



Ciutats Llavor de Ciència

UN ENFOCAMENT COMUNITARI PER AL CREIXEMENT SOSTENIBLE
DE L'EDUCACIÓ CIENTÍFICA A EUROPA

Guia Metodològica





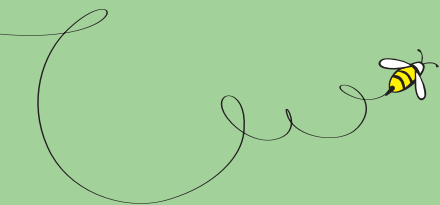
Ciutats Llavor de Ciència

UN ENFOCAMENT COMUNITARI PER AL CREIXEMENT SOSTENIBLE
DE L'EDUCACIÓ CIENTÍFICA A EUROPA

Guia metodològica

Educació científica basada en la
investigació: aplicació a la classe





© Pollen, maig de 2006

Text: Edith Saltiel

Disseny: Mercè Montané

Editat per: P.A.U. Education

Muntaner 262, 3r - 08021 Barcelona (Espanya)

Tel.: (34) 933 670 400

Fax: (34) 934 146 238

www.paueducation.com

L'autora agraeix els comentaris i suggeriments de Jean-Pierre Sarmant. El seu coneixement contribuí de manera significativa a la preparació d'aquest document.



ÍNDEX

Principis bàsics de l'enfocament basat en la investigació	5
Unitat i diversitat en l'enfocament basat en la investigació	9
La investigació, un procés interactiu. L'enfocament pas a pas	10
Implementació concreta d'un enfocament basat en la investigació	12
Fer un registre	22
Avaluació	29
Preguntes més freqüents	30
Apèndix	33
Annex 1: Seqüència de mostra: circuits elèctrics	34
Annex 2: Seqüència de mostra dins el mòdul	
“En què es transformen els aliments que mengem?”	35

- Dels dotze països europeus que participen en el projecte Pollen, alguns fa anys que experimenten l'educació científica basada en la investigació a les escoles de primària, i altres han escollit desenvolupar la recerca com a forma d'ensenyament en si mateixa. L'experiència acumulada en tots dos terrenys, els obstacles superats i els resultats obtinguts seran de gran utilitat per als països involucrats en el projecte.

Aquest document, pensat per als professors de primària dels dotze països europeus participants, vol ajudar a estructurar aquest tipus d'educació definint clarament les seves implicacions i oferint eines que han estat creades per alguns països.



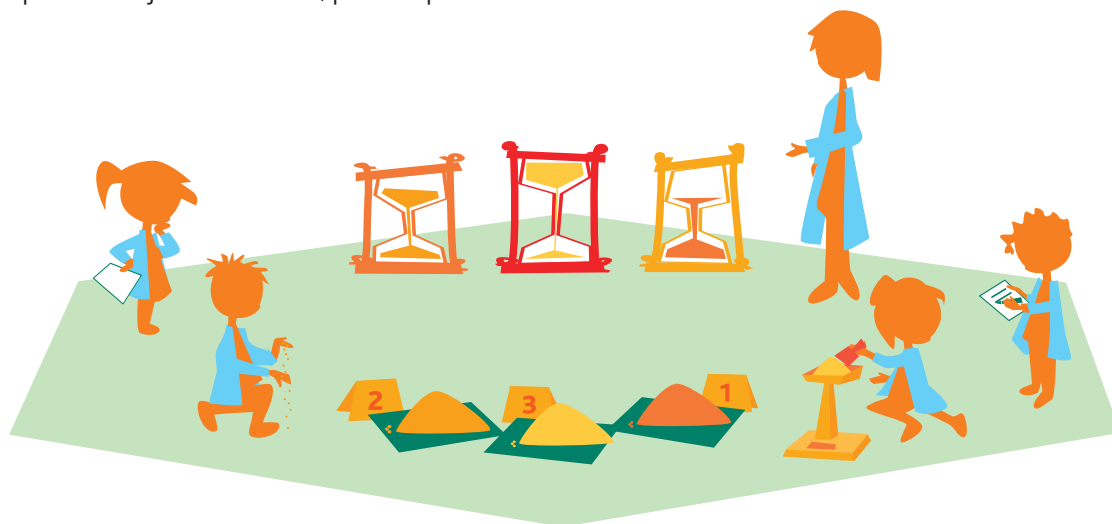
Principis bàsics de l'enfocament basat en la investigació

1. La necessitat d'apropiar-se de la pregunta de partida

Perquè un nen realment vulgui resoldre un problema, aquest problema ha de tenir un significat per a ell; el nen ha d'haver pres part, tant com hagi estat possible, en la seva elaboració. Dit d'una altra manera, el problema ha de convertir-se en un problema del nen, així el nen sentirà el desig de solucionar-lo.

Imaginem un professor que vulgui que els nens treballin amb rellotges de sorra (observant-los, entenent-los, construint-los, etc.) i identifiquin els paràmetres que determinen el temps que la sorra triga a passar d'una meitat a l'altra del recipient:

- A. El professor ensenya als alumnes un rellotge de sorra i els diu que el temps necessari perquè la sorra passi d'una meitat a l'altra depèn de [...] i que ho podran veure per ells mateixos. Aquest mètode és semblant al tradicional, el que anomenem de tipus lliçó, en què el professor es dóna per satisfet pronunciant els resultats, i es troba a anys llum de l'enfocament basat en la investigació.
- B. Els alumnes observen, dibuixen i descriuen un rellotge de sorra col·locat sobre la taula del professor, que els pregunta quins factors determinen el temps que la sorra triga a passar d'una meitat a l'altra. La pregunta té sentit per a la majoria d'alumnes, però no per a tots.



- C. Un cop observat un rellotge de sorra, el professor pregunta als alumnes com augmentar o disminuir el temps necessari perquè la sorra passi d'una meitat a l'altra. En aquest cas, el nen comença a fer preguntes a mesura que busca maneres de resoldre el problema.
- D. El professor mostra com a mínim tres rellotges de sorra, un dels quals triga molt més que els altres a quedar-se sense sorra. Els alumnes, dividits en grups, observen, dibuixen i descriuen el rellotge de sorra que tenen al davant. Degut a les característiques diferents dels rellotges, n'hi ha un que continua tenint sorra quan els altres ja han parat. Els alumnes se n'adonen i, de manera instintiva, volen saber com és que aquell rellotge dura més. Aquesta és una manera (no l'única) d'aconseguir que els alumnes facin seu el problema.

2. La necessitat d'experimentar individualment

Aquí experimentar no equival a realitzar experiments complicats amb aparells sofisticats i costosos. El lector s'adonarà que els experiments citats són, de fet, molt simples, i que només requereixen un material mínim. Les activitats de mostra que trobareu al lloc web de Pollen són un bon exemple del que els nens poden fer.

Els nens recorden molt bé els experiments que realitzen ells mateixos. A més, de seguida comencen a tenir idees pròpies sobre un seguit de fenòmens. Moltes vegades, no n'hi ha prou amb dir-los que un experiment en concret produirà un cert resultat (sense fer l'experiment, o fent-lo davant d'ells) o dir-los que el que pensen és incorrecte. Han d'adonar-se'n ells mateixos. Per això és necessari que posin a prova els experiments ideats per ells (sempre que puguin realitzar-se a classe) i justifiquin els seus mètodes. Aquí en teniu dos exemples:

- A. En l'exemple del rellotge de sorra, els nens podrien tenir en consideració la quantitat de sorra, el gruix del vidre, la mida de les partícules de sorra, la mida del rellotge, la presència de certs colorants, etc. No hi ha res com deixar que facin els experiments ells mateixos perquè s'adonin que només poden arribar a resultats profitosos si ajusten un paràmetre cada vegada (mantenint els altres constants) i que, tenint en compte això, la mida del rellotge no té cap importància.
- B. L'exemple següent prové d'un treball realitzat a Bergerac (departament de Dordonya, França). Durant el curs escolar 1998-1999, dos professors (A i B) van treballar amb les seves classes de CE2 (nens de vuit anys) sobre els "punts de fusió i solidificació" i, de manera específica, sobre la temperatura de fusió del gel. Tots dos professors havien participat en el mateix curs de formació, però a la classe van enfocar el tema de manera diferent. Dos anys més tard, es va fer una pregunta als estudiants: "Quina és la temperatura mínima en què el gel es fon?". Els resultats van ser aquests:

Respostes	Classe A	Classe B
3°C o més	83%	36%
Entre -1°C i 2°C	13%	63%
Altres	4%	1%

Comparant aquestes respostes amb els quaderns d'experiments dels nens, s'observa que la majoria d'alumnes de la Classe B van informar del resultat al qual van arribar dos anys abans, quan van fer els experiments.

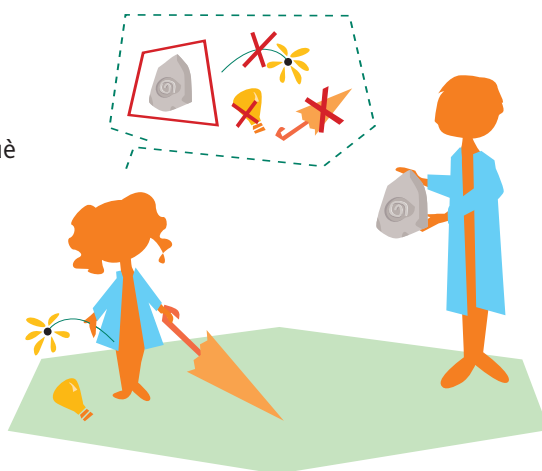
El professor de la Classe B havia fet treballar en grup els estudiants: cada grup havia de mesurar la temperatura del gel en diferents moments. A més, aquests estudiants van tenir l'oportunitat de repetir l'experiment un cop observats els resultats inicials. El professor de la Classe A, en canvi, va realitzar l'experiment només una vegada, sobre una taula, demanat als alumnes que s'hi acostessin un per un per anotar la temperatura del gel.

Aquest desenllaç il·lustra el grau en què el coneixement adquirit pels mateixos alumnes, a partir d'experiments fets per ells, és important i els queda gravat a la memòria.

3. Només es veu el que es vol veure

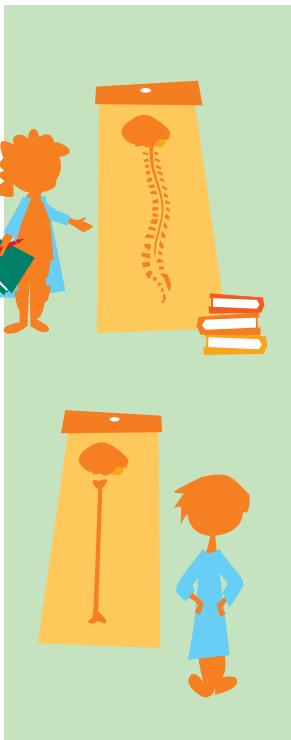
Dit d'una altra manera, per "veure" alguna cosa s'ha de saber què es vol veure. Molts estudis ho han demostrat de manera efectiva. Enumerarem quatre exemples:

- El primer és el d'una futura professora de primària que, en el seu últim any de formació, va haver d'escriure un assaig sobre un tema lliure relacionat amb l'educació. Va escollir el tema de "l'observació", i va recordar la seva pròpia experiència com a estudiant. Durant una sortida al camp, el professor va demanar als seus alumnes que busquessin fòssils, i ella va tornar amb les mans buides perquè no sabia què se suposava que havia de buscar: no tenia la menor idea de què era un fòssil.
- El segon és el d'un professor¹ que volia ensenyar als estudiants que una espelma col·locada sota un bol cremava més estona quan el bol era gran. El professor va donar als alumnes tres bols de mides diferents i els va explicar que havien de col·locar-los sobre les espelmes al mateix temps. Tot va anar bé. Tanmateix, quan el professor va preguntar als alumnes quines diferències havien observat entre els bols, va quedar decebut: "cap"; "tots eren iguals"; "totes les espelmes s'han apagat". Cap nen no es va adonar del que el professor volia que s'adonés. Segurament, els nens haurien reaccionat d'una altra manera si primer haguessin vist que l'espelma s'apagava, després haguessin vist els tres bols, cada un sobre una espelma, i després haguessin rebut la instrucció d'observar si les espelmes s'apagaven al mateix temps.
- El tercer exemple no és específic de l'escola primària. Molts adults s'han quedat meravellats davant d'un arc de Sant Martí. Però si els preguntem en quin ordre hi apareixen els colors, només un petit percentatge us dirà que hi apareixen invertits. No n'hi ha prou amb mirar; s'ha de saber què s'intenta veure.



¹ W. HARLEN, JOS ELSTGEEST, SHEILA JELLY, Primary Science: Taking the Plunge – Vol 2. Heinemann, Regne Unit, 2001, 160pp, o W. Harlen, *Enseigner les sciences : comment faire ?*, col·lecció La main à la pâte, Le Pommier, 2004, 220 pàgs.

- El quart està relacionat amb la història de la ciència, que és plena d'exemples semblants. En les anotacions deixades per Ampère i Arago², per exemple, s'afirmava que el corrent elèctric fluïa a través del seu aparell de mesura (mesura de la intensitat elèctrica, un instrument que avui es coneix com a amperòmetre) quan posaven una bobina carregada amb corrent elèctric al costat d'una altra no connectada a un generador. Els científics no van "veure" els corrents elèctrics perquè aquests eren transitoris (desapareixien quan la bobina es deixava de moure) i el fenomen que ells volien demostrar s'havia de produir (això creien) en forma de corrent permanent. Van deixar que la glòria fos per Faraday, que deu anys més tard va descobrir el fenomen de la inducció electromagnètica.



4. Pot trobar-se gran quantitat d'informació als documents, però aquesta es troba més fàcilment quan se sap què es busca

Per il·lustrar aquest punt, mirem què va passar en una classe en què els alumnes treballaven sobre els ossos del cos humà. En la sessió anterior, el professor havia repartit fulls de paper DIN A4 amb la silueta d'un cos i demanat a cada nen que dibuixés els ossos del cos com se'ls imaginés. Durant la sessió, els estudiants es van dividir en grups de quatre. Cada grup va rebre un full de paper DIN A3 amb la silueta d'un cos i va haver de dibuixar, en un color (vermell), els ossos sobre els quals els membres del grup estaven d'acord i, en un altre (blau), els ossos sobre els quals discordaven.

Un cop fet això, cada dibuix es va penjar a la pissarra i el professor va mostrar un altre full amb la silueta del cos (DIN A0). La classe sencera es va posar a discutir i a dibuixar, en vermell, els ossos en què tothom estava d'acord. Les àrees polèmiques van donar lloc a preguntes específiques com ara: "Les dents són ossos?" o bé: "Quants ossos té la columna vertebral?" (aquesta pregunta va sorgir perquè hi havia nens que pensaven que la columna era un sol os i altres que assenyalaven que, si fos així, seria impossible inclinar-se per recollir un llapis de terra). Quan es va haver completat el procés, els nens van anar a buscar respostes a les preguntes específiques plantejades als seus llibres, sabent perfectament què anaven a buscar.

5. Aprendre no consisteix només a actuar i manipular objectes: també consisteix a parlar amb altres nens i a escriure per a un mateix i per als altres

No cal que ens aturem gaire en aquest punt perquè hi tornarem més endavant. De moment, n'hi ha prou amb dir que aprendre alguna cosa de memòria no és suficient per resoldre problemes, i que, en molts casos, és quan s'intenta comunicar un punt de vista que es troben les solucions a les preguntes. Qui no s'ha trobat mai amb un problema i, en intentar explicar-lo, no ha trobat la solució?

² ANDRÉ-MARIE AMPÈRE (1775-1836), físic, químic, biòleg i matemàtic francès. Després d'observar, l'any 1820, l'anomenat experiment d'Oersted, en què l'agulla d'una brúixola canviava de direcció quan un corrent elèctric passava per un cable col·locat al seu costat, va elaborar la teoria dels camps magnètics en pocs dies: un circuit pel qual passa un corrent afecta una brúixola de la mateixa manera que ho fa un imà, i per tant crea un camp magnètic. La unitat de mesura del corrent elèctric duu avui el seu nom.

FRANÇOIS ARAGO (1786-1853), físic i astrònom francès. Va fer contribucions importants per al desenvolupament de l'òptica i l'electromagnetisme.

2

Unitat i diversitat en l'enfocament basat en la investigació

- **Unitat:**³ una característica bàsica d'aquest tipus d'educació és que no es limita a mostrar resultats científics, sinó que permet als nens elaborar el seu propi coneixement: els ajuda a expressar les seves idees, exposar els seus raonaments, posar a prova les seves hipòtesis i esforçar-se a ser rigorosos. L'enfocament es fonamenta en les preguntes que els estudiants es fan sobre el món que els envolta i els ajuda a adquirir coneixements i habilitats a partir d'investigacions realitzades per ells mateixos sota la supervisió dels professors.
- **Diversitat:** la investigació realitzada pels alumnes pot estar basada en diversos mètodes, a vegades durant una mateixa sessió. Mètodes com l'experimentació directa, la producció d'objectes (construcció d'una maqueta, recerca d'una solució tècnica...), l'observació directa o assistida instrumentalment, la recerca documental, la investigació, la producció d'un programa de ràdio o una pel·lícula curta, una sortida amb la classe. Els estudiants no es limiten a observar: poden identificar, classificar, preguntar, fer projeccions, simulacions, experiments, justificar les seves eleccions, etc., i registrar les seves observacions per, més endavant, poder-les resumir.

No cal dir que aquests enfocaments són complementaris entre si i s'han de combinar de manera adequada en funció del tema d'estudi. No obstant això, sempre que sigui possible s'ha de donar prioritat a l'acció i l'experimentació directa per part dels alumnes.



³ *Enseigner les sciences à l'école*, col·lecció École, Ministeri de l'Educació Francès, Acadèmia de la Ciència i CNDP, París, 2002, 79 pàgs.

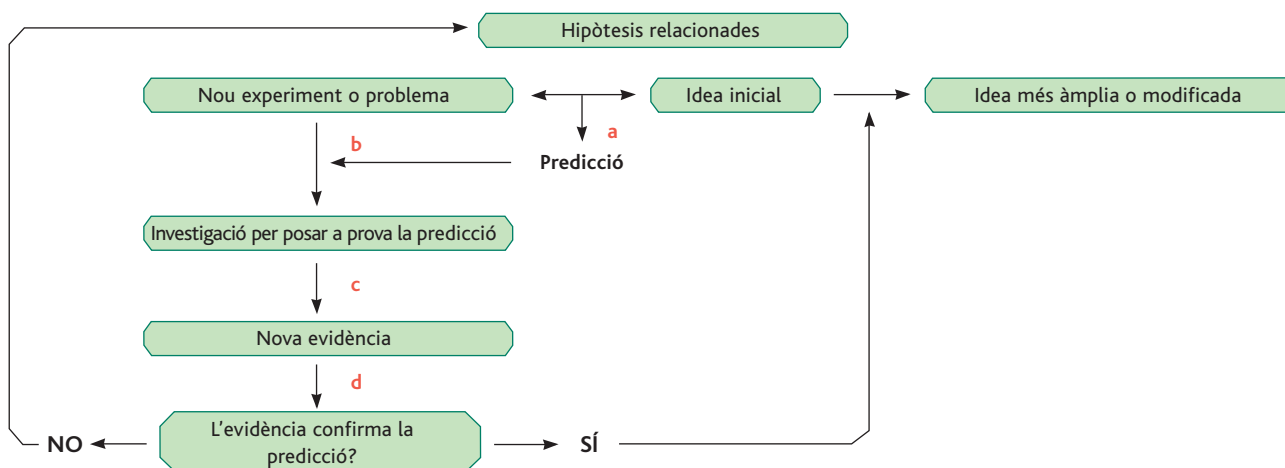


La investigació: Un procés interactiu L'enfocament pas a pas

És important assegurar-se que els estudiants **entenen allò que estan aprenent**, i no caure en el procés d'aprenentatge superficial la motivació del qual radica en ser recompensat acadèmicament i no en tenir la satisfacció d'haver après alguna cosa i, per tant, haver adquirit coneixement.

En conjunt, l'enfocament apareix resumit a l'esquema següent, que estableix un marc de treball⁴. Tanmateix, cal assenyalar que aquest marc no és un manual que hagi de seguir-se pas a pas, sinó més aviat una guia per ajudar el professor a situar més bé el que està fent.

No cal dir que, segons els temes tractats i les limitacions dels experiments plantejats (qualsevol germinació, per exemple, demanarà temps), el professor haurà d'aturar-se en algun punt del camí. Així mateix, hi ha un factor molt important que no apareix en aquest esquema: l'opció de tornar repetidament al punt 2 un cop assolits resultats al punt 4. O, dit d'una altra manera, reformular hipòtesis i fer nous experiments. A resultes d'això, poden repetir-se patrons, com es veu a l'esquema següent⁵.



⁴ Aquest marc de treball es basa en l'establert per Françoise Drouard. Trobareu el document sencer a http://ienpassy.edres74.net/article.php3?id_article=31.

⁵ W. HARLEN: "The interdependence of process and content in learning science", a Conference - IAP Workshop on the Evaluation of inquiry-based Science Education programmes (Estocolm, 21-23 de setembre de 2005).

EDUCACIÓ CIENTÍFICA BASADA EN LA INVESTIGACIÓ: UN ENFOCAMENT RAONAT

1

Començar amb una situació funcional o en un punt de partida fortuït o provocat.

Sorpresa, curiositat, interrogació



Plantejament del problema a solucionar



2

Fer servir el raonament i el coneixement disponible.

Recerca de possibles explicacions, respostes i solucions



Formulació d'hipòtesis a posar a prova o, si és el cas, confirmar en la documentació



3

En funció del tipus de problema i hipòtesis, definir un o més protocols, entre els quals es poden triar els següents:

Experimentació	Assaig i error	Modelització	Observació	Recerca documental
Planificació, variar només un factor cada vegada, recollir resultats a partir d'observacions i mesures	Planificar diverses proves, comparar resultats	Raonament basat en l'analogia, intentar utilitzar un model o maqueta	O ús de documents (imatges, dades, resultats experimentals)	Llegir documents en suport físic o en línia, entrevistar persones qualificades

Definició del protocol

4

Registrar els resultats i compararlos amb les hipòtesis posades a prova.

Confirmació o rebuig d'una o vàries suposicions



5

Resumir totes les hipòtesis confirmades o rebutjades.

Estructuració del coneixement elaborat a partir de la resposta a la pregunta plantejada



6

Comparar amb el coneixement establert.



7

Reutilitzar en una altra classe o en el marc d'una situació quotidiana.





Implementació concreta d'un enfocament basat en l'experimentació

Actualment, existeixen un gran nombre de documents, tant en suport físic com en línia, que suggereixen activitats per realitzar a classe amb els estudiants (per exemple, al lloc web de Pollen, www.pollen-europa.net, secció "Unitats d'Aprenentatge"). Sobre cada tema es proposen **mòduls relativament llargs**, que abarquen diverses sessions de classe (de 10 a 15) combinades com a seqüències científiques més que com a sessions independents. Durant diverses setmanes es treballa sobre un únic tema, i així s'evita dispersar esforços, tractar superficialment els temes i abandonar-los ràpidament. El nen ha de tenir prou temps per col·locar-se en situació de recerca i elaborar el seu propi coneixement. A l'Apèndix trobareu dos exemples de com enfocar l'aprenentatge a través d'un mòdul.

D'altra banda, cada activitat està pensada com a continuació o preludi d'una altra, encara que només sigui des del punt de vista del nen. La seqüència de conceptes és important, ja que permet al nen aproximar-se de manera gradual i progressiva a cada aspecte del tema i, d'aquesta manera, entendre les nocions clau en profunditat.

Finalment, són fonamentals l'activitat i la iniciativa dels estudiants. Si el tema ho permet, treballar en grups de tres o quatre motiva els nens a organitzar-se sols, assignar responsabilitats i comunicar-se entre ells (i així, de mica en mica, a tornar-se més independents). Quan la classe es reagrupa, cada grup és capaç d'informar sobre el que ha fet



i aconseguit, i això proporciona una bona oportunitat per aprendre a escoltar els altres, adonar-se que hi ha diverses maneres d'abordar un mateix problema, etc.

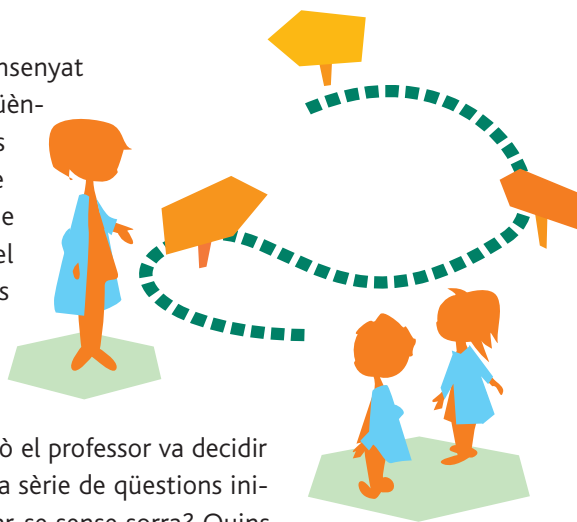
L'enfocament basat en la investigació comporta un seguit d'aspectes clau:

A. Com escollir la situació de partida

El primer pas hauria de ser escollir una àrea d'estudi que es trobi dins la vida quotidiana de l'estudiant (germinació, ombres, palanques, alimentació, circuits elèctrics, etc.), el pla d'estudis i els objectius generals adequats per als nens del grup d'edat en qüestió. Un cop seleccionada l'àrea d'interès, és important definir la sèrie de conceptes que els estudiants han d'aprendre. Fet això, és moment de començar. Però com? Quin punt de partida es pot fer servir? La situació hauria d'animar els estudiants a fer preguntes i culminar en l'exposició del problema a resoldre, amb una previsió del temps que es podria trigar. És important aconseguir plantejar el problema, perquè la ciència es construeix a partir de problemes que s'han de solucionar, no només a partir de l'observació.

● Apunt concret

Per a un professor que no ha ensenyat mai ciència o no ha ensenyat ciència d'aquesta manera, no sempre és fàcil dissenyar una seqüència progressiva i trobar situacions de partida perquè els alumnes se sentin constantment motivats a fer preguntes i dur a terme accions. Per això pot ser útil fer un cop d'ull a les activitats de mostra⁶ i posar-les a provar per adquirir familiaritat amb el mètode. Més endavant, el professor podrà determinar les seves pròpies situacions de partida.



Tornem a l'exemple del rellotge de sorra: inicialment, es va demanar als alumnes que observessin un rellotge de sorra. Però el professor va decidir ensenyar-los rellotges de durada diferent, i d'aquí va sorgir una sèrie de qüestions inicials: "Com és que un rellotge triga més que els altres a quedar-se sense sorra? Quins factors determinen el temps que la sorra triga a caure?" La situació, escollida pel professor, va ajudar els nens a fer seu el problema i formular les preguntes que el professor volia abordar.

En alguns casos, el tema es pot encetar amb una pregunta: "Com es mesura la temperatura de fusió del gel? De què està feta l'aigua salada? Com podem eliminar la sal de l'aigua?". En la mesura que totes les situacions de partida volen conduir a l'aparició d'un problema i a l'acció, és important la formulació de la pregunta inicial. Si el professor vol que els nens construeixin un teatre d'ombres xineses, per exemple, pot demanar-los senzillament que ho facin (segurament els haurà de proporcionar el material i el paper adequats), o bé preguntar-los: "Com ho podríem fer?"

⁶ Vegeu el lloc web de Pollen www.pollen-europa.net, secció "Unitats d'Aprenentatge".



B. Quines preguntes haurien de fer-se als nens i com fer-les

Aquest és un aspecte essencial. Hi ha moltes preguntes que no faciliten la realització d'activitats o el procés de raonament. Són les que W. Harlen⁷ anomena preguntes estèrils, per oposició a les preguntes significatives, que condueixen a l'activitat intel·lectual o manual –a la investigació dels nens. Les preguntes estèrils demanen sovint respostes verbals (“Com es diu això?”, “Què és una bateria?”, “Com és que el corrent circula del pol positiu al pol negatiu?”, etc.). Això no vol dir que el professor no pugui fer mai aquestes preguntes, però no són el tipus de preguntes que ajuden a posar en marxa una investigació que el nen pugui fer tot sol.

Les anomenades preguntes significatives (o “productives”) són les que plantegen un problema i desperten el raonament i les ganes d'actuar dels nens. Són preguntes que poden sorgir al començament de la sessió, perquè l'objectiu és ajudar els nens a actuar i a raonar durant tota la sessió.

Poden plantejar-se preguntes com ara: “Quines diferències i semblances veieu entre aquests objectes (o situacions)? Això és més o menys, comparat amb l'altre experiment? Pots trobar la manera de...? En la teva opinió, què passaria si...?” (és important remarcar “en la teva opinió”, ja que desinhibeix l'estudiant, que així no se sent obligat a donar la “resposta correcta”, que no necessàriament ha de saber); “Com ho podríem fer? Com explicaries el fet que...? Com podem estar segurs de...?”, etc.⁸ O, si el tema permet preguntes quantitatives: “Quants...? Quina temperatura...?”, etc.

Com diu Sheila Jelly al llibre de W. Harlen, “la clau per plantejar preguntes específiques en situacions específiques no és altra que la pràctica”. En aquest sentit, ella aconsella uns quants camins: examinar les preguntes proposades als llibres de ciències dels nens i preguntar-se si són estèrils o significatives; mirar de determinar a quin experiment científic podria conduir una pregunta; dedicar temps lliure a practicar la manera de fer preguntes significatives.

C. Prendre en consideració les idees i preguntes dels estudiants

Amb independència de la seva cultura i edat, els estudiants tenen, en general, les seves pròpies idees sobre els fenòmens que es produeixen al seu voltant, hagin o no estat tractats a l'escola. Cal estar familiaritzat amb aquestes idees, que anomenarem “suposicions”, “idees prèvies” o “concepcions inicials” dels estudiants, ja que ajuden el professor a familiaritzar-se amb la manera de raonar dels estudiants, a fer preguntes específiques per conduir les activitats i a comprovar que els estudiants han entès de veritat els conceptes. Prenent-se les seves idees seriosament i tenint en consideració les seves preguntes, el professor permet als estudiants adonar-se que hi ha idees diferents de les seves, originades en fets que ells no han considerat.

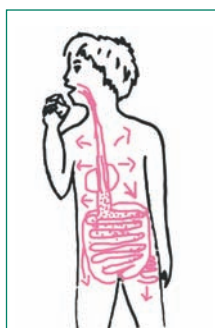
⁷ Vegeu referència a la nota 1.

⁸ Per exemple, “Com podem saber d'on ve el vent?”, títol d'una de les seqüències descrites a *Ensenyar ciència a l'escola primària*, al lloc web de Pollen, secció “Unitats d'Aprenentatge”. Tots els títols de les seqüències d'aquesta obra són exemples de preguntes significatives o productives.

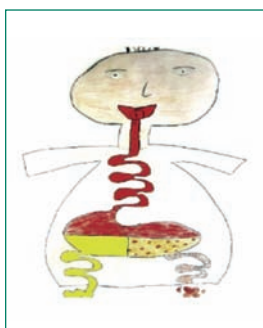
Prenem un exemple del camp de l'òptica⁹. Més que com a medi actiu, molts nens consideren l'ull com a receptor; creuen que, per veure un objecte, cal que alguna cosa es bellugui dins l'ull en direcció a l'objecte. Com els nostres avantpassats, tenen dificultats a acceptar que és la llum (invisible) que parteix de l'objecte i entra a l'ull. Els nens basen el seu raonament en el fet que la llum, enfocada directament als ulls, els deixa cecs. Necessitaran un cert temps per distingir entre mirar (per veure un objecte, òbviament, l'hem de mirar) i la llum que parteix de l'objecte i entra a l'ull.

De la mateixa manera, en el camp de l'electricitat, hi ha nens que creuen que per encendre una bombeta n'hi ha prou amb col·locar-la en contacte amb el pol d'una pila. No hi ha res com deixar-los experimentar perquè s'adonin que la bombeta no s'encén. Més endavant, els nens consideren que l'electricitat surt dels pols per entrar al circuit (alguns especifiquen que la llum s'encén quan els pols s'uneixen). És important assegurar-se que els alumnes puguin formular de manera clara aquest punt de vista, i després preguntar-los com és que quan hi ha tres bombetes en fila s'encenen totes tres.

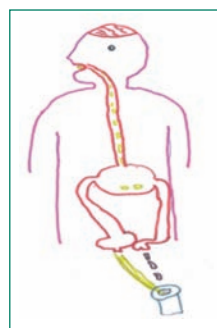
Finalment, quan es pregunta als nens què passa amb el menjar¹⁰ que s'empassen, molts diuen que existeixen dos tubs, un per als líquids i un per als sòlids. La idea es veu reforçada pel fet que hi ha dues sortides, l'anus i la uretra.



Nanjing (Xina)



París (França)



São Carlos (Brasil)

Per aquest motiu, és important assegurar-se que els nens expressin les seves idees i, a continuació, animar-los a pensar mitjançant preguntes com ara aquestes: "Què passa quan menges sopa de verdures? Mai no us ha anat a parar res al 'forat equivocat'? Què creus que significa aquesta expressió?", etc.



⁹ L. VIENNOT, 2001 *Reasoning in physics, the part of common sense*. Kluwer Academic Publisher, 2001, 248 pàgs.

¹⁰ Vegeu el lloc web de Pollen (www.pollen-europa.net), secció "Unitats d'Aprenentatge", i A. Giordan, G. De Vecchi, *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche?*, col·lecció Pédagogie et formation, Delagrave, 2002, 271 pàgs.

Bastant sovint (si bé no sempre), les idees dels nens es troben en contradicció amb les explicacions científiques dels fenòmens. Han de sorgir explicacions noves i més coherents com a resultat d'un procés que serà més engrescador a mesura que els estudiants s'adonin que les seves idees són inexactes, incompletes o contradictòries respecte a les dels seus companys; ajudant els estudiants a expressar-les oralment o per escrit; tenint-les en consideració, no jutjant-les; evitant descartar-les des del començament, encara que es considerin "incorrectes". Quan comenci el procés d'investigació, moltes d'aquestes idees canviaran.

D. Les discussions en grup

Els estudiants necessiten temps per pensar i intercanviar idees (no necessàriament a través del professor). El professor ha de prendre's les idees dels nens seriosament i, després, tenint-les en consideració, organitzar una discussió de grup perquè els alumnes s'adonin que hi ha idees diferents de les seves, originades en fets que ells no han tingut en compte (cas de la columna vertebral mencionat abans, per exemple). En alguns casos, les idees es poden posar a prova a través de l'experimentació. Aquests debats poden produir-se en diversos moments de la sessió:

- Al començament, quan els estudiants consideren un seguit de qüestions per arribar a una o més preguntes productives
- Quan els estudiants formulen hipòtesis i proposen protocols experimentals
- Quan tots els implicats han acabat els seus experiments i arriba el moment d'establir conclusions vàlides, basades en els resultats
- Quan comparen i contrasten les seves idees amb el coneixement establert (aquest últim punt serà tractat més endavant)

Obtenir més preguntes productives

Mantenir aquestes discussions no sempre és fàcil, perquè els nens poden formular preguntes estranyes. Quan se'ls demana que busquin una manera de recuperar el sucre dissolt en l'aigua, per exemple, algun nen pot suggerir: "Per recuperar el sucre dissolt en l'aigua hem de dir 'Abracadabra'". Una manera que tot surti bé consisteix a escriure totes les preguntes, suggeriments, propostes i hipòtesis a la pissarra, sense deixar-se'n cap. En funció de la pregunta, les aportacions es poden fer individualment o en grup (per exemple, desenvolupant un protocol experimental). El coneixement s'elabora tenint en consideració cada proposta i treballant-la (com a mínim, totes les que es pugui).



Durant aquesta fase, el professor no ha de donar les respostes correctes. Així mateix, ha d'evitar qualificar una resposta de correcta o incorrecta massa aviat, o crear una disputa entre dos estudiants. Ha d'adoptar l'actitud d'observador ("a veure", "ho provarem...", etc.) perquè es produeixi una autèntica discussió.

Tornem a l'exemple del sucre dissolt. Cal prendre's la idea seriosament i deixar que el nen la posi a prova i obtingui un resultat. El que veurà (junt amb els seus companys) serà que la seva idea no té cap relació amb la pregunta plantejada inicialment.

Sempre que sigui possible, caldrà ajudar els nens a adonar-se que algunes preguntes (o respostes) o bé no es poden provar, o condueixen a un cul de sac, o no produeixen res de res. També pot ser que en les discussions de grup els alumnes plantegin preguntes difícils de respondre pel professor. En aquests casos, la resposta hauria de ser del tipus: "No ho sé, però mirarem de descobrir-ho tots junts". Hi ha preguntes que es poden respondre investigant i altres que no. En el segon cas, la resposta ha de buscar-se a la documentació disponible o demanar ajuda a algun científic a través de la xarxa d'assessors científics del lloc web de Pollen (www.pollen-europa.net), secció "Línia directa".



(Nota: No podem garantir respostes a totes les preguntes. A vegades no les saben ni els mateixos científics. Per això la ciència és tan engrescadora).

E. Definició de protocols experimentals

Aquesta secció explica com ajudar els estudiants a definir processos experimentals, tenint en compte el material disponible a l'escola per, més endavant, poder interpretar-ne els resultats. Cada estudiant ha de saber exactament què està buscant (la pregunta plantejada) i reflexionar sobre el problema.

Un dels primers problemes radica en el material disponible. Existeixen diverses opcions: o bé el professor dóna al grup d'alumnes el material necessari per a l'experiment o experiments suggerits, o bé es posa tot el material sobre una taula i els estudiants treballen conjuntament i reflexionen sobre què els fa falta per executar un protocol. Arribats a aquest punt, encara hi ha més opcions (en funció del tema i de l'edat dels estudiants): o bé es pensa individualment què es vol fer i com fer-ho, o bé es fa un treball de grup durant el qual els estudiants defineixen el protocol que després proposaran i discutiran amb la classe.

● Tenir en consideració els resultats assolits per arribar a conclusions vàlides

Quan cada estudiant (o grup) ha realitzat l'experiment planejat i anotat els resultats obtinguts, aquests es posen en comú i es discuteixen amb tota la classe: "Hi ha algun dubte sobre els resultats obtinguts? És necessari repetir algun experiment? Quines hipòtesis s'han confirmat i quines no? S'han de plantejar hipòtesis i experiments addicionals? Quins?". Aquest pot ser el moment de repetir el procés des del començament, com s'ha descrit més amunt.

La utilitat de les discussions no només depèn de la capacitat d'expressió dels alumnes, sinó també de la capacitat d'escoltar. En algunes classes, pot ser que el professor hagi de participar sempre en les discussions; en altres, els estudiants poden ser capaços de debatre sols. Val la pena dedicar el temps que calgui a adquirir aquestes habilitats (sense perdre la paciència ni la determinació). És a través d'aquest procés que els estudiants de ciències es converteixen a poc a poc en ciutadans actius.

F. Organització de la classe

Abans d'embarcar-se en aquest procés, és fonamental assegurar-se que la classe està organitzada per tal de garantir la comoditat dels estudiants i del professor. Hi ha escoles que disposen d'una aula de ciències (amb prou taules perquè els nens i el professor puguin dur a terme els experiments planejats). En cas contrari, no hauria de ser un problema moure les taules i les cadires de la classe per poder treballar en equip i accedir al material fàcilment.

● El material

El material utilitzat a les escoles de primària no és, en general, gaire sofisticat: ampolles de plàstic, bosses de plàstic, bosses de paper, plantes, llavors, terra, cartró, goma, corda, tisores, clips, recipients de mides diverses, fruites, vegetals, líquids, etc. En definitiva, material normal i corrent i barat, a excepció de les piles, bombetes, termòmetres, brúixoles, una balança i una lupa binocular.

Cal assenyalar que no sempre és possible experimentar amb objectes reals. Sovint aquest és el cas de l'astronomia, però també dels estudis centrats en organismes vius. En aquests casos, el professor pot optar per la construcció de maquetes (per exemple, models físics del Sol i la Terra per entendre per què la durada del dia varia al llarg de l'any; o una maqueta dels músculs del braç per entendre per què es pot aixecar, abaixar, etc.); o pel recurs de la documentació (com en l'exemple dels ossos ja citat).

APUNT PRÀCTIC

El material pot estar disponible a l'escola, o es pot demanar en préstec a centres de recursos o a científics. El professor també pot intentar reunir el material necessari demanant-lo als estudiants i als seus pares (sovint és una opció molt efectiva).

És important que tots els estudiants puguin participar en aquest treball experimental de grup.

Les estones de treball en grup poden ser molt enriquidores si s'anima els estudiants a discutir, a contrastar punts de vista i a intentar arribar a un acord sobre una conclusió. Cada grup pot tenir un portaveu (designat pels membres del grup o pel professor) que expliqui a la classe la conclusió del grup i en què està basada.



APUNT PRÀCTIC

Dividiu els nens en grups de com a mínim tres o quatre persones. Els grups no haurien de ser més de vuit. Quan són més, es fa difícil gestionar-los i és menys probable que tots els membres del grup participin en l'activitat. Dins cada grup, assigneu una funció a cada estudiant. Les funcions poden ser assignades pel professor o bé, si la classe ho permet, pels mateixos integrants dels grups. És important que les funcions siguin rotatives. Això permet que cada estudiant s'adoni què implica cada funció, alhora que limita els efectes de les personalitats dominants i possibles actituds sexistes (per exemple, que totes les funcions de portaveu s'adjudiquin a nois o les de barreja de líquids a noies).

Un professor que intenti fer treballar els nens en grup per primera vegada es pot trobar amb serioses dificultats al començament: grups improductius, ambient molt sorollós, disputes, etc. Es tracta d'un procés d'aprenentatge en si mateix, tant per al professor com per a l'alumne. Per minimitzar aquests problemes, s'aconsella al professor assignar ell mateix les funcions, donar instruccions clares sobre el que els nens han de fer (un protocol, un pòster, un experiment, un text, una presentació, etc.), definir la durada de cada etapa i determinar un senyal per advertir de l'excés de soroll (apagar i encendre els llums, picar de mans, fer sonar un timbre o demanar als nens que recolzin el cap a la taula i tanquin els ulls un moment, per exemple). Inicialment, s'aconsella formar grups petits i dividir la feina en petites unitats de durada determinada. Més endavant, quan hagin après a treballar d'aquesta manera, els alumnes podran organitzar-se ells mateixos i el professor haurà d'intervenir menys.

G. Ajudar els estudiants a definir protocols, identificar variables adequades i entendre la necessitat de controlar les variables

Sovint, l'objectiu serà determinar de quins factors depèn un fenomen i posar aquests factors a prova, un rere l'altre. Perquè els resultats dels experiments es puguin interpretar, s'han de complir certs requisits, principalment que només varii un factor cada vegada; dit d'una altra manera, que es realitzi un experiment controlat.

Si l'objectiu és, per exemple, esbrinar què determina el temps que la sorra d'un rellotge de sorra triga a passar d'una meitat a l'altra, o, més específicament, si depèn o no de la mida del forat, és indispensable que els nens s'adonin que només ha de variar el factor que estan posant a prova, en aquest cas, la mida del forat (poden comparar dos aparells amb forats diferents). La quantitat de sorra ha de ser la mateixa, la mida dels recipients ha de ser la mateixa, la mida de les partícules de sorra ha de ser la mateixa, etc. Aquest requisit no hauria de ser imposat de manera automàtica: el professor pot deixar que els nens modifiquin diversos paràmetres alhora i s'adonin per ells mateixos que no arriben a resultats útils o comparables.

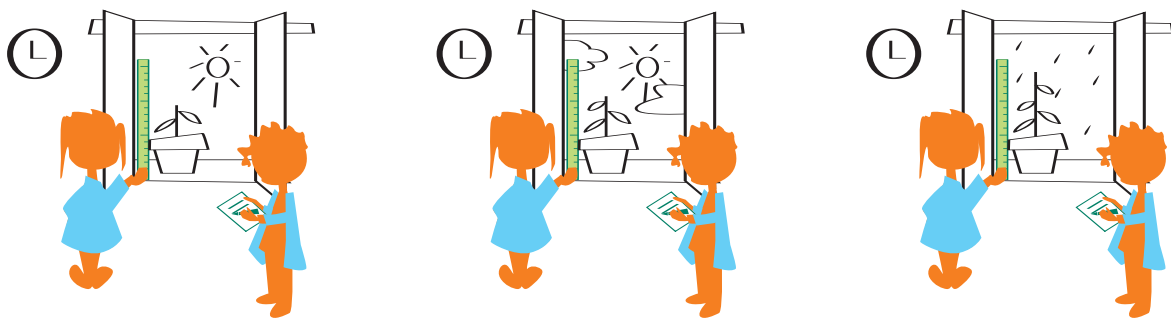
De fet, la necessitat de variar només un factor (mantenint els altres constants) no és vista com a òbvia ni tan sols per tots els adults. Un grup de professors que participava en un curs de formació, per exemple, va haver d'idear un experiment per mostrar que el fertilitzant abocat a la terra podia acabar a la superfície freàtica. Per fer-ho, van decidir fer servir dues ampolles d'aigua amb forats al fons; posar la mateixa quantitat de terra en les

dues ampolles; abocar aigua en una i aigua amb fertilitzant en l'altra; i, en un platet, recollir el líquid que sortís de les ampolles després de passar per la terra. Després s'havia de fer evaporar el líquid per veure si en algun dels platets hi quedaven residus sòlids, fet que indicaria la presència del fertilitzant. De fet, si bé alguns professors volien variar només un factor, van abocar a les ampolles no només aigua i fertilitzant, sinó també colorant alimentari. Els professors van dur a terme l'experiment amb tota llibertat, i van veure de seguida que no en podien treure cap conclusió, perquè havien variat dos paràmetres diferents (fertilitzant i colorant alimentari).

El professor no només ha de ser conscient d'aquesta qüestió, sinó estar extremament atent a classe. En un altre exemple, una classe experimentava sobre l'evaporació. L'objectiu era mostrar de quina manera un recipient obert o tancat podia afectar el procés. El professor va demanar als estudiants que dibuixessin diagrames de flux dels experiments. Com és natural, els estudiants van suggerir comparar el nivell del líquid en dos recipients, amb i sense tapa. Desafortunadament, però, alguns estudiants van suggerir que la comparació es fes amb recipients de molt poca superfície lliure, i a resultes d'això la classe es va embarcar en un experiment que no podia aportar resultats gaire útils.

Primer de tot, cal que els nens s'adonin que variar-ho tot al mateix temps no ajuda a arribar a conclusions. Si els nens fan experiments variant diversos factors alhora, per exemple, arribaran a resultats que poden ser molt diferents segons el grup. A l'hora de la posada en comú, el professor els podrà ajudar a entendre la qüestió fent preguntes pertinents. També és molt important que els estudiants disposin de les eines necessàries per definir protocols adequats. Hi ha diverses opcions: ensenyar-los a dibuixar gràfics que mostrin els valors de diversos factors, dient-los que, excepte un, tots apareixeran repetits d'una fila a l'altra; o a col·locar etiquetes en unes targetes¹¹ que indiquin:

1. La qüestió en què l'experiment se centra
2. La llista d'elements que poden variar
3. El nom de la variable que es vol fer variar
4. La llista de variables que no han de variar



¹¹ W. HARLEN, 2004. *Enseigner les sciences : comment faire ?* - col·lecció La main à la pâte, Le Pommier, 2004, 220 pàgs.



H. Prendre en consideració els resultats de cada alumne, connectar-los amb les hipòtesis inicials i resumir la informació

Després de cada estudi o experiment, és important analitzar el que s'ha aconseguit i connectar-ho amb les hipòtesis i suposicions inicials. A partir d'aquí, pot començar la discussió en grup, coordinada pel professor, que ha d'assegurar-se que tothom pugui manifestar la seva opinió i tots els punts de vista siguin respectats. Si hi ha divergències, les resoldran els resultats dels experiments i el raonament dels alumnes, no el número de defensors d'una opinió determinada ni les opinions dels "líders".

Per garantir la validesa dels resultats, el professor ha d'assegurar-se que cada experiment sigui realitzat diverses vegades, sigui pel mateix grup, sigui per dos grups diferents. Això ajuda a garantir que no s'han comès errors i, per tant, a obtenir resultats més fiables (i, indirectament, reconeix el dret a equivocar-se).

En totes les etapes prèvies el nen elabora coneixement. Però si el professor no va més enllà, aquest pot ser irregular, fràgil o passatger. L'anàlisi i el resum dels resultats de l'experiment o la recerca documental permetrà estructurar el que s'ha descobert i elaborar un coneixement fiable i significatiu. Un cop més, el procés de resum és significatiu per al nen quan aquest ha passat per totes les etapes precedents. La síntesis no pot, no obstant, conduir de cap manera certa a un coneixement inqüestionable, a no ser que, amb l'ajuda del professor, la classe compari les seves descobertes amb el "coneixement establert" o, dit d'una altra manera, allò que està escrit als llibres.

I. Comparar i contrastar amb el "coneixement establert"

L'etapa de comparació i contrast és essencial, com mostra el següent exemple real:

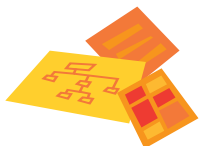
Una classe realitzava experiments sobre "barreges de líquids i sòlids" (dissolucions). Al final d'una sessió, uns quants grups van lliurar resums que deien que l'aigua i la sal no es barrejaven. El professor no va reaccionar: va considerar que aquell havia estat "un descobriment dels nens" i va planejar un tipus diferent d'activitat per a la sessió següent.

Què havia passat? Per estalviar temps, el professor havia donat instruccions sobre la quantitat de sòlid que s'havia d'utilitzar, però no sobre la quantitat de líquid. Els grups que van fer servir poca quantitat d'aigua van veure que, per més que remenessin, quedava una mica de sal al fons del recipient. Hauria estat útil que el professor hagués suggerit investigar què passava si s'augmentava la quantitat de líquid. Això hauria conduït a conclusions "correctes", és a dir, d'acord amb el coneixement establert (en aquest cas, la quantitat de sòlid que pot diluir-se en una solució no ha d'excedir un valor determinat —a temperatura normal, al voltant de 360 grams de salt comuna per litre d'aigua). És important que els professors repassin, amb l'ajuda de la bibliografia disponible, els aspectes de fons dels temes tractats.

L'enfocament recomanat als professors és semblant al recomanat als investigadors, amb algunes diferències. Els nens han de "descobrir" fenòmens i propietats naturals, experimentar i comparar conclusions entre ells, com ho fan els investigadors científics. No obstant, a diferència d'aquests, no han de descobrir fenòmens o lleis encara desconeguts per la comunitat científica: tot el que els nens aprenen a l'escola és coneixement científic ben establert.



Fer un registre



La paraula "registre" engloba diversos tipus de documents: textos, dibuixos, diagrames, gràfics, fitxes, pòsters...

Es pot demanar als alumnes que, individualment o en grup, produeixin documents escrits (textos, dibuixos, diagrames, gràfics) que siguin acceptats per tots i es facin servir a la classe com a eines d'ajuda a l'aprenentatge. A moltes escoles, cada estudiant té un quadern d'experiments que inclou tres tipus de text diferents: el text individual, el text intermig i el text de la classe (els dos primers, oberts i mínimament organitzats, almenys al començament). De mica en mica, amb l'ajuda del professor però també mitjançant l'autocrítica, l'estudiant organitza les seves anotacions, corregeix l'ortografia i aprèn a escriure de manera més efectiva.



- A. Text individual.** En funció de l'edat de l'alumne, la secció individual del quadern inclou dibuixos (sobretot en el cas dels nens de 5 o 6 anys, que encara no saben llegir ni escriure), diagrames, textos, protocols experimentals, llistes de material, hipòtesis, projeccions del que l'estudiant farà en cada sessió, informes sobre els experiments realitzats i resultats.

L'objectiu d'aquests informes escrits és ajudar l'estudiant no només a recordar, sinó a estructurar el pensament. En molts casos, és quan escrivim que aconseguim pensar i, com va assenyalar un professor, "quan els estudiants no escriuen en detall, tampoc no pensen bé en l'experiment, i a resultes d'això les discussions posteriors són poc fructíferes". És important que cada nen passi per aquesta etapa sense por de ser jutjat pel professor (per culpa d'errors d'ortografia, interpretacions incorrectes, dibuixos incomplets o excessivament elaborats, conclusions errònies, etc.) i entengui que escriure és un aspecte fonamental de l'activitat científica. Per això suggerim que, en aquesta etapa, no es jutgin les afirmacions individuals per escrit, o fins i tot que no es corregeixin. S'ha de complir un requisit, malgrat tot: el nen ha de poder sempre rellegir els seus textos.



APUNT PRÀCTIC

Determineu períodes (no gaire llargs) en què els estudiants es puguin dedicar a escriure als quaderns. Això inclou demanar-los que facin dibuixos de l'experiment, prediguin resultats, els justifiquin (per exemple, poden predir si un objecte determinat s'enfonsarà o flotarà, intentar dir per què, pensar un protocol experimental, etc.).

- B. Text intermig.** Normalment, si bé no sempre, són registres fets en grup per transmetre a tota la classe el que el grup pensa o ha fet. Per tant, els textos són formalment més elaborats, en la mesura que altres estudiants els han de poder llegir i entendre. Poden tenir diversos formats: pòsters, informes de grup, etc. En principi no han de tenir errors d'ortografia, però poden incloure dibuixos incomplets, males interpretacions o conclusions errònies.



APUNT PRÀCTIC

Sempre que treballin en grup, s'hauria de demanar als estudiants que produïssin un registre escrit específic: pòster, protocol experimental, disseny d'un model, etc.

- C. Text de la classe.** Són registres elaborats conjuntament per la classe, amb l'ajuda del professor, per ajudar els alumnes a organitzar els seus pensaments i utilitzar el llenguatge i les idees científiques correctament. Aquest text es considera "coneixement" (equival al resum que podria dictar el professor, amb la diferència que, en aquest cas, és elaborat conjuntament pel professor i pels alumnes). Aquí s'ha de fer molta atenció a l'ortografia i a la sintaxis.

Totes aquestes formes d'escriptura ajuden el nen a adonar-se dels progressos que ha fet, recordar el que ha assolit, notar el desenvolupament dels seus processos mentals al llarg de l'any o, a vegades, al llarg d'uns quants anys. D'altra banda, quan el professor llegeix els textos individuals i intermitjos, cadascú pot seguir el desenvolupament específic de l'estudiant o el grup en qüestió i adonar-se de les seves suposicions, assaigs i errors, progressos... Sovint, llegir el quadern permet al professor adonar-se que un concepte específic que ell pensava que havia estat ben assimilat per tota la classe ha estat entès de manera totalment diferent. En aquest cas el professor pot reajustar el contingut de les sessions, i, d'aquesta manera, no haver d'esperar fins al moment de la prova, que pot ser setmanes més tard. Cal anar en compte a no convertir la classe de ciència en un curs de lectura i escriptura, es pot però aprofitar que les activitats de ciència donen una oportunitat addicional de practicar l'expressió escrita i oral i millorar les habilitats lingüístiques.



APUNT PRÀCTIC





Els nens no només poden dibuixar el que observen, com ara flors, animals, el sol, el professor, etc., sinó també fer servir els dibuixos per expressar idees. Si una classe de nens petits treballa sobre les ombres, per exemple, es pot demanar explícitament als nens que mostrin com serien les ombres en el seu dibuix.

De la mateixa manera, més endavant, quan treballen sobre l'electricitat, al començament poden dibuixar una pila, o una bombeta amb cables que surtin de qualsevol lloc. Si se'ls demana que dibuixin els muntatges que funcionen (que fan que la bombeta s'encengui) i els que no (que no encenen la bombeta), s'adonaran de la importància del fusible i la punta de la bombeta.

Hi ha moltes maneres de guiar o estructurar els textos dels nens, com les que es mostren a continuació. Una manera pràctica de presentar els diferents tipus de text consisteix a fer servir tinta o paper de colors.

Hi ha professors que també utilitzen diferents codis d'imatges en funció de l'edat dels nens, com es pot veure en la següent il·lustració, i així ajuden a estructurar el quadern, tant pel que fa al seu component individual com pel que fa al seu component col·lectiu.

BARREJA DE LÍQUIDS

	Què passarà si poso aigua i xarop en un got?
	Què penso?
	Què faig?
	Què observo?



No ho sabem



No hi estem d'acord



Hi estem d'acord



Ens ho preguntem



Pensem que

Els exemples provenen de l'Escola de Montmorency (superior) i Evelyne Villard, de Mâcon (inferior).

Altres professors penegen un document més extens a l'aula, un document al qual estudiants i professors fan constants referències, com en aquest exemple:

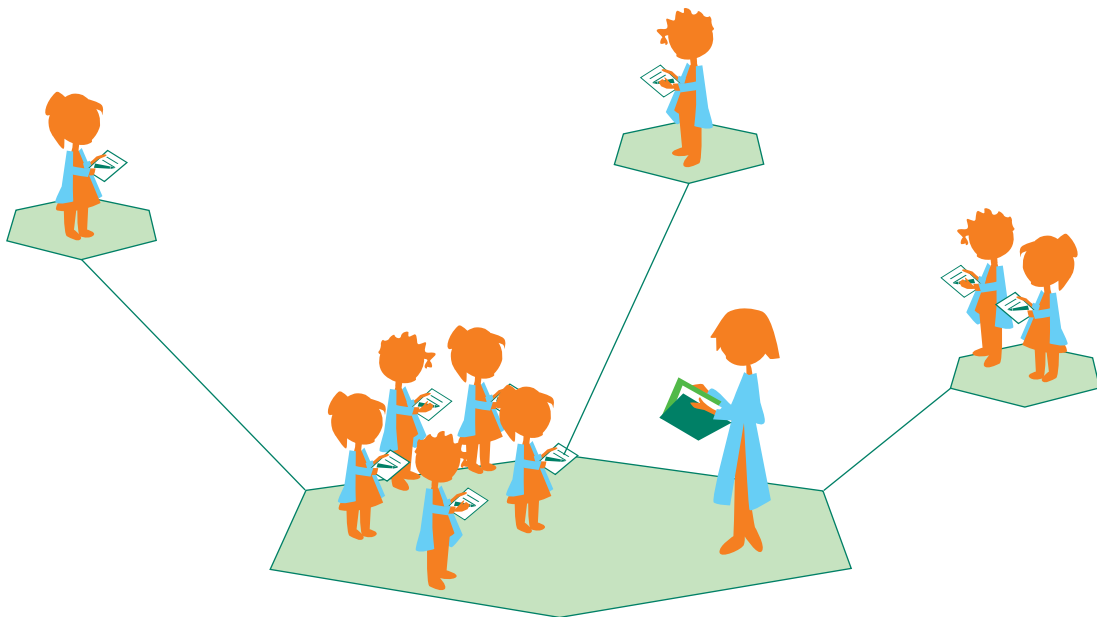
L'APROXIMACIÓ EXPERIMENTAL A LA CIÈNCIA	
Què recordem	
Experiment	
Què pensem	
Què busquem	
Què veig	
Conclusió	
Què busco	
Què faig	
Què proposem	
Què observem	
Hipòtesis	
Què proposo	
Què mesuro	
Resultats de l'experiment	
Què puc dir	
Què recordo	
Què fem Què mesurem	
Problema	
Què podem dir	
Què penso fer	
Què vull comprovar	

L'exemple és extret de la pàgina de presentació del llibre d'experiments de l'Escola de Ciències de Bergerac, França.

Connexió entre els textos individuals, intermitjos i de la classe

Dos exemples per il·lustrar aquesta connexió:

- Un professor va demanar als estudiants que mesuressin la temperatura d'un glaçó de gel durant un període de temps determinat i registressin els resultats individualment. El professor es va adonar que les dades es presentaven de manera una mica desordenada. Va combinar unes quantes presentacions en un mateix full i va demanar als estudiants que, en grups reduïts, observessin les presentacions i identifiquessin què hi faltava, què calia subratllar, com subratllar-ho. La combinació de resultats va fer possible la presentació conjunta (en forma de gràfic), i la presentació va poder ser utilitzada més endavant i fàcilment per tots els estudiants. El procés demana un cert temps, però l'aprenentatge que se'n deriva és real, com es va poder comprovar als quaderns dels estudiants, on els resultats de les mesures van quedar reflectits correctament.
- Així mateix, es pot demanar a estudiants més grans (de 9 o 10 anys) que escriguin un informe individual de l'experiment, sense cap més instrucció del professor. El resultat pot variar de manera significativa: hi haurà informes de tres línies, hi haurà dibuixos amb molt poc text, etc. També en aquest cas, el professor pot escollir uns quants informes i demanar als grups d'estudiants que treballin en un d'ells: que identifiquin què falta, què s'hauria de subratllar, etc. Els resultats poden posar-se en comú, i la classe pot treballar per determinar què s'hauria d'incloure a l'informe. També en aquest cas, encara que el procés pugui ser llarg, el resultat final val la pena.



A continuació trobareu exemples de textos individuals i col·lectius:

El de l'esquerra és un extracte del quadern d'experiments de la Sidonie. La Sidonie és una alumna de l'Escola de Bergerac. Com altres alumnes, ha observat uns rellotges de sorra i ha escrit el que ha vist i les preguntes que s'ha fet. Després, els nens han posat en comú les seves observacions i idees (text col·lectiu).

TEXT INDIVIDUAL



Relotges de sorra

Observa, compara i anota les teves idees (què veig - què penso).

1. Els grans de sorra poden ser de diferents mides.
2. Hi ha rellotges de sorra que duren més que altres.
3. Colors diferents poden fer variar la velocitat a què cau la sorra.

Els rellotges de sorra no tenen sempre la mateixa quantitat de sorra.

Sorra que cau Sorra que cau més a poc a poc

5. Sorra que cau, de la més lenta a la més ràpida:



TEXT COL·LECTIU



Relotges de sorra

Després d'utilitzar-los, observem diferències.

Problema: Com explicar que els rellotges de sorra durin més o menys temps?

Hipòtesis de la classe

Pot dependre de:

1. La quantitat de sorra.
2. L'amplada del coll del cilindre.
3. El gruix dels grans de sorra.
4. La mida del rellotge de sorra.
5. La presència de certs colorants.
6. El volum de la pols.

Per esbrinar-ho, farem alguns experiments.

Hem de construir uns quants rellotges de sorra.

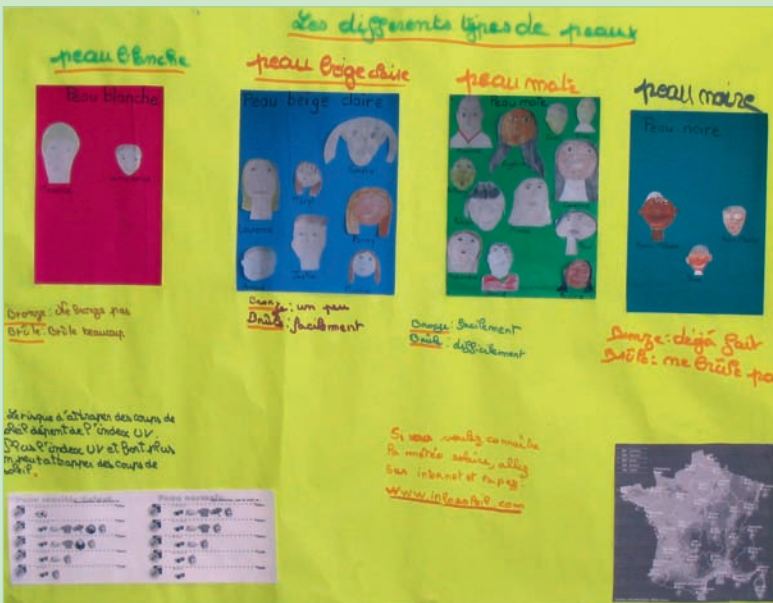
TEXT INTERMIG



Classificació del tipus de pell, característiques donades pels alumnes

Classe d'Emmanuelle Wilgenbus
Nens de 9 anys
Escola A. Pajeau, França

TEXT DE LA CLASSE



Classificació del tipus de pell, text elaborat per tota la classe

Classe d'Emmanuelle Wilgenbus
Nens de 9 anys
Escola A. Pajeau, França

6



Avaluació

Qualsevol ensenyament ha d'anar acompanyat d'una avaluació. Aquí no parlarem d'avaluacions quantitatives, és a dir, proves que condueixen a notes i a classificacions jeràrquiques. Només farem referència a l'avaluació "formativa", aquella que ajuda el nen en l'aprenentatge i que no és una prova. El professor hauria de fer atenció a com els nens fan observacions, formulen prediccions, explicacions o protocols experimentals, a fi de saber fins a quin punt han entès un concepte determinat, entendre millor les seves habilitats, etc. En aquest sentit, el quadern d'experiments pot ser un instrument molt valuós. Tanmateix, l'avaluació es pot produir en qualsevol moment, i no sempre ha d'implicar el quadern. Tornem a l'exemple de l'electricitat.

- Els nens poden tenir un full on hi hagi resumides les maneres en què una pila i una bombeta poden posar-se en contacte, i haver de respondre quines funcionen i quines no. La pregunta es pot considerar una avaluació. Un cop contestada, es pot donar als nens l'oportunitat de posar a prova els dispositius suggerits, perquè així identifiquen els seus encerts i errors i valorin el que han après.
- Una altra opció és que, en grups, els nens dissenyin muntatges elèctrics senzills i dibuixin tots els resultats, inclosos els muntatges que no funcionin. Després, es pot demanar als altres grups que comprovin si són correctes construint els muntatges dibuixats, i així donar als nens l'oportunitat de mostrar clarament què han assimilat i què no tenen clar.

Aquest tipus d'avaluació és molt efectiva si el professor la fa servir per millorar la seva tasca educativa, proporcionar *feedback* als estudiants, permetre que els estudiants s'autoavaluin, que s'involucrin en el procés de presa de decisions sobre com continuar a partir d'un punt, etc.



Preguntes més freqüents

Preguntes que els professors acostumen a fer¹²:

1. Quina és la millor manera d'encetar un tema?

Sovint es diu que qualsevol activitat basada en la investigació ha de tenir molt en compte els interessos del nen. Això no vol dir que les àrees d'interès del nen hagin de ser necessàriament el punt de partida. Igualment, en el cas en què només hi hagi un nen interessat en el tema, no es pot garantir que tota la classe es mobilitzi. Un tema es pot encetar de manera relativament artificial, sempre i quan les preguntes engresquin els estudiants.

2. Als quaderns d'experiments s'han de tolerar les faltes d'ortografia?

Quan es deixa que els estudiants escriguin informes, és previsible que cometin errors, sobretot d'ortografia i gramàtica. Són normals i reflecteixen el fet que els nens no poden fer el que encara no han après. Si el professor fa correccions, és poc probable que tot plegat afavoreixi el progrés de l'estudiant. És preferible demanar a l'estudiant que ell mateix corregeixi el que ha escrit. No obstant, en aquest cas el risc és que les sessions de ciència es converteixin en classes d'ortografia i que els estudiants es cansin o s'inhibeixin. Per aquesta raó, és necessari un cert grau de tolerància. Però anar massa lluny en aquest sentit també podria deformar la visió dels nens, fer que creguessin que només cal fixar-se en l'ortografia, a les classes de llengua. Això els privaria d'una oportunitat addicional de fixar-se en l'ortografia, que se suposa que han de conèixer i respectar. Per garantir que els nens dominin l'ortografia al final de l'escola primària, cal dedicar-hi atenció constant, també durant les activitats de ciència.

L'habilitat del professor consisteix a plantejar exigències raonables als estudiants:

- Prou elevades com per no tolerar textos que no respectin res del que l'alumne ha après o està aprenent en el camp de la llengua: l'objectiu és desenvolupar els reflexos lingüístics i la capacitat d'escriure de l'estudiant.
- Que trobin un punt d'equilibri, perquè no hi hagi estudiants que deixin de tenir ganes d'escriure, fet que s'observa sovint a les classes de ciència.

Nota: S'aconsella informar els pares de les "regles del joc" del quadern d'experiments perquè no interpretin la presència d'errors com a conseqüència d'un excés de relaxament o fins i tot d'una falta de competència del professor.

¹² Preguntes i respostes extretes de *Guide des formations adaptées à la mise en œuvre des programmes rénovés de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire*, Ministeri d'Educació Francès, i del document on-line següent: http://gdes74.edres74.ac-grenoble.fr/rubrique.php3?id_rubrique=30.

3. Com puc treballar a partir de coneixements ja adquirits quan els estudiants vénen de classes diferents?

Una opció és fer ús de les eines que ja existeixen per garantir la continuïtat entre les classes, o fins i tot entre les escoles. El quadern d'experiments que l'estudiant fa servir durant tota la seva escolaritat és una d'elles.

Els quaderns dels professors, les mateixes seqüències o els plans de treball també ajuden a garantir la continuïtat i mantenen informats els professors sobre el que els alumnes ja han fet.

Finalment, a les mateixes sessions sovint es presenten oportunitats per plantejar qüestions o fer preguntes sobre un únic tema, i així aconseguir que nens amb coneixements diferents treballin sobre el mateix.

4. Com puc descartar raonaments incorrectes sense excloure els seus autors?

Aquesta pregunta planteja la qüestió de com una idea i la persona que l'expressa sovint es confonen. Part de l'esperit de l'activitat científica consisteix a distingir entre un contingut (una hipòtesis, per exemple) i qui produeix aquest contingut (la persona que formula la hipòtesis). Podria dir-se que tenir esperit científic seria reconèixer l'assaig i l'error com a gairebé un dret fonamental, resultat d'un procés mental sempre justificat, encara que resulti ser inexacte o incomplet. Així, correspon al professor no tenir sempre en consideració totes les suposicions incorrectes, però també evitar rebutjar-les totes. Algunes poden ajudar a tirar endavant. A més, la relació existent a la classe entre tots els individus presents hauria de permetre abarcar totes les propostes i tractar-les de manera que no fos jutjada la persona, sinó qüestionat el coneixement implícit en la seva proposta.

5. Què puc fer si els alumnes no fan preguntes?

Les preguntes poden ser formulades pel professor, però en aquest cas han de ser prou obertes com per no inhibir els estudiants, i prou complexes com perquè aquests no trobin la resposta immediatament (vegeu més amunt).

6. Què puc fer si un estudiant dona immediatament la resposta a la classe (per exemple, durant una discussió)?

Considerar-la una hipòtesis, com qualsevol altra. Que un estudiant doni la resposta no impedeix el debat ni l'experimentació. Cal continuar neutral.

7. Demanar que els estudiants formulin hipòtesis és una idea interessant, però no hi ha el risc d'acabar amb un gran nombre d'hipòtesis diferents? S'haurien de posar totes a prova? És possible fer-ho?

És important posar totes les hipòtesis sobre la taula, però en principi no és desitjable provar-les totes. Les hipòtesis s'han de discutir. Mentre s'ordenen i es tracten, es pot anar explicant als estudiants que hi ha hipòtesis que no es poden provar; que altres es poden descartar a través del raonament, etc.

Algunes hipòtesis es poden deixar de banda temporalment, mentre altres es posen a prova. A vegades, l'experimentació farà innecessari recuperar hipòtesis inicialment descartades.

8. Què puc fer per controlar el soroll, la sobreexcitació o els disturbis sovint provocats per l'activitat experimental?

- Aprendre a comportar-se correctament no és un procés exclusiu de la classe de ciència. Cal una pràctica regular. El professor ha d'haver establert objectius comportamentals i esperar un progrés dels estudiants.
- Però els objectius han de ser adequats al comportament inicial dels estudiants i a la seva edat. Així, el professor ha de triar l'activitat experimental d'acord amb el comportament de la classe.
- Cal garantir un entorn adequat i proporcionar material i temps suficients als estudiants. Al començament, l'etapa experimental ha de ser curta (és important poder parar, encara que alguns grups no hagin acabat).
- S'ha de fer referència constant a les regles de la classe. Mostrar als alumnes que el professor hi és, moure's al voltant de les taules. No rendir-se.
- Els estudiants han de poder experimentar. L'experimentació és fonamental perquè els estudiants pensin.

9. Els nens no saben treballar en grup. Això no fa molt difícil la classe de ciència?

- Per desenvolupar la capacitat de cooperació, comenceu pel treball en parelles.
- El treball en grup ha de ser considerat un procés d'aprenentatge en si mateix.
- No tingueu por de moure taules i cadires perquè els estudiants puguin treballar amb comoditat. Assigneu una funció a cada membre del grup (president, secretari, responsable del material, etc.).
- No tingueu por de tirar endavant, encara que les primeres sessions no es desenvolupin perfectament: és el preu que es paga per aprendre.
- Establiu un seguit de normes que els nens hagin de complir, com per exemple:
 - els rols o funcions;
 - un horari determinat;
 - instruccions: què han de fer i produir els nens;
 - un senyal per advertir la classe de l'excés de soroll;
 - que les demandes fetes als grups variïn (produir un text, pòster, informe, hipòtesis, fer una recerca documental).



Apèndixs





Apèndix 1

Seqüència de mostra: circuits elèctrics (a partir de 8 anys)

Pas 1: Com encendre una bombeta amb una pila plana de 4.5 V i sense cables.

Aproximació inicial al concepte de circuit tancat, amb èmfasis en la importància de les connexions.



Pila plana de 4.5 V (Si no hi ha manera d'obtenir aquesta pila, passeu al pas 2.)

Pas 2: Com encendre una bombeta amb una pila plana i cables.

Segona aproximació al concepte de circuit tancat.

Pas 3: Com encendre una bombeta amb una pila rodona i aprendre què hi ha en una bombeta.

Tercera aproximació al concepte de circuit tancat: cadena continua de conductors disposats en bucle.

Pas 4: Com encendre i apagaruna bombeta sense tocar els cables. Interruptors: disseny i funció.

De seguida que un circuit s'obre, la bombeta deixa de cremar. Consolidació del concepte de circuit tancat.

Pas 5: Com encendre i apagaruna bombeta sense tocar els cables. Interruptors: disseny i funció.

Es proporciona als alumnes diferents piles i bombetes, algunes que funcionen i altres que no, identificar les que funcionen i les que no; o bé: observar una sèrie de circuits amb diverses bombetes i veure què passa quan se'n desconnecta una.

Pas 6: Com determinar si l'electricitat està produint un curtcircuit.

Conceptes de conductors i aïllants, i la seva aplicació a problemes de seguretat.

Pas 7 (opcional): Com garantir que, quan es retira una bombeta d'un circuit, les altres no deixin de funcionar.

Conceptes de circuits paral·lel i en sèrie.

Pas 8: Diverses aplicacions:

- fabricar un pallasso amb un nas vermell que s'il·lumini quan els seus braços es toquin. (*Consolidació dels conceptes de circuits tancat i obert*).
- dissenyar un joc de preguntes i respostes. (*Consolidació dels conceptes de circuits tancat i obert*).
- il·luminar una caseta de nines.
- fer que cada grup de nens dissenyi circuits elèctrics amagats i demanar als altres nens que identifiquin el circuit "amagat".

Apèndix 2

Seqüència de mostra, per a nens de 8 a 11 anys dins el mòdul “En què es transformen els aliments que mengem?”

Pas 1: Menjar (una poma o una mica de pa, per exemple).

Observar i descriure què passa i que se sent en mastegar.

Aproximació inicial al concepte de digestió.

Pas 2: Beure (aigua, per exemple).

Dibuixar el camí que el menjar segueix dins el cos tal com els nens se l'imaginin.

Aproximació inicial al concepte de flux intestinal.

Pas 2b (opcional): Disseccionar un animal (un conill o un pollastre, per exemple).

Localitzar on es troba el menjar digerit.

Consolidació dels conceptes de digestió i flux intestinal.

Nota: En alguns països, les disseccions a les escoles estan prohibides per les autoritats educatives. On no ho estiguin, es pot dur a terme aquesta activitat.

Pas 3 (opcional): Veure una pel·lícula que mostri el camí que segueix el menjar dins el tub digestiu

Consolidació del concepte de flux intestinal.

Pas 4 (opcional): Produir un model basat en una vista de perfil del cap, amb elements de cartró mòbils i enquadernadors de passador, que permeti reproduir el moviment d'empassar.

Consolidació del concepte de flux intestinal.

Pas 5: Reproduir amb boles de ping-pong i mitges de niló la manera com el menjar es mou de la boca als intestins.

Consolidació del concepte de flux intestinal.

Pas 6: Comparar la massa dels residus que surten del cos amb la massa del menjar que hi entra, si es possible amb animals de granja, i formular hipòtesis per explicar les diferències observades.

Aproximació inicial al concepte d'absorció intestinal.

Pas 7: Reproduir el pas del menjar a través de la paret de l'intestí cap a la sang fent servir una mitja de niló i una barreja d'aliments (per exemple, una poma tallada a trossos de diferents mides suspesa en aigua) i un tanc per recuperar el que surt al final.

Consolidació del concepte d'absorció intestinal.

En total, durant el mòdul s'exploren tres conceptes biològics:

1. **Digestió** (o la transformació del menjar en parts molt petites).
2. **Flux intestinal** (o el moviment del menjar en el seu procés de transformació de la boca a l'anús).
3. **Absorció intestinal** (o el pas del menjar a la sang, un cop el menjar és prou petit, a través de les parets de l'intestí –les parts més grosses que queden atrapades a l'intestí són eliminades a través de la femta).

Per a més informació...

Coordinadors:

Bàrbara Mayoral [barbara.mayoral@paueducation.com]

Clàudia Alsina [claudia.alsina@paueducation.com]

Tel.: 933 670 400

Fax: 934 146 238

Formadors:

Lluís del Carmen [lluis.carmen@udg.es]

Lídia Ochoa [lidia.ochoa@udg.es]

Tel.: 972 418 322

Fax: 972 418 301



El consorci europeu Pollen

École Normale Supérieure (FRANÇA) • Université Libre de Bruxelles (BÈLGICA) • Universitat de Tartu (ESTÒNIA)
Freie Universität Berlin (ALEMANYA) • Consortium Innovazione Formazione Ricerca Pedagogica (ITÀLIA)
Universitat d'Amsterdam (PAÏSOS BAIXOS) • Ciência Viva (PORTUGAL) • P.A.U. Education (ESPANYA)
Reial Acadèmia de Ciències (SUÈCIA) • University of Leicester (GRAN BRETANYA)
Apor Vilmos Catholic College (HONGRIA) • Universitat de Ljubljana (ESLOVÈNIA)

www.pollen-europa.net

Amb el suport de:



COMISSIÓ
EUROPEA



SIXTH FRAMEWORK
PROGRAMME