d'una primera conversa els generava força curiositat.*

*Un cor de vedella ens podia ajudar a entendre millor la circulació de la sang. A través d'una detinguda observació es van anar creant hipòtesis que més tard s'haurien de comprovar. Tot va ser un treball cooperatiu i aquesta va ser la clau de l'èxit. Tots tenien alguna cosa a dir, a opinar... en definitiva alguna cosa a aportar al grup i a la que ja era la nostra investigació. Com a mestra no esperava que observant un cor poguessin extreure tantes hipòtesis i que aquestes s'aproximessin tant a la realitat. Això és el que més em va sobtar i l'experiència més positiva que m'emporto d'aquesta investigació. No cal donar-ho tot tant "mastegat", ells poden extreure*

*hipòtesis i arribar a conclusions sorprenents, la qual cosa és una part totalment activa en el seu aprenentatge.*

*Acabada la investigació, vam fer maquetes amb cors de porc per donar forma al que havíem anat veient i consolidar l'aprenentatge. Finalment era moment de representar el que ja havíem observat, analitzat, comprovat i après. Vam decidir fer una representació de com circula la sang. Al pati de l'escola, amb teles, cordes i el propi cos vam fer aquesta representació, que vam gravar en vídeo. Tots estaven molt engrescats i va ser molt interessant com a tancament de la investigació. Ells mateixos s'organitzaven i era sorprenent el domini que ja tenien del tema. Se'ls veia relaxats, il·lusionats, orgullosos i involucrats en el projecte comú.*

*Ja només quedava la presentació al Cosmocaixa. Entre tots van fer l'escrit, van preparar la presentació i després es va fer un sorteig per saber quins alumnes sortirien en representació del grup. En el sorteig hi van participar tots els que van voler. Tot i ser pocs els que podien sortir a presentar, tots estaven il·lusionats esperant el dia. Es van fer diversos assajos i a un d'ells es va convidar a les famílies.*

*Com a mestra em va sorprendre com l'experiència científica no havia deixat indiferent a cap dels 25 alumnes, a tots ells els havia arribat. Per últim, m'agradaria transmetre que aquesta metodologia requereix molta organització per part dels mestres, però resulta molt enriquidora per a tots.*

# El camí de la informació: quan el problema és com allò que capten els sentits ens fa reaccionar

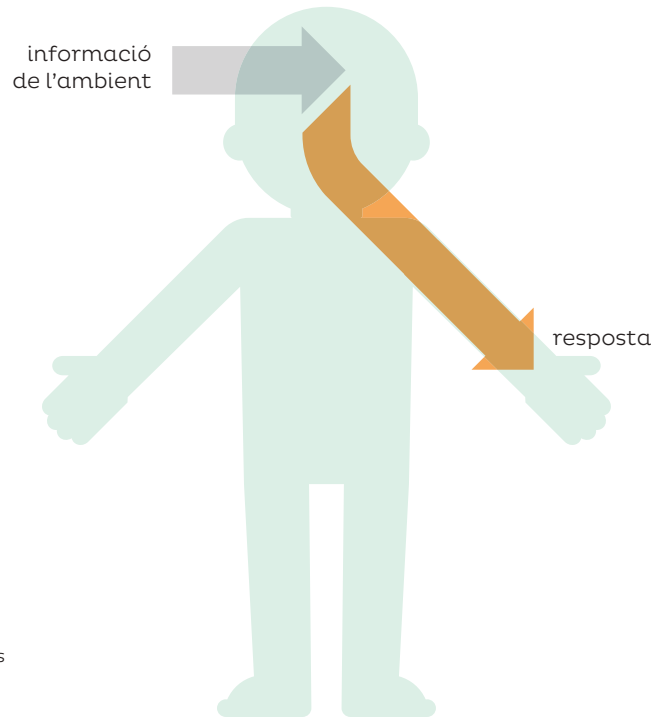


Figura 17. Esquema del camí de la informació, on s'explicita com la informació és captada pels òrgans dels sentits i com es produeix una resposta.

El camí de la informació serveix per explicar com l'ésser humà rep la informació del medi que l'envolta, com aquesta informació és processada pel sistema nerviós central i com el cos processa una resposta. Els centres educatius que han participat en el programa Petits talents científics han utilitzat aquest camí per respondre algunes preguntes, com ara: “Per què hi ha parts del cos on tinc més pessigolles?”. La construcció d'aquest camí ha d'ajudar a respondre totes aquelles preguntes que tenen a veure en com funcionen els cinc sentits de manera coordinada amb alguns dels executors principals de la resposta, com ara els músculs o algunes glàndules.

## Entendre el camí de la informació des del punt de vista del model integrat del cos humà

### De la informació del medi al sistema nerviós

És important per a la nostra supervivència poder captar, interpretar i donar resposta a la informació que ens prové del medi que ens envolta (temperatura, pressió, llum, aromes, entre altres). El nostre cos és capaç de captar molta d'aquesta informació que hi ha al medi, a través dels òrgans sensorials que estan repartits per la superfície i per l'interior del nostre cos. La funció dels òrgans sensorials és recollir aquesta informació per transformar-la en un estímul nerviós que es pugui enviar cap al sistema nerviós central.

Els òrgans sensorials estan formats per receptors, unes cèl·lules que són capaces de traduir la informació del medi en un senyal sensorial o impuls nerviós. Cada receptor és capaç de captar només un tipus d'informació: hi ha receptors capaços de captar la llum, d'altres capaços de captar substàncies químiques de l'aire, d'altres la pressió, etcètera. Tradicionalment, quan estudiem el cos humà a l'escola agrupem els receptors en el que són els cinc sentits:

- El tacte és el sentit que s'encarrega de captar la informació de l'ambient, com la temperatura i la pressió directa sobre la superfície del cos.
- L'oïda és el sentit que s'encarrega de captar la vibració de les partícules d'aire que produeix el so.
- La vista és el sentit que s'encarrega de captar llum.
- El gust és el sentit que s'encarrega de captar els components químics que entren a la boca en forma de substàncies sòlides o líquides.
- L'olfacte és el sentit que s'encarrega de captar els components químics que es troben a l'aire en forma de gas.

No tots els receptors estan repartits igualment en tots els sentits. Per exemple, en el sentit del tacte tenim zones més sensibles a la pressió que d'altres, perquè la densitat de receptors de la pressió és major o menor en unes que en altres. De la mateixa manera, en el sentit del gust hi ha zones de la llengua que tenen receptors més especialitzats a detectar l'àcida, i d'altres zones on hi ha receptors més especialitzats a detectar el salat o el dolç.

## **Dels receptors al sistema nerviós central**

Quan els receptors han captat la informació del medi inicien un impuls nerviós que transmeten cap als nervis sensitius o aferents. Els nervis sensitius són els nervis que precisament s'encarreguen d'enviar la informació des dels receptors fins al sistema nerviós central. Els nervis estan formats per un tipus molt concret de cèl·lules, les neurones, que per les seves membranes són capaces d'enviar informació a través de petites descàrregues elèctriques que anomenem impuls nerviós.

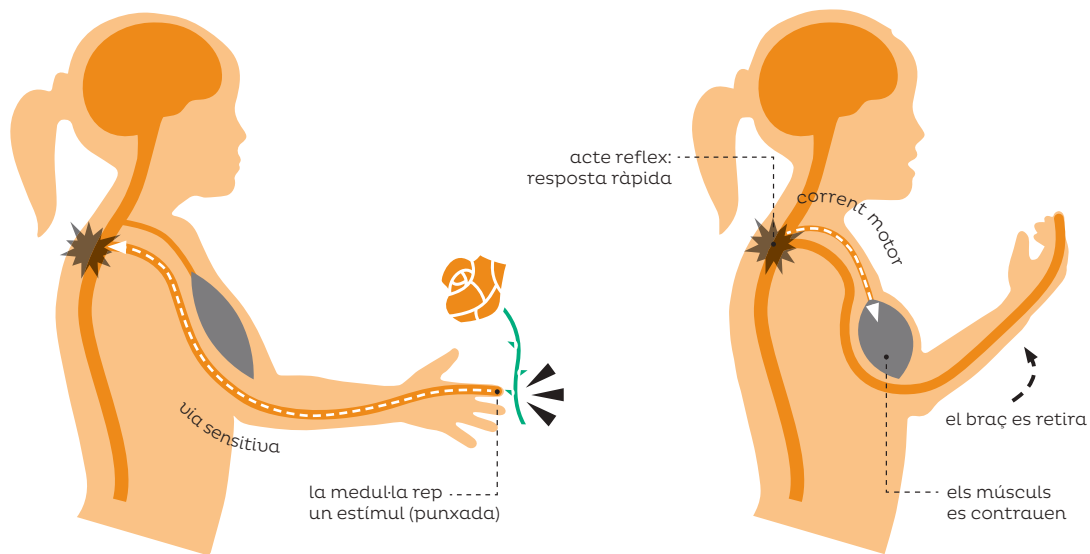
És important destacar, com ja es comentarà més endavant, que en general els nervis només poden enviar l'impuls nerviós en un sentit. Per tant, els nervis sensitius no poden enviar informació del sistema nerviós central cap als receptors, ja que aquesta serà la funció dels nervis motors.

## **Sistema nerviós central**

El sistema nerviós central està format per l'encèfal i per la medul·la espinal. Ambdues estructures estan fortament protegides per estructures òssies: l'encèfal està protegit pels ossos del crani, mentre que la medul·la espinal està protegida per la columna vertebral.

La medul·la espinal és un cordó nerviós que està connectat directament amb l'encèfal. La seva funció és conduir l'impuls nerviós provinent dels receptors cap a l'encèfal, però també de conduir la informació en sentit contrari des de l'encèfal fins als òrgans executors. Per aquest motiu, una lesió a la columna vertebral que tingui efecte sobre la medul·la espinal pot tenir conseqüències tant en la recepció de la informació com en l'elaboració de la resposta.

Figura 18. La medulla espinal és la responsable de rebre la informació i elaborar la resposta en els actes reflexos.



A més a més, la medulla espinal també s'encarrega d'elaborar els actes reflexos que solen ser causats pel dolor (com el dolor d'una punxada o d'una cremada) i que es donen de manera involuntària i ràpida. En aquests moviments, els nervis sensitius envien la informació a la medulla espinal, que és la responsable d'elaborar una resposta ràpida.

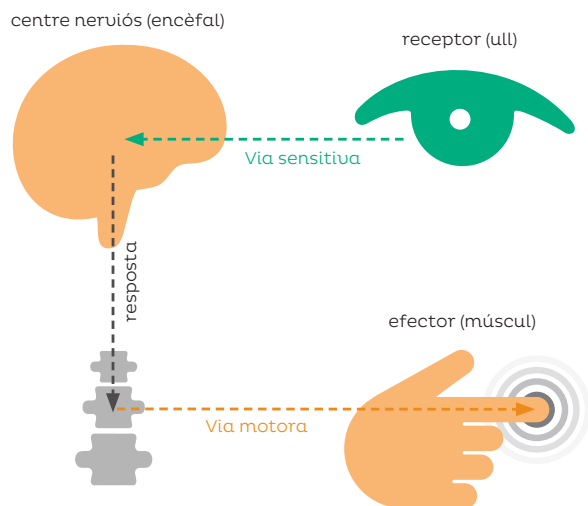
L'encèfal que està format pel cervell, el cerebel i el bulb raquidi té com a funció rebre, interpretar i elaborar una resposta. En aquest cas, l'encèfal s'encarrega d'elabo-

rar els moviments voluntaris, que són els que es fan de manera conscient, però també els moviments involuntaris que no són reflexos, com el batec del cor, la respiració o el moviment del intestins.

En general, podríem dir que els receptors de la vista, del gust, de l'olfacte i de l'oïda connecten directament amb l'encèfal, mentre que tots els receptors del tacte, tant aquells que detecten temperatura com aquells que detecten pressió, fan la connexió amb l'encèfal a través de la medulla espinal.



Figura 19. L'encèfal, i en concret el cervell, s'encarrega de rebre la informació i elaborar la resposta en els actes voluntaris.



### Del sistema nerviós central a la resposta

Les respostes del cos humà davant de la informació de l'ambient poden ser molt diverses, ja que poden ser moviments musculars, l'acceleració del cor o l'activació de certes glàndules, per exemple les glàndules salivals. Algunes respostes són voluntàries, mentre que d'altres són involuntàries. En qualsevol cas, la resposta sempre és a través d'un nervi motor o eferent que transmet l'impuls nerviós des del sistema nerviós central cap a l'òrgan o l'estructura que ha d'executar la resposta.

D'aquesta manera, com per exemple succeeix en el moviment reflex involuntari que es produeix en una pun-

xada en un dit de la mà, una vegada l'impuls nerviós ha arribat a la medulla espinal, la medulla espinal elabora un impuls nerviós que es transmet per un nervi motor. L'impuls nerviós arriba al múscul del braç perquè aquest es contragui i pugui allunyar la mà de la font de dolor (figura 18).

En canvi, quan l'encèfal ha rebut la informació del nervi sensitiu provinent d'un ull que s'està mirant una pilota de futbol, l'encèfal passa l'impuls nerviós a la medulla espinal (figura 19). De la medulla espinal surt l'impuls nerviós cap a un nervi motor, per exemple cap a la cama dreta, perquè xuti la pilota de futbol amb el peu.

I, finalment, quan l'encèfal rep a, través d'un nervi sensitiu, la informació que s'està cuinant un plat ben bo per dinar, elabora un nou impuls nerviós a través d'un nervi motor que arriba a les glàndules salivals i provoca que comencin a fabricar saliva i així començar a preparar l'aparell digestiu abans de l'àpat.

### Les idees de les nenes i els nens en relació amb els òrgans i als processos implicats en el camí de la informació

Com en el cas de la respiració, hi ha molt pocs estudis sobre les idees i raonaments dels alumnes en relació amb el sistema nerviós i la funció de relació. Dels estudis disponibles, i en relació amb aspectes anatòmics, sembla força clar que les nenes i els nens coneixen el fet que tots els éssers humans tenim cervell, i el saben col·locar correctament en un dibuix del cos, però també és força freqüent que ignorin de què està fet el cervell.

Quan se'ls pregunta sobre la funció del cervell, sempre la relacionen amb els actes de pensar i conèixer, independentment de l'edat, i només els més grans atorguen

altres funcions al cervell, com ara processar la informació dels sentits o provocar moviments voluntaris o involuntaris.

En relació amb els nervis, la majoria d'infants no els dibuixen de manera espontània, però sí quan se'n parla a l'aula. Tenen molt poc clar de què estan fets els nervis i on es localitzen. Quan els dibuixen, sovint ho fan com a fils que van des de totes les parts del cos fins al cervell, sense formar cap sistema organitzat. En relació amb les seves funcions, la majoria les desconeixen o les relacionen amb estats emocionals ("estar nerviós", "tenir nervis", "posar-se nerviós"). Es tracta, per tant, d'un model mental dels nervis més proper a la psicologia que no pas a la biologia, que és present des dels petits i es manté força invariable amb el pas dels cursos. Aquests resultats ens indiquen que sense cap mena de dubte a l'escola cal insistir en el paper dels nervis en la funció de relació: "què són?", "on són?", "quines connexions tenen entre ells, amb el cervell i amb altres òrgans?", "quines funcions fan?".

Altres estudis han prestat atenció les funcions dels òrgans dels sentits, especialment a la visió i a l'audició. En primer lloc, aquests estudis mostren que molts pocs infants associen els òrgans dels sentits amb el sistema nerviós, la qual cosa pot ser conseqüència d'un ensenyament escolar que sovint ha tractat per separat aquests dos temes, i els tracta en moments molt diferents (òrgans dels sentits a cicle inicial i sistema nerviós a cicle superior). En segon lloc, els estudis també han posat de manifest les dificultats de comprensió en relació amb la visió i l'audició. Ara sabem que les nenes i els nens més petits expliquen aquests dos processos a través de la idea de visió i audició "actives", és a dir, expliquen la visió pel fet de mirar activament amb els ulls, i expliquen l'audició pel fet d'escoltar de manera acti-

va amb l'oïda. Així doncs, expliquen aquests fenòmens apellant més aviat a causes funcionals i intencionals per part de l'individu, enlloc de buscant mecanismes físics que expliquin la captació de llum i la visió, i la captació de so i l'audició.

### **Les idees que cal treballar sobre el camí de la informació**

Des del nostre punt de vista, les idees més importants per treballar a través del camí de la informació són les següents:

**Idea 1. El cos rep informació de l'exterior a través de receptors, que poden ser de diferents tipus.** Aquesta idea fa referència al fet que cada sensor és capaç de captar un tipus concret d'informació i això permet parlar de diferents òrgans dels sentits.

**Idea 2. La informació s'envia des dels receptors cap al sistema nerviós central a través dels nervis sensitius, mentre que la resposta s'envia a través dels nervis motors.** Aquesta idea fa referència a la direccionalitat dels nervis que només poden enviar l'impuls nerviós en un sentit.

**Idea 3. El sistema nerviós central és el responsable de processar la informació.** Aquesta idea té relació amb la funció general del sistema nerviós central i amb el fet d'entendre que anatòmicament no només està format pel cervell, sinó que també conté altres estructures, com ara la medulla espinal.

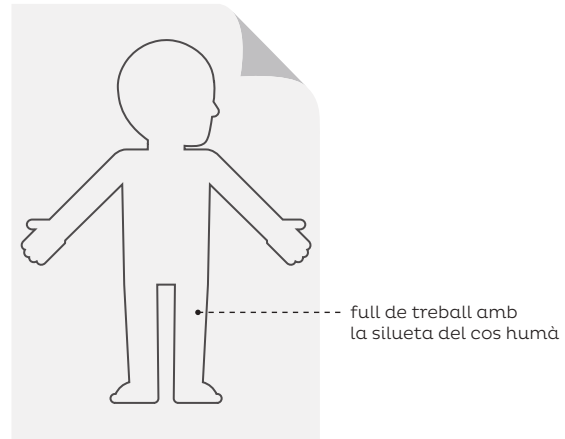
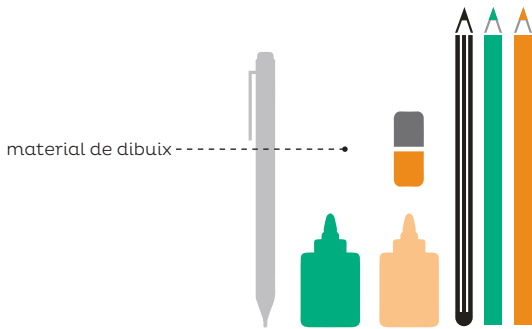
**Idea 4. Els actes reflexos i els moviments voluntaris es produeixen a diferents llocs del sistema nerviós central i condueixen a respostes diferents.** Aquesta idea té a veure amb la identificació de dos circuits bàsics:

d'una banda, els actes reflexos que es processen a nivell de medul·la espinal i, de l'altra, als moviments voluntaris que es processen a nivell de l'encèfal.

	Activitat 1. Exploració de les idees sobre el camí de la informació.	Activitat 2. El camí des del medi fins als receptors del sentit del tacte.	Activitat 3. El camí des dels receptors fins al sistema nerviós central.	Activitat 4. El camí des del sistema nerviós central fins al múscul.
<b>Idea 1.</b> El cos rep informació de l'exterior a través de receptors, que poden ser de diferents tipus.				
<b>Idea 2.</b> La informació s'envia des dels receptors cap al sistema nerviós central a través dels nervis sensitius, mentre que la resposta s'envia a través dels nervis motors.				
<b>Idea 3.</b> El sistema nerviós central és el responsable de processar la informació.				
<b>Idea 4.</b> L'oxigen arriba a la sang des dels alvèols que hi ha als pulmons, la circulació pulmonar fa que l'oxigen arribi al cor i d'allà es distribueixi a tot el cos.				

## Activitat 1

# EXPLORACIÓ DE LES IDEES SOBRE EL CAMÍ DE LA INFORMACIÓ



### Material per a un grup de quatre persones:

Full de treball amb la silueta del cos humà i material per dibuixar.

### Les idees científiques

**Idea 1.** El cos rep informació de l'exterior a través de receptors, que poden ser de diferents tipus.

**Idea 2.** La informació s'envia des dels receptors cap al sistema nerviós central a través dels nervis sensitius, mentre que la resposta s'envia a través dels nervis motors.

**Idea 3.** El sistema nerviós central és el responsable de processar la informació.

**Idea 4.** Els actes reflexos i els moviments voluntaris es produeixen a diferents llocs del sistema nerviós central i condueixen a respostes diferents.

### Descripció de l'activitat

1. Presentació de la investigació sobre el camí de la informació.
2. Exploració de les idees dels infants sobre l'anatomia del sistema nerviós.
3. Exploració de les idees dels infants sobre el funcionament del sistema nerviós.

## **1. Presentació de la investigació sobre el camí de la informació**

Per iniciar la investigació és necessària una pregunta que serveixi de motor per promoure tots els experiments i totes les representacions del sistema nerviós. En aquest sentit, és important començar una conversa amb les nenes i els nens sobre com creuen que el cos reacciona davant del medi que l'envolta.

Podem guiar la conversa a través de preguntes com les següents: “Com sap el cos que ha de suar perquè té calor?”, “Com sap el braç que s'ha de moure per no punxar-se amb la rosa?” o “Com sap la mà que ha de fer votar la pilota de bàsquet?”. Podem proposar als infants que facin les seves pròpies preguntes, com en el cas del curs de Petits talents científics, en què els infants es van preguntar: “Per què hi ha zones del cos on tinc més pessigolles?”.

En qualsevol cas, les preguntes que es poden respondre a través del camí de la informació han de ser preguntes que conduïxin a generar explicacions sobre per què passa un fenomen determinat, i han de posar en relació alguns dels sentits (vista, oïda, tacte, gust i olfacte) i la conseqüent resposta corporal a la informació rebuda per part dels sentits.

## **2. Exploració de les idees dels infants sobre l'anatomia del sistema nerviós**

La mestra pot explorar les idees que tenen els infants sobre l'anatomia del sistema nerviós a través d'una situació que sigui concreta i ben coneguda per als infants de cycle mitjà o cycle superior. En un full de treball amb la silueta del cos humà, podem demanar: “Dibuixeu totes aquelles estructures que creieu que intervien per-

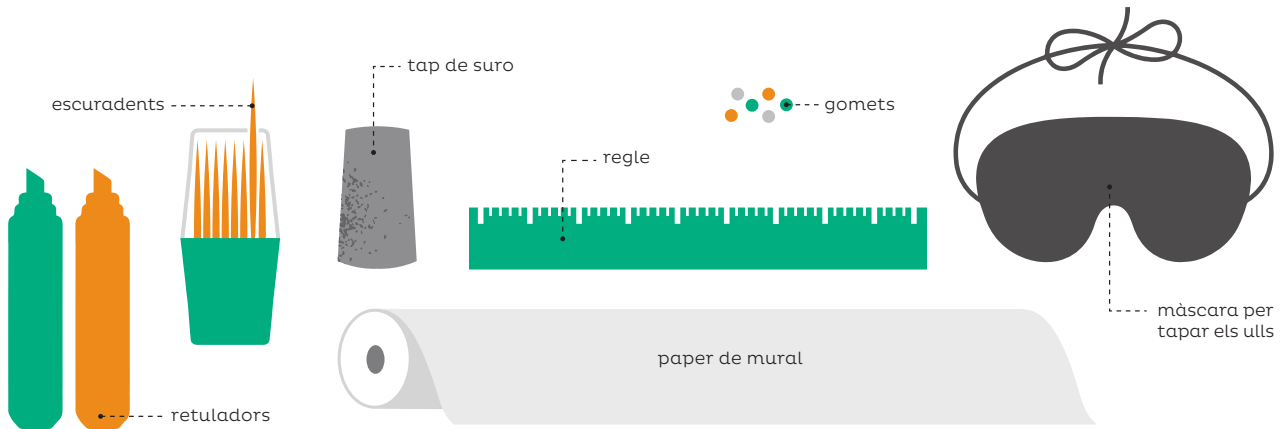
què la mà es mogui quan toca una superfície punxant, com per exemple quan toca una agulla”. És important deixar clar que en el dibuix hi han d'aparèixer tant les estructures que fan que la mà s'aparti, com aquelles que fan que la mà detecti que s'està punxant.

## **3. Exploració de les idees dels infants sobre el funcionament del sistema nerviós**

A continuació, la mestra pot agrupar els infants per parelles perquè s'expliquin, amb el suport dels dibuixos que han fet, el funcionament del sistema nerviós. Després es poden agrupar en grups de quatre, amb l'objectiu de consensuar un nou dibuix i una nova explicació. És important que l'actitud de la mestra sigui d'escoltar, però sense intervenir en les idees que en aquests moments inicials manifesten els infants. Tot i això, probablement serà necessari que faci preguntes per aclarir parts de les explicacions o per suggerir preguntes que serviran per als futurs experiments, com per exemple: “El nervi que rep la informació és el mateix que envia l'ordre de moure's a la mà?”.

## Activitat 2

# EL CAMÍ DES DEL MEDI FINS ALS RECEPTORS DEL SENTIT DEL TACTE



### Material per a un grup de quatre persones:

5 taps de suro, 10 escuradents, regle, 1 màscara per tapar els ulls, paper de mural, retolador i 30 gomets.

### Les idees científiques

**Idea 1.** El cos rep informació de l'exterior a través de receptors, que poden ser de diferents tipus.

### Les idees dels infants

Els nens i nenes no usen espontàniament la idea de receptor, entesa com la part del cos encarregada de captar un cert tipus d'informació de l'exterior. Probablement, això és degut al fet que quan s'estudien els

òrgans dels sentits, es presta més atenció a fer un inventari anatómic detallat d'un determinat òrgan (ull, orella, nas, etcètera), però sense subratllar que l'element clau d'aquests òrgans són, justament, els receptors de l'estímul sensible.

### L'explicació científica

A la superfície del cos humà hi ha una gran quantitat de receptors capaços de detectar la pressió que es fa sobre la pell i que, en conjunt, constitueixen part del sentit del tacte. Aquests receptors envien la informació al cervell, que és el responsable d'interpretar-la i elaborar una resposta a partir de la informació rebuda. Hi ha, però, parts del cos amb més receptors que d'altres, la qual cosa les fa més sensibles.

## Descripció de l'activitat

1. Construcció d'un instrument amb punxes a diferents distàncies.
2. Experimentació de la sensibilitat a la punxada en diferents zones dels cos.
3. Anàlisi de resultats i establiment de conclusions.
4. Representació dels receptors en un mural del cos humà.

## Orientacions didàctiques

### 1. Construcció d'un instrument amb punxes a diferents distàncies

Abans de començar l'activitat, expliquem que farem un experiment amb l'objectiu de determinar quines parts del cos són més sensibles al tacte que d'altres. Demanem que els infants consensuin quines parts del cos volen investigar. Suggerim que s'investigui el palmell de la mà, el revers de la mà, el front, l'avantbraç i el clatell.

Demanem que cada grup clavi dos escuradents a un tap de suro. Els dos escuradents han d'estar separats per unes distàncies determinades utilitzant el regle: 60 mm, 30 mm, 15 mm, 8 mm i 4 mm. Escapcem la punxa que no està clavada i ens assegurem que els dos escuradents estiguin anivellats.

### 2. Experimentació de la sensibilitat a la punxada en diferents zones dels cos

Demanem que un infant del grup es tapi els ulls amb la màscara, mentre un dels altres infants del grup porta a

terme l'experiment i els altres anoten els resultats a la llibreta. L'infant que faci l'experiment toca amb els escuradents una part del cos del company que té els ulls tapats. Aquest ha de contestar si nota una punxa o si en nota dues i així successivament amb totes les zones del cos acordades.

Abans de començar l'experiment, és molt important acordar que tothom ha de respondre dient la veritat, de manera que la recollida de dades es faci correctament. Comencem tocant amb el suro amb els escuradents que tenen una separació de 60 mm i el nen que té els ulls tapats ha de dir si nota una o dues punxes d'escuradents en el lloc que l'estan tocant. A continuació es repeteix el mateix amb el suro amb una separació de 30 mm, després amb la de 15 mm, i així successivament. Quan el que té els ulls tapats noti com si el toquessin amb un sol escuradent, els altres membres del grup anoten a la llibreta aquesta separació entre els escuradents (60 mm, 30mm, 15 mm, 8 mm o 4 mm). En cas que sempre noti dos escuradents, anotarem la separació més petita, la de 4 mm. Repetim el mateix procediment amb totes les parts del cos que investiguem.

Si ens volem assegurar de la validesa de les dades, podem tocar la nena o el nen que té els ulls embenats diverses vegades amb el mateix suro. D'aquesta manera, ens assegurem que l'infant que està amb els ulls tapats no sap mai exactament amb quin suro l'estem tocant.

### 3. Anàlisi de resultats i establiment de conclusions

Una vegada tots els infants de tots els grups hagin fet l'experiment, fem una taula a la pissarra com la figura 20.

La dada que cal recollir a la taula és la dada que s'ha anotat a la llibreta anteriorment. D'aquesta manera,

Figura 20

	Revers de la mà	Palmell de la mà	Avantbraç	Clatell	Front
Infant 1					
Infant 2					
Infant 3					

aquelles zones del cos que tinguin una distància més gran seran les menys sensibles, ja que el cos no haurà pogut discriminar amb gaire precisió si el punxaven amb una o dues punxes. En canvi, aquelles zones del cos que tinguin una distància més petita seran les més sensibles, perquè els receptors del tacte hauran pogut discriminar amb més precisió que el punxaven amb dues punxes.

Per l'anàlisi de les dades obtingudes, podem guiar la conversa, a través de dues preguntes: “Tots hem notat igual la separació dels escuradents?”, “Quines són les parts més sensibles?”. Fem notar que no tots els infants ho han notat de la mateixa manera, però que en general sí que les zones més sensibles són compartides per totes les nenes i els nens del grup.

**4. Representació dels receptors en un mural del cos humà**

Un membre de cada grup s'estira a sobre el mural, mentre els altres components del grup ressegueixen la seva silueta sobre el paper amb un retolador.

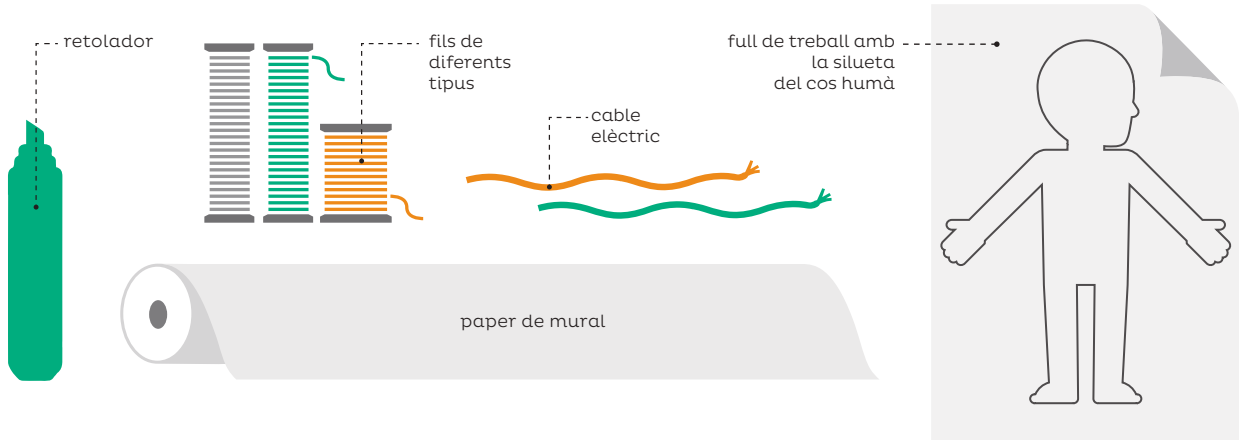
Introduïm la idea de receptor de la següent manera: “Per detectar la pressió sobre la pell, tenim tot de

receptors repartits pel cos. Els receptors són unes estructures microscòpiques capaces de notar que alguna cosa està punxant la pell i capaces d'enviar un missatge al cervell.” Demanem a cada grup que s'imagini que els gomets són els receptors del nostre cos. Després demanem que, utilitzant les dades que han obtingut en l'observació anterior, enganxin els 30 gomets pel cos. Una vegada els infants hagin enganxat els gomets, el mestre regularà les propostes dels alumnes fent notar que allò que han enganxat al mural ha de ser semblant a les dades obtingudes durant l'observació. Per tant, a les zones més sensibles caldrà que hi hagi més densitat de gomets que a les zones menys sensibles.



### Activitat 3

# EL CAMÍ DES DELS RECEPTORS FINS AL SISTEMA NERVIÓS CENTRAL



#### Material per a un grup de quatre persones:

Paper de mural, retolador, full de treball amb la silueta del cos humà, cable elèctric de dos colors i fils de diversos tipus.

#### Les idees científiques

**Idea 1.** El cos rep informació de l'exterior a través de receptors, que poden ser de diferents tipus.

**Idea 2.** La informació s'envia des dels receptors cap al sistema nerviós central a través dels nervis sensitius, mentre que la resposta s'envia a través dels nervis motors.

**Idea 3.** El sistema nerviós central és el responsable de processar la informació.

#### Les idees dels infants

Com ja s'ha indicat, els nens i nenes no sempre tenen en compte el paper dels nervis i del sistema nerviós central (medul·la espinal i encèfal) a l'hora d'explicar les sensacions que el cos capta. Més aviat usen el terme nervis per referir-se a estats emocionals, i no pas a les estructures corporals que permeten a la informació viatjar d'un lloc a l'altre a través del que anomenem impuls nerviós. Així doncs, no sempre relacionen els receptors que formen els òrgans dels sentits amb els nervis i amb el sistema nerviós central.

Alguns estudis també han mostrat com els nens i nenes no tenen una idea clara en relació amb l'estructura del sistema nerviós. Tot i això, la recerca també ha mostrat com són capaços d'implicar-se activament i productivament en l'intent d'explicar com és que el cos capta deter-

minades informacions i quins òrgans estan implicats en aquest procés.

### **L'explicació científica**

La informació que capten els receptors de l'ambient es tradueix en un senyal elèctric, que anomenem impuls nerviós. L'impuls nerviós recorre els nervis sensitius des del receptor fins al sistema nerviós central. El sistema nerviós central està format per dues parts: la medul·la espinal i l'encèfal. La medul·la espinal és un cordó de nervis que connecta amb l'encèfal. La resposta que produeix el cos humà a l'estímul extern s'elabora al sistema nerviós central i s'envia a l'executor, un múscul per exemple, via nervi motor.

En general, es pot dir que existeixen dos tipus de moviments: el moviment voluntari i el moviment reflex. Els moviments voluntaris, que són lents i conscients, són coordinats per l'encèfal. La informació és enviada a l'encèfal a través de nervis sensitius que recorren la medul·la espinal i és l'encèfal qui dona l'ordre per la resposta. Per contra, els moviments reflexos, que són moviments ràpids i inconscients i amb certa relació amb la resposta davant del dolor, són coordinats per la medul·la espinal. En aquest cas, és la medul·la espinal qui rep la informació, a través dels nervis sensitius, i qui dona l'ordre per a la resposta, a través dels nervis motors.

### **Descripció de l'activitat**

1. Construcció d'un mural de cos humà amb tots els elements coneguts del sistema nerviós.
2. Reelaboració del mural del cos humà.
3. Exposició oral del mural.

### **Orientacions didàctiques**

#### **1. Construcció d'un mural de cos humà amb tots els elements coneguts del sistema nerviós**

A partir del mural fet a l'activitat 2, "El camí des del medi fins als receptors del tacte" i els dibuixos de l'activitat 1, "Exploració de les idees dels infants sobre el camí de la informació en el sentit del tacte" es demana que cada grup consensui en el mural quines són les estructures necessàries perquè el cos sàpiga que s'està punxant i aparti la mà com a resposta. Deixem que els infants dibuixin i utilitzin material divers i puguin explicar a davant de tot el grup classe el funcionament del mural, a través del portaveu del seu grup.

#### **2. Reelaboració del mural del cos humà a través de la conversa**

És important que fem notar als infants que encara que hi hagi coses que no puguem observar directament, podem fer com fan els científics i intentar imaginar-nos com són i com funcionen les coses per dins. Igualment, és important d'assenyalar que allò que imaginem ha de ser coherent amb les observacions reals que haguem fet.

Per començar, anotem allò que els murals comparteixen i que les nenes i els nens saben del cert. Probablement, la majoria sabia que el cervell és l'òrgan central del sistema nerviós, alguns sabien que hi ha nervis, pot ser que apareguessin la idea dels receptors si els hem treballat anteriorment. Pot ser que entre els murals apareguessin diferències i que hi hagi dubtes i incerteses. A través de preguntes i de la conversa que tinguem amb els infants, cal fer emergir noves informacions que

ens serveixin per repensar de nou el mural. És important que aquestes informacions que vagin apareixent quedin escrites, per exemple, a la pissarra.

En primer lloc, pot ser que les nenes i els nens hagin connectat els receptors amb fils o hagin dibuixat un cordó amb el retolador. Podem donar la informació que quan ens enrampem amb electricitat notem com els músculs es contrauen, podem explicar que aquest fet es deu que la informació dels nervis passa a través d'un impuls elèctric.

En segon lloc, en la primera versió del mural probablement connecten la majoria de receptors amb un cable directe al cervell. Podem fer aparèixer la medulla espinal a través de preguntes que posin l'èmfasi en les lesions medul·lars: "Tots sabem que si ens clavem un cop molt fort a la columna vertebral podem tenir problemes per sentir i moure les cames?", "Una persona que hagi tingut una lesió a la columna vertebral notarà una punxada o calor a les cames?". Les respostes a aquestes preguntes poden ser contrastades a través de cerques d'internet, però és important estimular la conversa i la seva reflexió abans de buscar imatges completes del sistema nerviós per internet. La conversa ha d'anar dirigida a fer que els infants s'imaginin que els nervis no passen directament al cervell, sinó que s'agrupen per dins de la columna vertebral. Per tant, quan es produeix un trencament a la columna, s'interromp el camí de la informació.

En tercer lloc, les nenes i els nens poden haver considerat que els nervis que reben la informació dels receptors són els mateixos que elaboren la resposta. Per tant, cal que a través de la conversa es pugui discutir aquesta idea, i arribar a conèixer que hi ha dos tipus de nervis: els sensitius i els motors. Podem fer entrar en

crisi la representació d'un sol nervi per fer passar tant la informació provinent dels receptors com la del sistema nerviós central, a través de preguntes com ara: "Si el nervi que envia la informació i el nervi que envia la resposta fossin el mateix, què passaria si mentre el cervell envia l'ordre al múscul de moure's, el receptor envia una ordre dient que s'està punxant?"

En quart lloc, podem fer notar als infants que al cos hi ha dues respostes davant del tacte. Si tanquem els ulls i passem la mà per una superfície, la resposta és molt més lenta. En canvi, si sentim dolor, involuntàriament la mà s'apartarà ràpidament de la font de dolor. Podem introduir aquí els dos circuits: el moviment reflex, que és ràpid i involuntari i es processa a nivell de la medulla espinal; i el moviment voluntari, que és lent i es processa a nivell cerebral.

Resumim, finalment, algunes de les informacions més que cal anotar a la pissarra després de la conversa.

- Sabem que la informació passa pels nervis a través d'un impuls elèctric.
- Sabem que si tenim un fort impacte a la columna deixem de tenir sensibilitat a les cames i tampoc les podem moure.
- Pensem que si tota la informació passés pel mateix nervi seria poc efectiu i, per tant, és necessari que hi hagi dos nervis.
- Si la sensació és dolorosa el cos respon amb un moviment reflex, que fa apartar la mà ràpidament. En aquest moviment, només hi intervé la medulla espinal. En canvi, quan la sensació no és dolorosa, la informació és processada pel cervell.

Podem afegir-hi, també, informacions de l'activitat 2 "El camí des del medi fins als receptors del tacte":

- Sabem que no tenim la mateixa sensibilitat a tot el cos; hi ha zones més sensibles que d'altres.

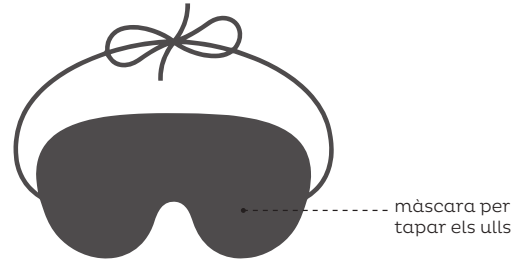
Una vegada acabada la conversa, demanem a les nenes i els nens que refacin el mural a través de tot allò que saben o pensen sobre el sistema nerviós i que està anotat a la pissarra.

### **3. Exposició oral del mural**

Una vegada refet el mural demanem als infants que facin una exposició oral. Utilitzant les informacions pactades anteriorment com a criteris d'avaluació, podem demanar que els infants avaluïn entre ells els nous murals i les exposicions orals. D'aquesta manera, podem assegurar que les versions finals del mural incorporin les noves idees introduïdes a classe.

## Activitat 4

# EL CAMÍ DES DEL SISTEMA NERVIÓS CENTRAL FINS AL MÚSCUL



### Material per a un grup de quatre persones:

Regle d'uns 30 cm, màscara per tapar els ulls.

### Les idees científiques

**Idea 1.** El cos rep informació de l'exterior a través de receptors, que poden ser de diferents tipus.

**Idea 2.** La informació s'envia des dels receptors cap al sistema nerviós central a través dels nervis sensitius, mentre que la resposta s'envia a través dels nervis motors.

**Idea 3.** El sistema nerviós central és el responsable de processar la informació.

**Idea 4.** Els actes reflexos i els moviments voluntaris es produeixen a diferents llocs del sistema nerviós central i condueixen a respostes diferents.

### Les idees dels infants

No sempre els nens i nenes actuen amb rigor quan recullen i analitzen dades, ni tampoc valoren, de manera espontània, la importància de la repetició en la recollida de dades. Igualment, alguns estudis mostren que són poc propensos a anotar els resultats d'una manera ordenada, i a usar instruments matemàtics de representació de dades.

També s'ha observat que les conclusions que elaboren per escrit o oralment solen ser curtes i molt simples, per això és important fer-los adonar que una bona con-

clusió empírica segueix una estructura lingüística determinada, que és la d'una afirmació que respon a la pregunta que s'hagi formulat a l'inici, acompanyada de les evidències que la justifiquen que procedeixen de les dades que s'hauran obtingut en l'observació o l'experiment.

### L'explicació científica

Tant els receptors del sentit de la vista com els del sentit de l'oïda envien la informació a l'encèfal, concretament al cervell, a través de nervis sensitius, el nervi ocular i auditiu, respectivament. En canvi, els receptors del sentit del tacte solen enviar la informació a l'encèfal a través de nervis sensitius passant per la medulla espinal. La resposta de reacció sol ser més ràpida davant d'estímuls tàctils i sonors.

### Descripció de l'activitat

1. Presentació i realització de l'experiència.
2. Anàlisi i establiment de conclusions.
3. Representació del funcionament dels sentits de la vista, l'olfacte i l'oïda a través d'un mural.

### Orientacions didàctiques

#### 1. Presentació i realització de l'experiència

Expliquem al grup classe que farem unes observacions per veure com el nostre cervell reacciona davant de diversos estímuls. En concret posarem a prova els estímuls visuals, auditius i tàctils.

Un membre de cada grup s'ha d'asseure a sobre la tau-

la, col·locat de tal manera que la seva mà dominant estigui recolzada a sobre la taula i just al seu marge. Un dels altres membres del grup s'encarrega de sostenir el regle, mentre els altres dos anoten els resultats a la llibreta de ciències.

Es tracta de deixar anar el regle, i que la nena o el nen que està amb la mà recolzada a sobre la taula l'agafi el més ràpid possible. El membre del grup que sosté el regle l'ha d'aguantar per un extrem procurant que la línia de l'altre extrem que marca 0 cm estigui just en línia amb el dit índex.

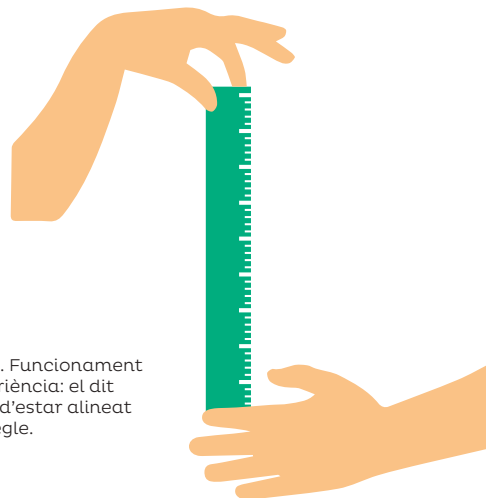


Figura 21. Funcionament de l'experiència: el dit índex ha d'estar alineat amb el regle.

En primer lloc, es posa a prova la resposta de la mà fent servir només el sentit de la vista. És important que el membre del grup que sosté el regle no doni cap pista (ni

cap gest, ni cap soroll) que està apunt de deixar-lo anar. Així, qui l'ha d'agafar només reaccionarà davant l'estímul visual. La dada a anotar és la quantitat de centímetres que el dit s'ha mogut del regle quan la nena o el nen l'hagi atrapat. Demanem que repeteixin l'experiment tres vegades i que només anotin a la llibreta de ciències el valor més petit que hagin obtingut.

En segon lloc, es posa a prova la resposta de la mà fent servir només el sentit de l'oïda. Repetim el mateix procediment, però aquesta vegada es tancarà els ulls amb la màscara la persona que ha d'atrapar el regle. El membre del grup que sosté el regle diu "ja" quan el deixa anar.

Finalment, es posa a prova la reacció fent servir només el sentit del tacte. Com en el cas anterior, es tapen els ulls de qui ha d'atrapar el regle i se l'avisarà amb un toc a l'espatlla quan l'altra nena o nen el deixa anar.

## **2. Anàlisi i establiment de conclusions**

Una vegada tots els infants han fet les observacions, comprovant la reacció davant dels estímuls visuals, acústics i tàctils, posem en comú els resultats en una taula a la pissarra. Podem suggerir o presentar l'ús d'eines matemàtiques per fer els resultats més analitzables. Una possibilitat és fer la mitjana de les dades obtingudes per cada un dels estímuls.

Promovem l'anàlisi dels resultats a través de preguntes, com ara: "Tots hem reaccionat igual davant del mateix estímul?", "Davant de quin estímul hem reaccionat més ràpid?". Escriuim les conclusions obtingudes a la pissarra, fent una afirmació "La resposta més ràpida ha estat..., perquè de mitjana el regle només ha recorregut..." Escriuim les conclusions a la pissarra, usant com a es-

tructura lingüística una afirmació acompanyada de les dades obtingudes que considerem més rellevants i il·lustratives. Per exemple: "la resposta més ràpida ha estat..., perquè de mitjana el regle només ha recorregut..."

## **3. Representació del funcionament dels sentits de la vista, l'olfacte i l'oïda a través d'un mural.**

A partir del mural fet a l'activitat 3, "El camí dels receptors fins al sistema nerviós central", o fent un mural nou amb la silueta del cos humà, iniciem una conversa en què s'integrin els resultats de les observacions fetes anteriorment al mural, per construir una explicació.

En el cas de la vista i de l'oïda, cal dirigir la conversa a través de preguntes per connectar l'ull i les orelles amb el cervell. Podem batejar els nervis sensitius que fan la connexió com a nervi ocular i auditiu, respectivament. Cal contrastar que aquests dos sentits es connecten directament amb el cervell, mentre que per a l'estímul tàctil, com s'explica a l'activitat 2, la informació arriba al cervell passant per la medulla espinal.

També cal fer notar que sigui quina sigui la via d'entrada de la informació i sigui quin sigui el nervi sensitiu que envia la informació al cervell, la resposta es dona sempre pel mateix nervi motor que fa reaccionar els músculs de la mà perquè atrapin el regle. D'aquesta manera, podem separar millor la funció dels nervis sensitius de la dels nervis motors.

# L'experiència de l'escola L'Arenal de Llevant al curs de formació de Petits talents científics

Maria José Poblador va ser mestra de l'escola L'Arenal de Llevant el curs 2016-2017 i amb el grup de 5è d'educació primària va portar a terme una investigació sobre el sentit del tacte i el camí de la informació.

A continuació ens explica què va suposar l'experiència per a ella i al seu alumnat.

*“Com és que tenim pessigolles en algunes parts del cos?” va ser una de les preguntes que es van fer els infants de 5è B de l'escola per incloure-la dins del projecte sobre els cinc sentits que havien començat a treballar a l'inici de del curs. El meu dubte, com a mestra, era si serviria com a “pregunta investigable”; com a generadora de coneixement científic.*

*A partir d'aquí vam iniciar plegats tot un procés que ben bé no sabíem on ens portaria però que ens va entusiasmar i ens va dur, entre jocs, debats i reflexions, a construir aprenentatge de manera molt engrescadora. S'havia convertit en un repte que ens demanava temps i energia! Cal indicar que són alumnes acostumats a treballar per projectes i en grups cooperatius. Per tant, no vam tenir cap dificultat, ni ells ni jo, a l'hora d'adaptar horaris i altres aspectes del currículum.*

*Per començar, en petits grups van dibuixar en una silueta humana les seves idees prèvies al voltant del tema i les van presentar i justificar davant de la resta de la classe. Va ser molt enriquidor veure com entre ells mateixos debatien i discutien els seus arguments sobre com era el cos humà per dins, i com es van adonar que els seus dibuixos no només deixaven sense una resposta clara la pregunta investigable sinó que, a més, els generaven nous dubtes*

*sobre el tema: “com detecta la pell el que passa fora d'ella?”, “totes les parts del cos humà són igual de sensibles al tacte?”, “quines altres part del cos, que no podem veure, s'activen quan algú ens fa pessigolles?”.*

*En aquest moment, per evitar que es desanimessin, els vaig proposar que podien continuar investigant amb l'experiment científic de l'Homuncle Mapper (<https://www.maxplanckflorida.org/fitzpatricklab/homunculus>). Els van agradar la idea i es van posar a elaborar les targetes de punxes i d'escuradents i es van mesurar els uns als altres la sensibilitat en diferents parts del cos, van anotar en graelles els resultats obtinguts, en van elaborar gràfiques i en van treure resultats significatius. Els passadissos de l'escola semblaven els d'un hospital i em va sorprendre el rigor i la seriositat amb què es prenien el que estaven fent.*

*A continuació tot el grup va decidir que també aniria bé una experiència ben senzilla: la de fer-se pessigolles a si mateixos i entre ells/es. Aquesta activitat va resultar divertidíssima i fins i tot emocionant perquè va significar una estona de relació interpersonal i “íntima” (de confiança i de contacte respectuosos amb companys i companyes) que d'altres situacions d'escola no permeten.*

*Amb les observacions i les dades d'aquestes pràctiques ja anaven traient conclusions que els permetien començar a poder endreçar una resposta més adient a la pregunta inicial. Per donar “nom científic” a tot allò que havien experimentat, van buscar-ne informació a internet i a diversos llibres de la biblioteca. Van incorporar-hi vocabulari específic com receptor tàctil, sensor, i conceptes com que les*



zones més sensibles del cos són les que tenen més receptors tàctils perquè aquests no estan repartits de manera uniforme per tota la pell; i que aquests sensors actuen com a alarmes que “avisen” el cervell del què passa fora del cos (en el nostre cas, de les pessigolles).

El pas següent va ser construir una maqueta/model per rectificar els seus dibuixos inicials i per incorporar-hi les conclusions de la seva investigació.

Finalment van ordenar tot el que havien après i comprovat sobre les pessigolles en un esquema amb tres qüestions bàsiques: “Què entra al nostre cos?” / “Què passa dins del nostre cos?” / “Què surt del nostre cos?”. Ja se sentien capaços i satisfets de poder donar una resposta a la pregunta investigable: quan un estímul extern (la mà d’una altra persona) ens toca, els receptors tàctils de la nostra pell el capten i els nervis que estan a prop envien la informació al cervell. Aquest la identifica com a “pessigolles” i dona l’ordre, també a través dels nervis, de reaccionar als músculs i a l’esquelet. Quasi sempre reaccionem movent-nos i rient i això fa que hi intervinguin també la respiració (que s’accelera) i la circulació de la sang (el cor bombeja més ràpid).

Quan els vaig explicar en què consistiria la seva exposició al Cosmocaixa, la motivació ja va ser total i absoluta. Es van posar d’acord entre ells i va sorgir un grup cooperatiu voluntari per elaborar el Power Point de tot el procés i un altre per fer-ne la presentació com a representants de tot el grup. La resta de la classe es va oferir per confegir el mural i com a públic crític durant els assajos. El meu paper en aquesta fase va ser bàsicament d’espectadora, perquè se’ls veia molt il·lusionats i sabien organit-

zar-se i animar-se els uns als altres perquè tot sortís bé.

Per acabar, he de dir que per a mi, com a mestra, ha estat una experiència molt gratificant acompanyar aquests infants a endinsar-se en el món de la ciència d’una manera tan lúdica. Com alguns docents, sempre m’havia sentit una mica perduda i insegura en aquest àmbit. D’altra banda, m’ha resultat una tasca relativament fàcil perquè la dinàmica de la nostra escola ja és la d’ajudar els nens i nenes des de petits a aprendre de manera significativa resolent reptes i treballant en grups cooperatius.

## Referències bibliogràfiques

Amat, A.; Martí, J.; Grau, V. (2016). *Investiguem la matèria*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.

Au, T.; Romo, L. (1999). "Mechanical causality in children's folkbiology". In D. L. Medin & S. Atran (Eds.), *Folkbiology* (p. 355-401). Cambridge MA: MIT Press.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, Mass. [etc.] : MIT Press.

Carvalho, G.S.; Silva, R.; Lima, N.; Coquet, E.; Clément, P. (2004). "Portuguese primary school children's conception about digestion: identification of learning obstacles", *International Journal of Science Education*, 26 (9), 1111 -1130

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

Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). *Young children's naive thinking about the biological world*. New York: Psychology Press.

Márquez, C.; Roca, M.; Gómez, A.; Sardá, A.; Pujol, R. M. (2004). "La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras", *Investigación en la escuela*, 53, 71 – 81.

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

Ogborn, J.; Kress, G.; Martins, I.; McGuillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar: la enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid: Santillana.

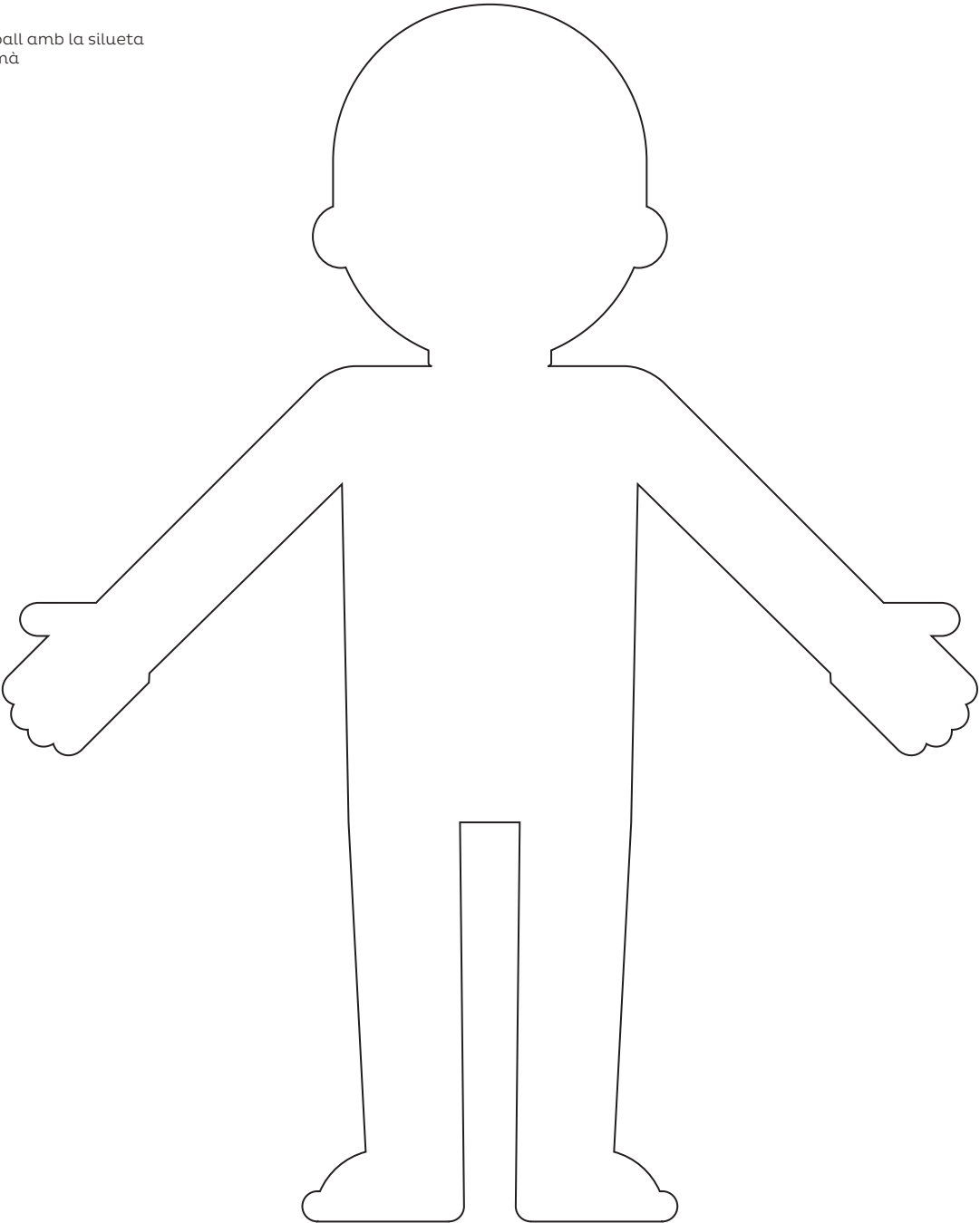
Teixeira, F. M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520.

Toyama, N. (2000). "What are food and air like inside our bodies?": Children's thinking about digestion and respiration. *International Journal of Behavioral Development*, 24(2), 222-230.

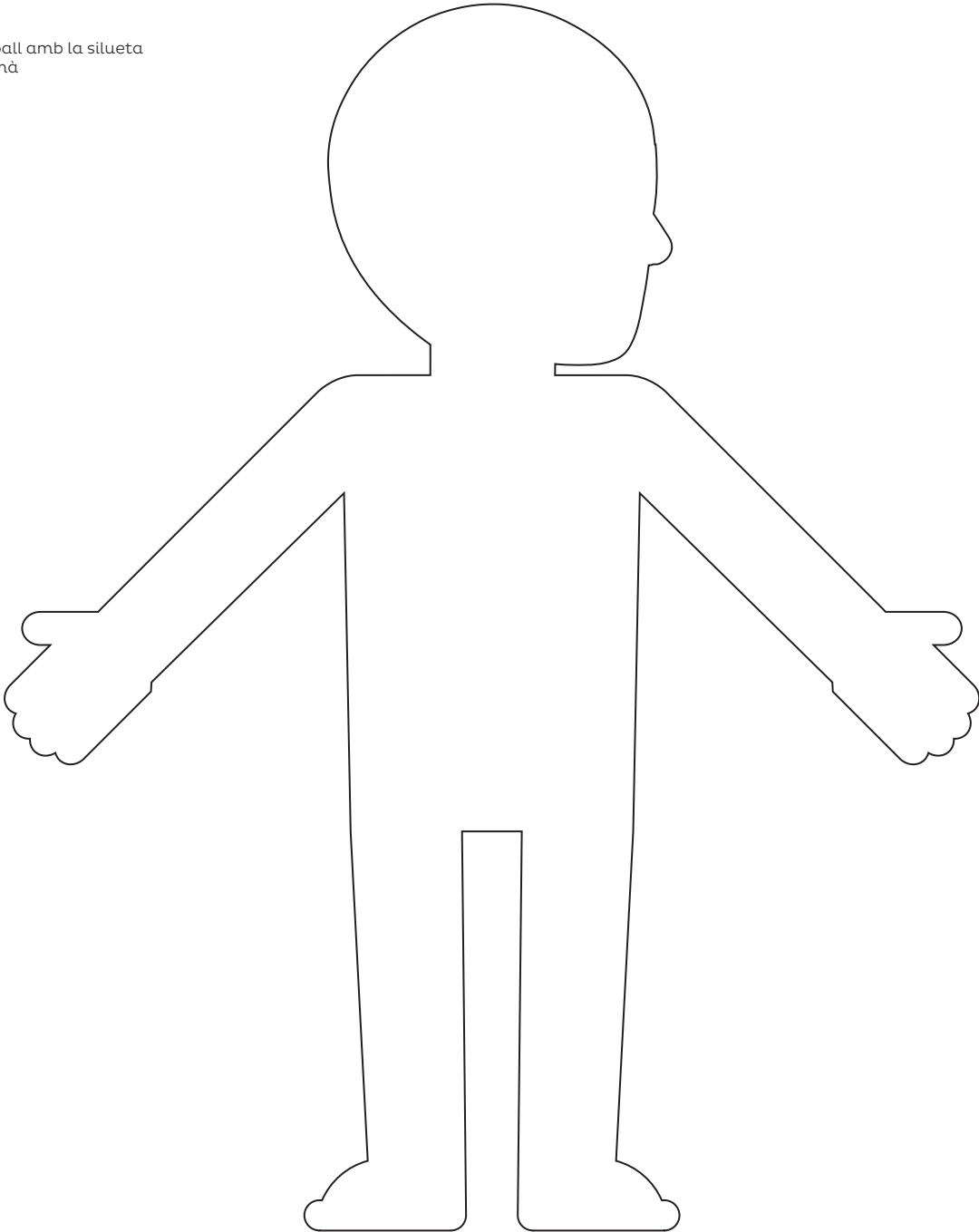
# Índex

3	Presentació
4	Introducció
5	Investigar per comprendre el funcionament del cos humà
11	<b>El camí dels nutrients: Quan el problema és com utilitzem els nutrients per sobreviure</b>
21	Activitat 1. Exploració de les idees sobre el camí dels nutrients
23	Activitat 2. El camí de la boca a l'estómac
26	Activitat 3. El camí de l'estómac als intestins
30	Activitat 4. El camí dels intestins a la sang
33	L'experiència de l'escola SEAT al curs de formació de Petits talents científics
34	<b>El camí dels gasos: Quan el problema és la respiració i els batecs del cor</b>
40	Activitat 1. Exploració de les idees sobre el camí dels gasos
42	Activitat 2. El camí de l'aire fins als pulmons
45	Activitat 3. Com entra l'aire fins als pulmons
48	Activitat 4. El camí dels gasos per la sang
52	L'experiència de l'escola Cervantes al curs de formació de Petits talents científics
53	<b>El camí de la informació: Quan el problema és com allò que capten els sentits ens fa reaccionar</b>
59	Activitat 1. Exploració de les idees sobre el camí de la informació
61	Activitat 2. El camí des del medi fins als receptors del sentit del tacte
64	Activitat 3. El camí des dels receptors fins al sistema nerviós central
68	Activitat 4. El camí des del sistema nerviós central fins al múscul
71	L'experiència de l'escola L'Arenal de Llevant al curs de formació de Petits talents científics
73	Referències bibliogràfiques

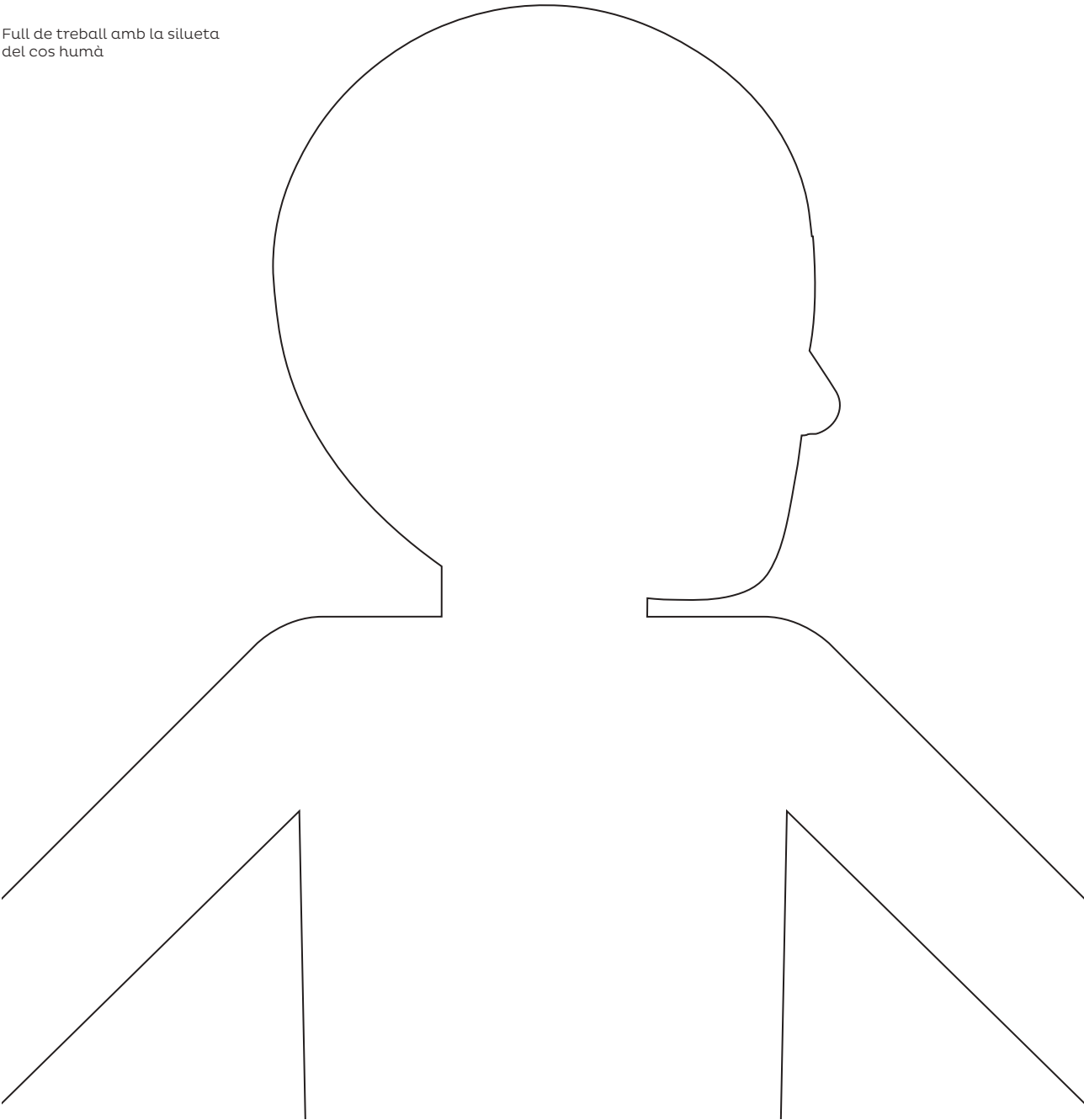
Full de treball amb la silueta  
del cos humà



Full de treball amb la silueta  
del cos humà



Full de treball amb la silueta  
del cos humà



## **Crèdits**

### **Edita:**

Ajuntament de Barcelona. Institut Municipal d'Educació de Barcelona  
Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRI)  
EduCaixa de l'Obra Social "la Caixa"

### **Text:**

Arnau Amat, Jordi Martí i Irma Darné, membres del grup de recerca CoDi  
(Coneixement i Didàctica) de la Universitat de Vic–Universitat Central de  
Catalunya.

### **Coordinació:**

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

### **Col.laboració:**

Antoni Trilla (metge, cap del Servei de Medicina Preventiva i  
Epidemiologia de l'Hospital Clínic i Provincial de Barcelona); Marcel  
Costa (biòleg i professor de secundària a l'Institut Obert de Catalunya);  
Alejandro Montesinos, mestre de l'escola Seat; Maria José Poblador,  
mestra de l'escola L'Arenal de Llevant; Laura Prats Lucas, mestra de  
l'escola Cervantes.

### **Agraïments:**

A tots els docents que han participat al curs Com funciona el cos humà?  
i al seu alumnat. Les seves preguntes, els seus projectes i les seves  
presentacions ens han ajudat a escriure aquest llibre.

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

Jordi Salvany

### **Impressió:**

Impremta Prats Bernadàs

Barcelona, juny de 2018

© de l'edició: Ajuntament de Barcelona

© dels textos i les imatges: els autors esmentats

DL: B.7586-2018

ISBN: 978-84-9156-105-7

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

Passeig Lluís Companys, 23. 08010 Barcelona

Tel. 932687700

info@fundaciorecerca.cat

fundaciorecerca.cat

Institut Municipal d'Educació de Barcelona

Plaça d'Espanya, 5. 08014 Barcelona

Tel. 934023663

imebatencio@bcn.cat

barcelona.cat/educacio

Aquesta publicació es pot consultar a:

[www.barcelona.cat/educacio](http://www.barcelona.cat/educacio)

[www.fundaciorecerca.cat](http://www.fundaciorecerca.cat)

[www.educaixa.com](http://www.educaixa.com)

