



## Reflexions entorn els continguts de la dimensió metodològica

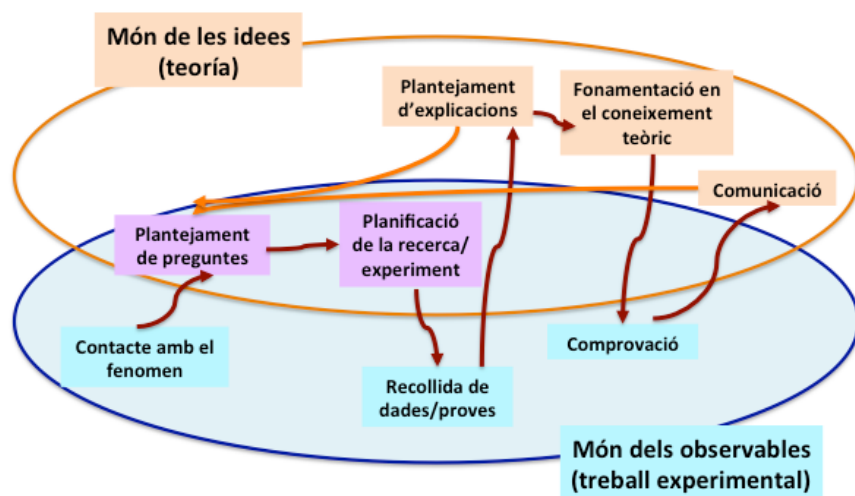
### a) Idees clau

La **dimensió metodològica** de la competència científica fa referència a l'aprenentatge de les diferents capacitats que l'alumnat hauria de desenvolupar per fer ciència i per aprendre sobre la ciència.

Actualment s'està consolidant el concepte d'indagació per referir-nos a aprenentatges relacionats amb aquesta dimensió. Per **indagació** s'entén qualsevol procés que té per objectiu la construcció de models teòrics i resoldre dubtes o solucionar problemes, a partir de buscar dades i evidències que possibilitin posar a prova les idees inicials, reconstruir-les i fer-les créixer.

Comporta l'aprenentatge per part de l'alumnat de capacitats cognitives i tècniques relacionades amb comprendre i ser capaços d'aplicar els mètodes utilitzats per la ciència per donar resposta a les preguntes que es van generant. Tot i que aquestes capacitats estan força ben consensuades, en un procés d'investigació no hi ha un ordre predeterminat en la seva aplicació, ni una metodologia científica única.

L'aprenentatge de les ciències sempre necessita d'un treball experimental que possibiliti la recollida de proves o evidències. Sense experimentació no es pot dir que es faci ciència a l'aula ni, per tant, que s'apregui ciències. Però aquesta experimentació, perquè sigui fructífera per construir



per construir coneixement científic, caldrà que estigui ben connectada amb la teoria que la fonamenta. Indagar comporta interrelacionar el món de les idees i el món de les observacions<sup>1</sup>, i regular que hi hagi coherència entre unes i altres amb l'objectiu de construir models teòrics que permetin predir o explicar nous fets.

La regulació es fa a partir de contrastar les idees i les observacions, expressant-les utilitzant llenguatges i modes comunicatius diversos. Cal recordar que les persones científiques generen teories i les van millorant tenint en compte tant les proves recollides a partir del treball experimental com dels debats entre iguals en congressos i altres trobades, així com de l'escriptura i lectura d'articles.

En el quadre següent es recullen les principals característiques d'un procés d'indagació. Com es pot observar aquest procés no és lineal i els camins poden ser diversos. A

<sup>1</sup> Per ampliar a: Simarro, C., Couso, D., & Pintó, R. (2013). Indagació basada en la modelització : un marc

vegades es parteix de l'observació i d'altres de la teoria, però aquesta és un referent imprescindible en qualsevol de les fases ja que estan totes interconnectades.



Com a motor d'aquest procés d'indagació hi ha l'avaluació que es du a terme a partir de la interacció entre els membres del grup classe, atès que constantment s'ha d'anar regulant les prediccions, la planificació de la recollida de dades i informacions, l'anàlisi dels resultats i les maneres de comunicar tot el procés i, en relació a tots aquests elements, el model teòric que es vagi construint.

La finalitat de tots aquests aprenentatges és bàsicament la de formar ciutadans amb capacitat per valorar si el coneixement que impregna moltes de les informacions que arriben a partir dels mitjans de comunicació s'han obtingut utilitzant els procediments apropiats i si estan ben justificades, és a dir, la d'analitzar-les críticament i plantejar alternatives.

## b) Seqüenciació al llarg de l'escolaritat bàsica

Els nens i nenes, des de ben petits, haurien de treballar les ciències a partir d'una metodologia en la que la indagació fos una de les estratègies bàsiques d'aprenentatge. Per tant, hauran d'anar desenvolupant, poc a poc, les diferents capacitats que possibiliten ser competent a l'indagar i això comporta que a cada nivell educatiu es vagi aprofundint en els aspectes que les caracteritzen.

- En un *primer estadi* els alumnes comencen a respondre les qüestions que es formulen sobre objectes i fets propers, a partir d'explorar i fer observacions utilitzant els sentits. També comencen a reconèixer que hi ha unes preguntes i respostes millor que d'altres i s'inicien en fer observacions sistemàtiques, en descriure-les, en fer comparacions i classificacions, i en identificar canvis. Per observar ho fan a ull nu o utilitzant la lupa de

mà i comencen a reconèixer alguna regularitat (en les formes, en característiques dels organismes vius, en propietats dels materials, en canvis -com el dia i la nit-, etc.). També conversen sobre les observacions realitzades i comparteixen les seves idees verbalment, amb gestos i utilitzant el dibuix. A més precisen maneres de parlar dels fets i d'explicar-los utilitzant un llenguatge científic apropiat per l'edat (per exemple, el sucre no es "desfà" sinó que es fon –canvia d'estat- o es dissol –es dispersa en l'aigua-, dos fets ben diferents). Per tant, caldrà afavorir que tant les preguntes com les respostes siguin coherents amb les seves observacions i vagin deixant de banda les que són "màgiques", tot escoltant-se, comparant i col·laborant en la recollida de dades o en l'elaboració de maquetes, pòsters o en d'altres activitats i produccions.

- En un *segon estadi* els alumnes continuen plantejant preguntes sobre fets i objectes familiars, i pensen maneres de respondre-les a partir de fer prediccions. S'interessen especialment en com s'obtenen els objectes, els aliments, les màquines..., del seu univers proper. Comencen a participar en diferents investigacions guiades, tenint cura d'algun ésser viu, mantenint aquaris o terraris, manipulant materials, proposant idees i accedint a fonts d'informació (fotos, vídeos...). Identifiquen al menys una variable, i comencen a utilitzar instruments com la lupa binocular, la balança, el cronòmetre, el termòmetre i la màquina fotogràfica per recollir dades. Mesuren aplicant unitats arbitràries (dits, mans, monedes...) i també, si en disposen, amb l'ajuda de tecnologies digitals (sensors). Ordenen les dades i informacions recollides per mitjà de dibuixos i taules, i reconeixen noves regularitats (en la dentició, entre fulles, en la reversibilitat dels canvis d'estat, en diferents moviments...) i relacions entre accions i efectes. Comparen oralment les seves observacions amb les dels altres i amb les prediccions fetes, i a més utilitzen el dibuix, el llenguatge corporal i les maquetes per comunicar les seves idees.
- En un *tercer estadi* els alumnes, amb ajuda, comencen a identificar preguntes que poden ser investigables científicament i fan prediccions del que pot passar en funció dels coneixements que ja tenen. Identifiquen diverses variables, proposen hipòtesis senzilles i suggereixen camins per planificar i realitzar investigacions per donar-hi resposta. Utilitzen la brúixola, instruments per mesurar -cinta mètrica, balança, provetes, dinamòmetre i termòmetre-, i d'altres estris i materials de laboratori (per exemple, per fer disseccions) aplicant normes de seguretat i fent-ne un ús sostenible. Construeixen taules i gràfics de barres per representar dades i identificar regularitats i tendències. Comparen els resultats obtinguts i informacions recollides amb les seves prediccions i suggereixen possibles raons per explicar els resultats relacionant algunes causes i conseqüències. Representen i comuniquen les seves idees i conclusions a partir de diagrames, maquetes i informes senzills, utilitzant eines TIC. Treballen de manera cooperativa, s'autoavaluen i reconeixen en què poden millorar.
- En un *quart estadi* (final de primària) els alumnes plantegen preguntes per resoldre problemes pràctics o per orientar una investigació científica i prediuen possibles resultats que poden trobar. Amb ajuda, decideixen quines variables fixen i quina ha de variar, i planifiquen un mètode aplicable per obtenir bones proves. Cerquen informació, utilitzant fonts com Internet i llibres, i amb ajuda l'analitzen críticament per concloure sobre la seva rellevància científica. Comencen a utilitzar el microscopi, i mesuren i recullen dades acuradament, utilitzant tecnologies digitals apropiades si en disposen. Actuen de manera sostenible ambientalment, apliquen les normes de seguretat acordades i identifiquen riscos potencials. Construeixen una varietat de representacions incloent taules i gràfics de diversos tipus per representar i descriure observacions, regularitats i relacions entre dades, fent servir també les TIC. Utilitzen evidències per argumentar si els resultats obtinguts confirmen les prediccions o hipòtesis plantejades i diferencien una observació d'una inferència. Comuniquen idees, explicacions i processos realitzant informes que inclouen una varietat de recursos multimodals, justificant teòricament les conclusions que expressen. Cooperen en la realització del

procés d'indagació, es coavaluen i es regulen suggerint i argumentant possibles millores tant de la metodologia aplicada com del seu procés d'aprenentatge.

### c) Aprofundiment en les idees bàsiques i en les “bones” preguntes

En aquest apartat es fa un breu resum dels aspectes bàsics a treballar per promoure el desenvolupament de la capacitat indagadora de l'alumnat (veure esquema anterior), les seves intuïcions i dificultats més habituals, i propostes per ajudar a desenvolupar-la.

#### c.1 Definició d'una proposta sobre la que indagar

Al treballar sobre una temàtica determinada serà important promoure que el grup-classe es preguntí quelcom que sigui problemàtic i significatiu per a la construcció del model teòric que es vol ajudar a construir. Per tant, ha de ser un problema sobre el qual es pugui arribar a elaborar una explicació fonamentada en un coneixement científic, tot establint relacions amb sabers anteriors.

La proposta hauria de ser suficientment oberta per promoure la expressió d'idees i explicacions diverses, de manera que es pugui despertar en l'alumnat la necessitat de trobar dades que possibilitin deduir si hi ha coherència entre els propis models d'explicació i les proves obtingudes.

Això comporta apropiat-se del problema, fer-se preguntes i arribar a un acord sobre quina guiarà la recerca. De fet se'n poden plantejar moltes de diferents sobre un mateix fenomen. Així, per exemple, si estem fent pa ens poden interessar les variables que influeixen en el seu sabor o els factors que condicionen en l'activitat del llevat. En el primer cas, el referent teòric és la funció de relació  $i$ , en el segon, serà les condicions de vida d'un microorganisme. Al mateix temps, a partir d'un mateix referent teòric podem formular preguntes de diferents tipus que condicionaran el procés per donar-hi resposta. Per exemple:

- *Faran la mateixa llum les dues bombetes?* (comparant dos circuits, un amb una bateria i l'altre amb dues en paral·lel), és una pregunta en la que es fa una predicció a partir d'idees prèvies, possiblement alternatives, que s'ha de comprovar experimentalment.
- *La llavor és un ésser viu?* és una pregunta que parteix del coneixement que es té que de les funcions que caracteritzen els éssers vius, i per donar-hi resposta ens cal comprovar experimentalment si la llavor les compleix.
- *Com és que una joguina de ferro s'ha rovellat?* és una pregunta que per respondre-la obliga a transformar-la en: *quines condicions afavoreixen que el ferro es rovellí?*, ja que precisa que es plantegin hipòtesis i s'apliqui un procés per contrastar-les.

La pregunta que dona peu a aplicar un procés d'indagació no té perquè sorgir a l'inici de l'aprenentatge d'un tema, sinó que sovint es planteja quan ja se n'ha parlat, és a dir, s'han recordat altres fenòmens similars o fets quotidians relacionats, i s'ha aprofundit una mica en els coneixements científics que ja es tenen. Els estudiants necessiten temps per familiaritzar-se amb el problema i anar desenvolupant l'esperit indagador. Per exemple, la pregunta *Com és que la joguina s'ha rovellat?* sorgirà quan, per exemple, tot treballant sobre els metalls, recordem o observem una joguina de ferro rovellada, però no s'hauria pogut plantejar a l'inici d'un projecte o unitat didàctica.

La pregunta ens pot portar a fer prediccions o a plantejar hipòtesis.

- Una **predicció** és una verbalització d'allò que es creu que pot passar a partir de la pròpia intuïció o de dades i coneixements previs, i és científica si es pot verificar. Els temps verbals prioritzats són el futur, el subjuntiu i el condicional. Aquest darrer temps serveix per remarcar el fet que la previsió no s'ha d'acomplir necessàriament. Si es fan prediccions -encara que siguin errònies-, sempre haurien d'estar fonamentades en algun coneixement (*"Com sabem que... creiem que..."*, o *"En funció del que saps sobre ... -idea x-, quina és la teva predicció sobre què succeiria quan ...?"*). Per exemple, una predicció ben plantejada (tot i que es refutarà a l'indagar) seria: *"Com sabem que una bateria proporciona energia perquè la bombeta s'il·lumini, creiem que a més bateries la bombeta sempre farà més llum"*.
- Una **hipòtesi** és també una predicció en la que, a més, s'explicita la relació entre dos variables que ens porta a una possible deducció dels resultats. La formulació d'una hipòtesi necessita de la identificació de possibles variables que intervenen en el fenomen objecte d'estudi, diferenciant la dependent, la independent i les que es controlen. Una manera d'escriure-la és en base a la fórmula *"Com sabem que... (coneixement de referència), aleshores quan... (variable independent) observarem que... (variable dependent), sempre que no canviïn... (variables control)"*. Per exemple: *"Com pensem que el ferro es rovella en contacte amb l'aigua, llavors si posem un clau a dins d'un got d'aigua es rovellarà més que a fora de l'aigua en un mateix període de temps"* (però també podríem pensar que la variable important és la presència d'oxigen a l'aigua, la temperatura, l'acidesa o la salinitat). Una hipòtesi ben plantejada ens orienta sobre com seleccionar el mètode i instruments més adequats per donar resposta al problema. Al contrastar hipòtesis es contrasten models teòrics.

La **variable independent (VI)** és la que es modifica per poder determinar la seva influència sobre un procés d'indagació concret. Per exemple, si creiem que *l'oxidació del ferro depèn de l'aigua*, aquesta és una VI diferent de si pensem que depèn de *l'oxigen –que hi ha a l'aire o dissolt a l'aigua-, la temperatura o l'acidesa*.

La **variable dependent (VD)** és la que ens evidencia els resultats dels canvis en la independent. Per exemple, si en funció de cada VI *el clau es rovella més o menys*.

Les **variables controlades** són les possibles VI que en cada experiment s'han de mantenir constants, ja que només se'n selecciona una, que és la que volem saber si influeix en els resultats. Per tant, són les variables que es mantenen igual al llarg de tot l'experiment. *Per exemple, en el cas de l'oxidació del ferro, si seleccionem com a VI l'aigua, haurem de mantenir constant en les diferents mostres el "tipus" de ferro, la temperatura, l'acidesa, la salinitat, la presència d'oxigen, el temps...* Tot i així, cal tenir en compte que a vegades el problema és més complex i les variables són interdependents. I també a vegades parlem de fer una prova en "blanc" per referir-nos a un experiment en el que en una de les proves no es fa actuar la variable VI objecte de la investigació. *Per exemple, si volem saber si les mans tenen més microorganismes en funció del seu grau de netedat, hauríem de fer proves en les que posaríem empremtes dels dits més o menys nets en diferents càpsules Petri amb agar-agar i també una prova "en blanc" en la que tan sols hi hagués l'agar-agar (per comprovar que només amb aquest aliment no creixen microorganismes).*

En general, serà important estimular l'alumnat que vagi més enllà d'una predicció i es plantegi hipòtesis investigables. Per fer aquest pas és necessari ajudar a pensar en les possibles variables que poden influir en el fenomen objecte d'estudi i clarificar quines poden ser importants a indagar. El professorat, amb les seves preguntes pot afavorir-ho.

Alguns exemples són: *Sabent que..., quins resultats preveiem obtenir d'aquest experiment? En què podríem fonamentar (coneixements o altres observacions fetes) aquesta predicció? Quines dades o quines proves pensem que obtindrem fent aquest experiment? Volem saber per què s'han mort els peixos de l'aquari i ens preguntem: Quines variables podríem investigar? És una hipòtesi que podem comprovar?* (per exemple, si diuen que els han cuidat malament és una variable difícilment investigable); també es pot donar un guió de treball experimental i es pot preguntar sobre: *Quina és la hipòtesi que es pot comprovar mitjançant aquest experiment? Quin factor o factors modificaràs al llarg de l'experiment (VI)? Quins resultats observaràs en el procés d'experimentació (VD)? Com l'observaràs o determinaràs? Com t'asseguraràs que els resultats depenen de la VI que has seleccionat? Quin és el control de l'experiment? Quines variables hauràs de controlar per assegurar que l'única diferència és la VI?*

## c.2 Planificació de la recerca.

Les prediccions i hipòtesis es poden provar a través de camins diversos, ja sigui a partir d'experiments i tècniques variades que ens possibiliten **observar i mesurar** directament, ja sigui analitzant dades anteriors (que es poden trobar en **fonts documentals** diverses), però la primera i més bàsica condició que s'ha de tenir en compte en la planificació del procés de recollida de dades és que el disseny de la recerca s'ha d'ajustar a la predicció o a la hipòtesi a indagar. Per tant s'ha de dedicar temps a discutir i consensuar com es faran les observacions o la recollida de dades, com es posaran a prova les variables que es consideri necessari tenir en compte, una darrera l'altra, i com s'adaptarà el procediment als instruments i materials que es tenen a l'abast. Per exemple, no és fàcil trobar el procediment idoni per mesurar el pes de l'aire o si una llavor necessita respirar per germinar, i cal avaluar els avantatges i inconvenients de cada possible mètode. Prendre aquesta decisió requereix temps.

Quan les dades que es recullen provenen de l'**observació** s'ha de tenir present que la mirada sovint està condicionada per les idees prèvies. En l'exemple de predicció que els nois i noies acostumen a plantejar dient que *"en un circuit elèctric, com més bateries hi ha la bombeta sempre farà més llum"*, sovint diuen que es confirma la seva idea encara que al fer l'experiment les bateries estiguin situades en paral·lel. Com a explicació de la no coherència entre el que veuen realment i aquesta afirmació, manifesten causes degudes al mal funcionament d'alguna part del muntatge (piles gastades, bombeta que no funciona bé, connexions mal fetes...). Per tant serà important ajudar l'alumnat a ser exigent en la comprovació de les dades que obté, per exemple, fent rèpliques o canviant el disseny.

Cal recordar que **les observacions poden ser qualitatives o quantitatives** i que mentre l'experiment qualitatiu es basa en observacions on no es fan mesures, en el quantitatiu aquestes són imprescindibles. Tot i així no hi ha cap diferència entre els dos tipus de metodologies pel que fa al disseny de l'experiment.

També s'ha de discutir i consensuar el **procediment per registrar i processar les dades**, les informacions i els resultats que se'n dedueixen. Els estudiants han d'aprendre a utilitzar diferents eines com taules, gràfics i diagrames, tot fent servir recursos TIC sempre que es pugui. Hi ha propietats que a l'escola només les observem qualitativament (el color, l'olor, el gust...). En aquest cas tenim adjectius per registrar les diferents possibilitats i poden utilitzar termes com major/menor, molts/alguns, més ràpid/més lent, etc. Tot i així, en tant sigui possible, caldrà animar l'alumnat a quantificar, mesurant amb instruments idonis, la massa, la longitud, el volum, el temps, la força, la temperatura... També cal tenir present que moltes variables són el resultat de relacionar dues o més magnituds com, per exemple, la densitat (m/V), la concentració (g/l) o la velocitat (e/t).

Quan fem un experiment per investigar algun problema volem obtenir **resultats fiables** ja que és la condició perquè es puguin deduir conclusions vàlides. És important, per tant, ser conscient dels errors que es poden fer durant un experiment i com poder evitar-los.

Alguns depenen de la persona que recull les dades (per exemple, observar en funció de les idees prèvies, no utilitzar correctament i amb la precisió adequada un instrument de mesura, no recollir bé les dades...). En canvi, d'altres són conseqüència de la no adequació de la metodologia de treball que s'utilitza o del mal funcionament d'algun instrument. Normalment els errors es superen contrastant les dades recollides amb les obtingudes per d'altres companys i fent rèpliques, és a dir, repetint l'experiment.

Al llarg del procés d'indagació el professorat pot plantejar preguntes del tipus:

- *Quin experiment faràs per verificar la hipòtesi que has formulat (o la predicció que has fet)? Quines dades es pot esperar recollir si duem a terme aquest experiment? Què s'hauria de fer per obtenir les dades que necessites? Per què creus que aquest mètode pot ser adient? En què et fonamentes per afirmar-ho?*
- *Quins aparells o instruments necessitaràs? Quines tècniques hauràs d'aplicar? Cada quan es recolliran les dades? Quantes? Com de precises han de ser aquestes mesures? Què s'hauria de preveure per evitar errors?*
- *Com es pot fer l'anotació de les dades d'experimentació? Quins procediments utilitzaràs per fer el tractament de les dades o per representar-les gràficament? En què et poden ajudar les TIC?*
- *Com podríem continuar aquesta investigació? I per superar aquest entrebanc? Cal fer més rèpliques? Quantes?*
- *Com podries estar segur que les dades obtingudes són fiables? Per què els resultats obtinguts pels diferents grups són tan diferents? Com es podria decidir quin són els més fiables?*

### c.3 Anàlisi de resultats

Per analitzar els resultats obtinguts ens hem de preguntar inicialment **què ens diuen les dades** obtingudes en relació a la pregunta, predicció o hipòtesi plantejada, i si són coherents. En aquest moment del procés de la recerca serà important la conversa en la que, al comparar els resultats de cada grup, es bo que sorgeixin diferents punts de vista. Quan els nens i nenes exposen les seves idees se'ls haurà d'animar a **fonamentar les seves afirmacions en les proves obtingudes** tot preguntant: *Quines regularitats i quines diferències s'observen? Què canvia i què es conserva? Com era a l'inici del procés el sistema –l'objecte, éssers viu, material...- i com és al final? Quines poden ser les causes dels canvis? Quina conseqüència observem a partir de canviar la variable...?* etc.

També són bones preguntes aquelles que conviden a categoritzar les dades identificant classes, variables, accions, propietats... Així, quan s'observa un fenomen el situem en un classe d'objectes, fets o accions a partir de donar-li un nom (**és** un mamífer, **és** un metall), de reconèixer propietats (si **té** pel, brilla, és transparent, és insoluble a temperatura ambient), i d'indicar què **fem i com canvia** (l'hem mesclat i es dissol, l'hem escalfat i es fon...).

Poc a poc caldrà animar-los a **trobar relacions amb altres fets que es recorden i amb coneixements o models teòrics**. Es tracta d'ajudar a passar de la descripció del que han fet a l'elaboració de possibles interpretacions (del món de les observacions al món de les idees). Aquestes interpretacions reflectiran diferents models explicatius que caldrà comparar i criticar a la llum de les proves i dels coneixements. Preguntes que poden afavorir la conversa són: *Com es pot explicar que es doni aquesta regularitat? Per què va*

*passar això? Entre els coneixements que ja tenim, quin ens ajuda a poder justificar per què passa? És aquesta explicació coherent amb les dades recollides? Quines evidències tenim que donin suport a la nostra idea? Les proves obtingudes ens fan canviar el nostre model o explicació inicial –o li donen suport–? Què més necessito conèixer per saber si la explicació és idònia?*

En aquest procés serà important ajudar l'alumnat a distingir entre els arguments que són resultat de l'observació i els que són interpretacions o inferències. Per exemple, observen que una espelma s'apaga i a vegades es diu que és a causa del vent o del fet que la cera no crema bé, afirmacions que en realitat són inferències. Preguntes per pensar-hi són: *Quines afirmacions puc fer que siguin resultat de les observacions fetes? Quina prova tinc per fer aquesta afirmació? Aquesta afirmació respon al que hem observat o es refereix al que pensem que en pot ser una causa?*

Aquest procés porta a **construir arguments per fonamentar les conclusions** que es van exposant. Sovint exigeix passar d'una explicació que relaciona fets de manera causal, a una altra més teòrica que requereix aplicar coneixements, és a dir, justificar. Per exemple, després d'observar com un petit cristall situat en una dissolució sobresaturada augmenta de grandària, uns alumnes responen centrant-se en fets –*el cristall mare ha crescut perquè la dissolució s'ha refredat*- i d'altres ja exposen un primer model teòric –*quan la dissolució es refreda, la 'pols' s'enganxa al cristall mare com un imant*-. Per arribar a ser capaç de justificar es necessita imaginar i relacionar diverses escales del model teòric com, per exemple, *macro/micro o organisme/òrgans/cèl·lules*. També serà important jerarquitzar, trobar què es complementa o què és incompatible, discretitzar<sup>2</sup>, reconèixer discrepàncies, identificar prototipus, establir analogies que possibiliten relacionar una idea nova amb una altra coneguda (*es com..., s'assembla a...*), inferir o deduir.

Els mestres haurem d'ajudar els nens i nenes a no oblidar-se de la pregunta-predicció-hipòtesi original i a fonamentar els seus arguments en les proves que han recollit i tenen anotades a la seva llibreta, de manera que les conclusions que s'enunciïn es centrin en allò que l'experiment ha demostrat. També s'haurà de promoure que es faci un bon resum al final de la sessió, anotant què s'ha après i què falta encara comprovar o revisar, tot animant a reconèixer **els límits de la recerca feta i com es podria continuar**. És convenient valorar que el coneixement es va construint al llarg del temps formant xarxes cada vegada més complexes i que, per tant, el final d'un procés concret d'indagació és només un pas en l'aprenentatge del coneixement científic.

#### **c.4 Comunicació**

Com s'ha dit anteriorment, el coneixement científic es genera tant al laboratori i en el treball de camp, a partir de la recerca d'evidències, com en els congressos, en els debats i en l'elaboració d'articles. Per comunicar les idees s'han d'organitzar, jerarquitzar, relacionar i expressar de manera que d'altres les puguin entendre i discutir. Igualment, la construcció del coneixement científic escolar requereix que els que aprenen facin un procés similar i, per tant, la comunicació és una etapa imprescindible en l'aprenentatge de les ciències. Aquesta exigeix plantejar-se com respondre a preguntes del tipus: *Què vull dir als altres? Com els ho diré? Què és important incloure (dades, arguments, imatges...)? Quins suports materials necessito per dir-ho?*

---

<sup>2</sup> Discretitzar: Imaginar parts o classes quan el que s'observa es percep com a continu. Per exemple, un arc de Sant Martí el veiem format per molts colors i l'acostumem a senyalar que n'hi ha set; la matèria la veiem continua i per explicar els canvis l'hem d'imaginar formada per partícules; un teixit d'un ésser viu també el veiem continu a ull nu i sabem que està format per cèl·lules, etc.



Per **comunicar idees de la ciència** l'alumnat ha de diferenciar entre el llenguatge quotidià i el que utilitza la ciència per explicar els fets i els fenòmens del món. Necessita aprendre a traduir un tipus de llenguatge a un altre i a donar significat al vocabulari científic. A més haurà de saber combinar diferents llenguatges: simbòlic, gràfic, oral i escrit. Per exemple, s'utilitzen fletxes per representar les relacions entre els organismes en una cadena tròfica, vectors per representar la força, una espiral helicoidal per l'ADN, un esquema per descriure un muntatge experimental, taules per recollir dades, etc. Aprendre a parlar ciència és, de fet, aprendre a parlar un nou llenguatge.

D'altra banda, és important explicitar quin tipus de text es demana a l'alumnat. Sovint els mestres utilitzem la demanda "explicar" en diversos sentits i, de fet, cadascun exigeix l'elaboració d'un tipus de text diferent. Per exemple:

- "Explicar" com ho hem fet comporta que l'alumnat ha d'elaborar un text **descriptiu**.
- "Explicar" què ha passat demana relacionar fets entre ells i els canvis que s'observen. En aquest cas, el tipus de text sí que és l'**explicatiu**. Per exemple, *les plantes per créixer necessiten aigua, diòxid de carboni, adobs, llum, oxigen i clorofil·la*.
- "Explicar" per què ha passat exigeix relacionar fets i teoria i el tipus de text és **justificatiu** i és el que caracteritza més pròpiament una "explicació científica". Per exemple, *les plantes fabriquen una part dels seus aliments que li serveixen per créixer a partir d'aigua, diòxid de carboni, llum i clorofil·la, en el procés que en diem fotosíntesi*.
- "Explicar" per què hem canviat les nostres idees o per què una hipòtesi és millor que una altra demana aplicar les regles del text **argumentatiu**, que té com a finalitat convèncer als companys que una opció o punt de vista és més idònia.

A més, per compartir idees també és important saber utilitzar els diferents **recursos que ofereixen les TIC**, tant els relacionats amb la comunicació dels fenòmens observats (simulacions, fotografies, vídeos...) o el propi pensament (powers points, wikipèdia, mapes conceptuals i gràfics...), com els que possibiliten debatre idees (fòrums, blogs, twitter...).

Finalment, no hem d'oblidar que també s'han de comunicar i compartir **les emocions i els sentiments** que ha despertat el procés d'indagació, atès que en la realització d'una activitat no sols són importants les idees i els procediments sinó també tot allò que forma part del camp afectiu. La memòria és selectiva i les persones acostuem a recordar les accions fetes que ens han despertat sentiments forts. Per tant, caldrà ajudar els joves a expressar les seves emocions, per prendre'n consciència i compartir-les amb d'altres, i és un repte per als mestres aconseguir que les experimentades siguin positives envers l'activitat científica. Com a exemple podem comprovar com Isaac Newton comunicava els seus descobriments d'òptica:

*"(...) al principio del año 1666 (...) me procuré un prisma triangular de cristal, para emprender con él los celebrados fenómenos de colores. Y para ello, una vez ensombrecido mi aposento y hecho un pequeño agujero en la ventana para dejar pasar una cantidad conveniente de luz solar, coloqué mi prisma a la pared de entrada de la luz para que pudiera ser refractada hacia la pared opuesta. Constituyó al principio un entretenimiento muy agradable ver los vivos colores que allí se producían; pero al cabo de un rato me apliqué a considerarlos con más circunspección. **Quedé sorprendido** al verlos de una forma alargada (...)"<sup>3</sup>*

---

<sup>3</sup> Citat per P. Feyrabend, (1975). Contra el Método. Barcelona: Ed. Ariel