

# Aprendre a justificar científicament: el cas de l'origen dels éssers vius

Enric Custodio i Neus Sanmartí\*

## Introducció

Segurament el professorat que ensenya ciències se sorprendrà en llegir una frase de Lemke (1997, pàg. 11):

“Hablar ciencia’ no significa simplemente hablar acerca de la ciencia. Significa *hacer* ciencia a través del lenguaje”.

Sovint es dona poca importància a l'ensenyament d'aquest llenguatge creat per la comunitat científica, tot i que és a través seu que es construeixen els significats i els valors compartits per aquesta comunitat. És cert que en el procés de construcció també són importants els experiments, les imatges, els diagrames o el llenguatge matemàtic, però certament poca ciència es pot arribar a aprendre sense els recursos lingüístics.

El treball que es presenta en aquest article es refereix a una experiència realitzada en una aula de secundària amb l'objectiu fonamental de promoure que l'alumnat aprengui a justificar. En concret, s'hi

---

\* Enric Custodio és biòleg i professor de l'IES Torrent de les Bruixes de Sta. Coloma de Gramenet (Barcelona). És Màster en Didàctica de les Ciències per la Universitat Autònoma de Barcelona (1995) i en aquests moments està fent la tesi doctoral sobre l'aprenentatge de la justificació a les classes de ciències.

\* Neus Sanmartí és doctora en Ciències Químiques (Didàctica) i professora de Didàctica de les Ciències del Departament de Didàctica de les MM. i de les CC.EE. de la Universitat Autònoma de Barcelona. En aquests moments el seu treball de recerca es desenvolupa en el camp de l'educació ambiental i en el de l'autoregulació dels aprenentatges científics. Dins d'aquest darrer àmbit actualment està treballant en la millora de l'ús del llenguatge a les classes de ciències.

És directora de la revista *Enseñanza de las Ciencias* i ha publicat nombrosos articles i llibres. Entre els recents destacaríem *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua* (1996), *La evaluación como instrumento para mejorar el proceso de aprendizaje de las Ciencias* (1997), en col·laboració amb J. Jorba, i *Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias* (1997).

Adreça professional: Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals. Facultat de Ciències de l'Educació. Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici G. 08193 Bellaterra (Barcelona).

proposà la reflexió entorn de la manera com, en diferents èpoques, s'ha teoritzat sobre l'origen dels éssers vius i com s'han justificat les diferents teories.

Tal com afirma el mateix Lemke, per parlar (i escriure) ciència sempre és necessari conèixer dos tipus de 'patrons' i saber-los combinar adequadament. Aquests dos patrons són, d'una banda, l'anomenat 'patró temàtic', expressió utilitzada per referir-se al model teòric i als conceptes, experiències, analogies... que s'hi associen; d'una altra banda, el 'patró estructural', que està relacionat amb el tipus de discurs emprat per parlar del 'patró temàtic' i es correspon a les estructures retòriques (silogismes, analogies...) i de gènere (descripció, justificació, plantejament d'hipòtesis, elaboració d'informes...) a través de les quals s'organitza l'argument. És fàcil comprovar que, en general, els diferents 'patrons estructurals' no s'ensenyen a les classes de ciències tot i que es demana constantment a l'alumnat que els apliqui.

La nostra experiència com a ensenyants ens ha permès comprovar repetidament les moltes dificultats que tenen els estudiants per justificar adequadament tesis o observacions, i fins i tot per entendre què se'ls demana quan un exercici s'inicia o acaba amb l'habitual expressió "justifica (o argumenta, o raona) per què...". Per aquest motiu, vàrem dissenyar l'experiència descrita en aquest article i es van analitzar algunes de les dificultats principals que l'alumnat troba en realitzar-la.

## **Context de realització de l'experiència, hipòtesi i variables analitzades**

En el marc de l'ICE de la UAB, ens vàrem aplegar professors i professores de diferents àrees curriculars amb la finalitat d'aprofundir en les bases teòriques que justifiquen la importància de promoure l'aprenentatge d'habilitats de tipus cognitivolingüístic, tals com descriure, definir, resumir, explicar, justificar, argumentar, demostrar... i, paral·lelament, dissenyar i experimentar materials didàctics. Aquestes habilitats es demanen en major o menor grau des de totes les àrees, però no sempre amb el mateix significat. Per exemple, s'ha pogut comprovar que termes com 'argumentar' o 'explicar' no s'utilitzen amb el mateix sentit a la classe de ciències que a la de llengua o a la de ciències socials. Creïem, per tant, que podia ser interessant comparar i aprofundir en els diversos sentits amb què s'utilitzen els termes

segons les disciplines, consensuar definicions i proposar activitats des de cadascuna de les àrees per promoure el seu aprenentatge.

L'activitat analitzada en aquest escrit es va dissenyar en el marc de treball d'aquest seminari. La hipòtesi de partida era que, per millorar la comprensió científica dels fenòmens, cal aprofundir tant en els continguts relacionats amb el tema objecte d'estudi (patró temàtic) com en les habilitats cognitivolingüístiques pròpies de la comunicació científica (patró estructural). En el nostre cas, va implicar introduir idees entorn de l'origen dels éssers vius i sobre què vol dir justificar i com escriure justificacions.

Es va presentar a l'alumnat de ciències naturals de 1r de BUP de l'IES Torrent de les Bruixes de Santa Coloma de Gramenet (Barcelona). L'alumnat tot just havia acabat la part de geologia i com a introducció a la biologia es pretenia que es formés una opinió sobre l'origen dels éssers vius i la teoria de la generació espontània i que, a la vegada, apliqués un mètode per elaborar justificacions.

La proposta didàctica inclou una presentació del que s'entén per 'justificar' i lectures adaptades de narracions dels experiments històrics de Van Helmont, Redi i Pasteur, amb qüestions entorn d'elles, orientades a prendre consciència de les raons utilitzades per justificar les diferents tesis. En concret es demanava, en cada època, identificar els arguments utilitzats, distingir entre els fets i les interpretacions, i relacionar-los causalment. A més es van proposar activitats d'avaluació mútua entre l'alumnat, i d'autoavaluació i, un mes després, una activitat avaluativa final. Al 4t apartat es descriu amb més detall el dispositiu didàctic dissenyat.

L'anàlisi de les respostes es va fer en un grup de 32 alumnes. Es va estudiar si identificaven els raonaments de cada època per justificar les diferents tesis, si diferenciaven els fets de les seves interpretacions i si establien relacions causals entre ells. Per organitzar les dades es van utilitzar xarxes sistèmiques (Bliss i Ogborn, 1985). Per fi, també es va analitzar la possible interrelació entre els errors comuns amb relació al 'patró estructural' amb els encerts/erròs relacionats amb el 'patró temàtic'.

## **Camps de recerca didàctica que s'interrelacionen en aquesta experiència**

A l'hora de dissenyar la proposta de treball a l'aula s'ha partit de la reflexió sobre 4 camps de recerca en didàctica de les ciències:

a) L'ensenyament-aprenentatge dels diferents gèneres del discurs científic, en aquest cas, la justificació.

b) Les dificultats de l'alumnat per diferenciar entre observacions i interpretacions en el treball experimental.

c) L'ensenyament-aprenentatge de la ciència com una construcció cultural en evolució constant.

d) Les dificultats de l'alumnat per canviar les seves concepcions alternatives.

### *L'ensenyament-aprenentatge de la justificació*

Recentment hem trobat diferents opinions que coincideixen en la necessitat d'aprofundir en les formes de comunicació a les classes de ciències. Destacariem els treballs de Veslin (1988), Arcá i altres (1990), Sutton (1992), Bentley i Watts (1992), Llorens i Jaime (1995), Sanmartí (1995), O'Toole (1996), Ogborn i altres (1996), Sanmartí i Jorba (1997), Diversos autors (1997) i Lemke (1997). Els estudis es refereixen tant a les dificultats de l'alumnat per llegir, escriure o expressar-se, com a la redacció de textos per a l'alumnat o a les formes comunicatives que s'estableixen entre estudiants i ensenyants,

En aquest treball ens hem interessat pel problema d'ensenyar a justificar científicament. Com ja s'ha indicat, aquesta és una de les activitats habitualment proposades als estudiants a les classes de ciències. Tanmateix els ensenyants tenim força dificultats per explicitar les característiques d'aquest tipus d'escrit i quines són les seves diferències respecte a explicar, argumentar, raonar o interpretar, que són altres demandes que també es fan. Tal com constaten Veslin i Veslin (1992), no hi ha gaire acord entre el professorat quan se li demana que redacti models de diferents gèneres d'escrits científics o que valori la qualitat de les produccions de l'alumnat, com tampoc no hi ha propostes didàctiques orientades a ensenyar a l'alumnat a redactar aquests tipus d'escrits, o a promoure la presa de consciència de les seves principals característiques i diferències.

Una de les primeres dificultats per plantejar-les rau precisament en la delimitació dels principals gèneres i l'explicitació dels seus 'patrons estructurals'. Per aquest motiu, i sempre en el marc del seminari citat anteriorment, es van seleccionar els més comuns a les diferents àrees curriculars i es van consensuar definicions per delimitar el camp semàntic atorgat als diversos termes, entre ells el de 'justificar'. La definició formulada, tenint com a referents les de García-Debanco (1994), Duval (1993) entre d'altres, diu que

"justificar és produir raons o arguments, establir relacions entre ells i examinar la seva acceptabilitat amb la finalitat de modificar el valor epistèmic d'una tesi en relació al corpus de coneixements en què s'inclouen els continguts objecte de la tesi" (Jorba i altres, en premsa).

A partir d'aquesta definició general ens vàrem plantejar de quina manera es concreta en el cas de la ciència escolar, i com ajudar l'alumnat a elaborar textos d'aquest tipus. Per exemple, les raons o arguments que s'utilitzen en el context escolar provenen fonamentalment d'observacions experimentals i dels coneixements propis de cada època històrica (en canvi, no s'acostumen a considerar com a vàlids arguments d'autoritat, com ara dir "segons Pasteur...", que ho serien en un article científic). I les observacions amb relació a un experiment varien tant perquè els instruments d'observació o la metodologia experimental poden haver variat, com perquè els referents teòrics comporten 'mirar' el mateix fenomen de manera diferent.

Les relacions entre els arguments en una justificació acostumen a ser de naturalesa causal i es poden utilitzar diversos relacionants: *perquè, a causa de, ja que...* També es poden establir comparacions i utilitzar relacionants com: *en canvi, sinó que, abans-després...* Molt sovint, els relacionants són implícits:

"Les mosques, quan entraven als pots oberts, deixaven els seus ous, és a dir, els cucs eren larves de mosca, i en els tancats no hi podien entrar i no hi podien deixar ous"(20).

Una altra de les característiques del discurs científic és que l'acceptabilitat dels raonaments utilitzats depèn de la seva adequació a la teoria dominant en cada època històrica. Per aquest motiu, en el cas dels textos escolars científics 'justificar' i 'argumentar' sovint es poden considerar sinònims, ja que en ambdós casos es demana a l'alumnat que elabori un text basat en el coneixement escolar introduït a l'aula, que es pretén que sigui compartit per tots els seus membres. En canvi, en el camp de les ciències socials o quan es treballen temes d'educació ambiental on solen coexistir diferents teories, el text argumentatiu, orientat a convèncer els altres, té unes característiques ben diferents del text justificatiu. A les classes de ciències, aquest tipus

de text argumentatiu pot ser utilitzat, per exemple, quan es demana a l'alumnat que argumenti sobre alguna de les seves concepcions inicials o que elabori un escrit amb la finalitat de convèncer algú que no assumeix una determinada teoria.

Sovint es creu que les dificultats de l'alumnat per redactar justificacions es deuen bàsicament al fet que no sap raonar lògicament i que aquesta habilitat és un procés mental innat. Pel contrari, Lemke (1997) afirma que l'ús de la lògica és un procés lingüístic (millor semiòtic). Per ell, el raonament és una manera d'utilitzar certs patrons retòrics per parlar (o escriure) que s'ensenyen i s'aprenen.

En funció d'aquesta hipòtesi, l'activitat es va dissenyar a còpia de proposar 'regles de joc' per escriure un text justificatiu. Va comportar explicitar, exemplificar i discutir amb l'alumnat les característiques de la justificació per tal que l'apliquessin posteriorment a l'anàlisi de les diferents explicacions històriques sobre l'origen dels éssers vius (vegeu apartat 4a).

#### *El problema de la diferenciació entre observacions i interpretacions*

Tots els corrents epistemològics actuals estan d'acord que les observacions estan condicionades per la teoria. Amb relació a una experiència es poden 'veure' coses molt diferents, depenent del marc teòric de referència. Per aquest motiu es pot afirmar que les observacions formen part de la teoria (Izquierdo, 1992). Però també és cert que en els canvis teòrics influeix la capacitat humana de divergir, és a dir, de poder 'mirar' els fenòmens des de punts de vista diferents als considerats 'normals' en una època determinada (Arcá i altres, 1990), i de reconèixer que allò que sembla tan evident i es classifica com un fet, és en realitat una interpretació.

Sembla, per tant, que pot ser interessant que l'alumnat aprengui a reconèixer que, depenent dels coneixements que es tenen en cada època històrica, es 'veuen' uns determinats 'fets' que s'utilitzen per validar teories. I que el canvi teòric ve donat tant pel canvi en els valors i en els models de ciència de cada època com per l'evolució dels instruments d'observació i mesura, i dels dissenys experimentals.

Per poder fer aquest aprenentatge els estudiants han de saber situar-se en els diversos punts de vista i identificar les diferents 'lògiques' (alguna de les quals pot coincidir amb la pròpia). També serà important identificar els fets que no es 'veien' en cada època i que en canvi, van ser utilitzats per validar hipòtesis posteriors.

En el nostre treball es començà proposant a l'alumnat que intentés destriar entre, d'una banda, els fets observats en cadascuna de les èpoques i, de l'altra, allò que avui sabem que eren interpretacions. A l'inici de l'activitat es va plantejar una discussió entorn del tema a partir de la presentació de l'esquema de la figura 1. Posteriorment es presentaven textos històrics (vegeu apartat 4c) i es demanava a l'alumnat que identifiqués quins eren els fets observats per cada científic i els diferenciés del que avui sabem que eren interpretacions. També se'ls demanava que indiquessin la diferència entre les observacions d'una època i les de l'anterior.

És interessant constatar la gran dificultat que representa aquest tipus d'exercici per als estudiants. Per exemple, mentre alguns alumnes són capaços d'especificar que l'observació de Van Helmont va ser que "amb el blat han sortit ratolins ben formats (16)" o que "desapareix el blat i apareixen ratolins (9)", d'altres escriuen que "amb blat i una camisa bruta es pot observar que el blat es converteix en ratolins (19)" o que "va veure que la camisa feia una reacció amb el blat que va fer aparèixer ratolins (11)", és a dir, no distingeixen entre els fets realment observats i els 'fets interpretats'.

També s'ha pogut comprovar que la identificació dels fets observats està condicionada pels coneixements previs de l'alumnat. Explicar l'origen dels éssers vius implica distingir entre microorganismes i organismes macroscòpics, saber que tot tipus d'organisme es desenvolupa i es reproduïx, què vol dir putrefacció, fermentació, esterilització, metamorfosi i d'altres conceptes. A més, entendre el disseny dels experiments implica saber què és una hipòtesi, el paper del control, com combinar variables, etc.

En l'activitat desenvolupada, la falta de coneixements dels estudiants és una de les causes més evidents de les dificultats que tenen a l'hora de justificar els experiments i les idees de Pasteur. Molts nois i noies no entenen el text perquè determinats conceptes com esterilització o fermentació no tenen per a ells un significat clar, o bé confonen bacteris amb organismes macroscòpics (per exemple, pensen que d'un microorganisme en pot sortir un cuc).

Cal prendre consciència que cada paraula-concepte resumeix una gran quantitat d'idees. Són, en realitat, 'patrons temàtics' o, tal com diuen Ogborn i altres (1996), puntes d'un iceberg. Pensem, per exemple, en els conceptes o idees associats a fermentació: canvi químic, transferència d'energia, microorganisme, nutrició, etc. Un expert diu la paraula fermentació, i en ella condensa una determinada classe de fenòmens i la seva explicació. Però per a un estudiant pot ser una paraula amb un contingut molt diferent d'aquell amb què la ciència la conceptualitza.

*L'ensenyament-aprenentatge de la ciència com a construcció cultural en evolució constant*

Un tercer objectiu que va orientar el disseny de l'activitat era promoure que l'alumnat prengués consciència que les explicacions científiques no són absolutes sinó que van evolucionant al llarg del temps. Massa sovint els materials didàctics, i consegüentment els estudiants, donen a la ciència escolar un valor de veritat immutable i indiscutible. Des d'aquesta perspectiva és difícil que l'alumnat pugui desenvolupar la capacitat de pensar divergentment, és a dir, de buscar noves maneres de 'mirar' els fenòmens i d'explicar-los. Tal com diu Lemke (1997, pàg. 155)

"La enseñanza de la ciencia, y la ciencia en sí, son además increíblemente antihistóricas en su tratamiento de los 'hechos' y las teorías. Aparte de alabar a unos cuantos científicos de las primeras generaciones (la mayoría europeos, hombres, de mediana edad o viejos, no importa a qué edad hicieron su mejor trabajo), y por implicación a todos los científicos, la ciencia ignora o menosprecia a la historia. La enseñanza de la ciencia ignora, convenientemente, los restos o ruinas de las teorías más importantes, y los 'hechos' de las generaciones pasadas".

A l'alumnat, a vegades li és difícil acceptar la necessitat de conèixer teories diferents de les actuals. Sembla que el 'contracte didàctic' implícit (Brouseau, 1980) del que implica aprendre ciències inclou la creença que el que cal saber (allò que es demanarà als exàmens) és la 'veritat', que s'assimila a la darrera teoria. I que les explicacions històriques són utilitzades pel professorat per motivar, però no cal 'aprendre-les'. Per això alguns estudiants consideren que es perd el temps estudiant teories que no són 'veritat'.

El material didàctic experimentat inclou breus textos històrics adaptats de Van Helmont, Redi i Pasteur i explicacions de les experiències realitzades. Com ja s'ha indicat, els alumnes havien d'identificar els fets observats i com els justificaven les diferents teories. S'ha pogut comprovar la dificultat d'alguns alumnes per situar-se en cada context. La justificació que donen l'elaboren més en funció de les seves pròpies interpretacions que no pas del que es desprèn de les lectures històriques. Per exemple, diuen que Van Helmont justificava l'aparició dels ratolins basant-se en el fet que "A causa de la fermentació del blat i l'olor que desprèn la camisa apareixien ratolins (17), l'olor del blat atrau els ratolins" o "els ratolins foradaven la camisa". En canvi d'altres saben seleccionar els arguments inclosos en el text i escriuen, per exemple: "A causa d'un ferment el blat es converteix en ratolins (19)".



*El problema del canvi de les concepcions alternatives sobre l'origen dels éssers vius: importància de l'autoavaluació*

És conegut que molts estudiants creuen en la generació espontània, especialment pel que es refereix als microorganismes. Molt sovint atorguen a termes com 'podrir-se' o 'florir-se' el significat de 'generació d'éssers vius' i no perceben cap contradicció entre aquesta conceptualització i els seus coneixements sobre la reproducció dels organismes (Manuel i Grau, 1996).

Tots els estudis sobre el canvi conceptual mostren que aquest és difícil. Les concepcions alternatives són persistents i l'alumnat tendeix a buscar arguments per confirmar les seves opinions més que per falsar-les. Per promoure aquest canvi es va incidir especialment en l'autoavaluació, és a dir, en l'autoreflexió sobre els possibles canvis en les maneres de veure els fenòmens o d'interpretar-los.

Així, a l'inici de l'activitat es demanava als estudiants que justificassin l'aparició de cucs en un pot de farina (vegeu apartat 4b). I, al final, es proposava que intentessin deduir si la seva explicació inicial era més propera a la de Van Helmont, a la de Redi o a la de Pasteur, i que justificassin de nou la qüestió inicial i els possibles canvis d'opinió (apartat 4e).

A més, en el transcurs de l'activitat també es van proposar activitats d'avaluació mútua (vegeu apartat 4d) per promoure l'autocrítica i afavorir l'autoavaluació. S'ha comprovat que a l'alumnat li costa molt identificar els seus propis errors però que, en canvi, li és més fàcil reconèixer els errors de companys o companyes. Al mateix temps, en detectar-los pren una millor consciència de la qualitat del seu escrit, ja que té elements de comparació (Jorba i Sanmartí, 1996).

És interessant constatar com, tot i el treball realitzat, alguns estudiants no canvien els seus punts de vista. Així, a l'hora de justificar l'aparició dels cucs a la farina revisen la seva redacció, però per millorar les raons a favor de la 'generació espontània'. Per exemple escriuen: "la farina ha estat molt temps al pot i per la humitat han aparegut cucs (18)" o "la farina ha fermentat i ha produït cucs (12)". Algun alumne manifesta els seus dubtes i diu "Segueixo sense saber-ho amb certesa... (31)". Paral·lelament d'altres estudiants són conscients del canvi en els seus punts de vista i diuen: "Els cucs provenen d'un altre lloc, no es formen, no s'originen (16)" o "les mosques van pondre ous (24)".

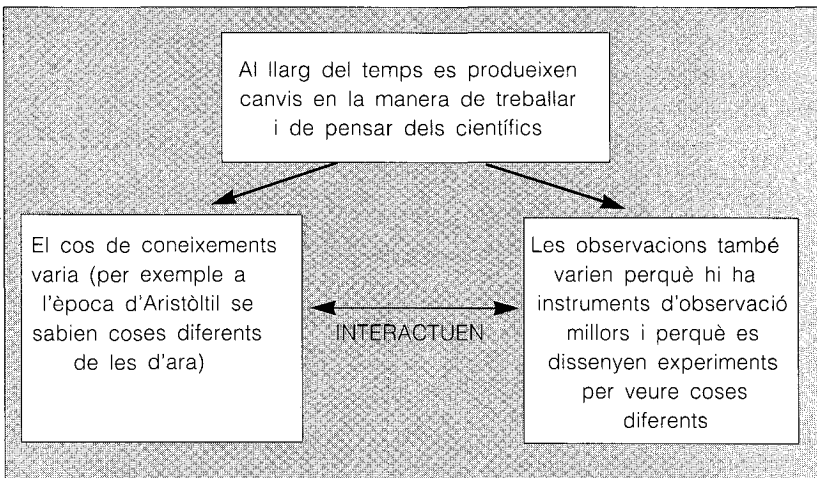
## Procés d'ensenyament-aprenentatge dut a terme

A continuació es descriuen amb més detall les activitats realitzades amb l'alumnat i s'analitzen algunes de les seves respostes.

### Què vol dir justificar?

En la primera part del treball es proposava una definició de *justificar*. En el context de l'activitat s'especificava que, per justificar, cal haver fet observacions, identificar *fets* i tenir un conjunt de coneixements (*teoria*) a partir del qual produir *raons* que relacionin causalment els fets i les raons teòriques. Per remarcar que, quan justifiquem, a diferència de quan argumentem, ens referim a un corpus de coneixements existent utilitzat per validar els arguments, s'exemplifiquen canvis que poden experimentar les justificacions. El cos de coneixements varia al llarg del temps i per tant les justificacions també seran diferents en cada època. Aquest cos de coneixements rep múltiples influències, per exemple, de les observacions fetes, i aquestes també canvien segons el cos de coneixements. A aquestes interaccions s'afegeix el fet que les observacions també varien d'acord amb els canvis dels instruments d'observació i d'acord amb el disseny dels experiments, que va canviant i permet veure coses diferents. L'esquema de partida per a la discussió i l'exemplificació és el reproduït a la figura 1.

Figura 1



Després d'aquesta definició, es donen unes indicacions de les accions que es recomanen portar a terme per elaborar una justificació. Bàsicament es demana d'identificar fets i teories a cada època, i deduir-ne raons i establir relacions causals. I s'anima els estudiants a aplicar-les en les respostes a les qüestions plantejades al llarg de l'activitat.

### *Plantejament d'un problema inicial*

A l'inici se'ls proposa la qüestió reproduïda a la figura 2. Els exemples en les respostes posen en relleu la diversitat de punts de vista. L'anàlisi de les idees expressades pels 32 alumnes mostra que un 62% donen respostes basades en la fermentació, la putrefacció, la humitat, etc. sense cap referència a la generació a partir d'altres organismes. Un 28% inclouen entre els seus arguments idees basades en la reproducció a partir d'altres éssers vius. 2 alumnes manifesten no tenir-ne una idea clara, i 1 alumne no respon.

*Figura 2*

**Problema inicial**

Obres un armari de la cuina i t'adones que en el pot de la farina, que fa temps que ningú no ha obert, a més a més de la farina, hi ha cucs.

1. Com justificaries l'aparició d'aquests cucs? (Exemples de respostes)

*R(10): No sé d'on vénen els cucs.*

*R(18): Perquè la farina estava en mal estat, llavors s'han format cucs a causa del seu estat. La farina estava humida i s'ha posat dolenta i s'han format cucs.*

*R(33): A causa de la fermentació que ha produït la farina s'han format uns organismes que són cucs.*

*R(23): Que els cucs s'han ficat dintre del pot de farina.*

*R(20): Que l'última vegada que es va usar aquest pot, una mosca va pondre ous i com que aquest pot no s'ha obert ni res, s'han obert i han crescut els ous.*

### *Anàlisi de l'evolució de les explicacions sobre l'origen dels éssers vius*

L'activitat planteja alguns interrogants sobre l'origen dels éssers vius i fa un recorregut històric sobre l'evolució de la teoria de la generació espontània –vegeu, per exemple, Costa i altres (1978), Gené (1985) i Grup Quercus (1990). En concret es repassen els experiments de Van Helmont, Redi i Pasteur sobre aquest tema a partir de textos

originals. En cada cas es descriuen algunes observacions i idees de cada investigador. A part d'algunes preguntes per facilitar la comprensió del text, es demana a l'alumnat que estableixi els fets i la justificació que dona cadascun dels investigadors. L'alumne s'ha de situar en l'època de l'experiment i intentar produir raons a partir dels fets descrits en el mateix text i del cos de coneixements d'aquell moment. Això permet insistir en el fet que una justificació pot ser vàlida durant un temps i després no ser-ho, perquè la seva validació depèn dels coneixements, que són diferents en cadascuna de les èpoques. En altres preguntes, en canvi, sí que es demana justificar alguns fets a partir dels propis coneixements. Per exemple, si al llarg de l'activitat s'ha produït un canvi d'opinió sobre la generació espontània, es demana que es justifiqui el canvi d'opinió.

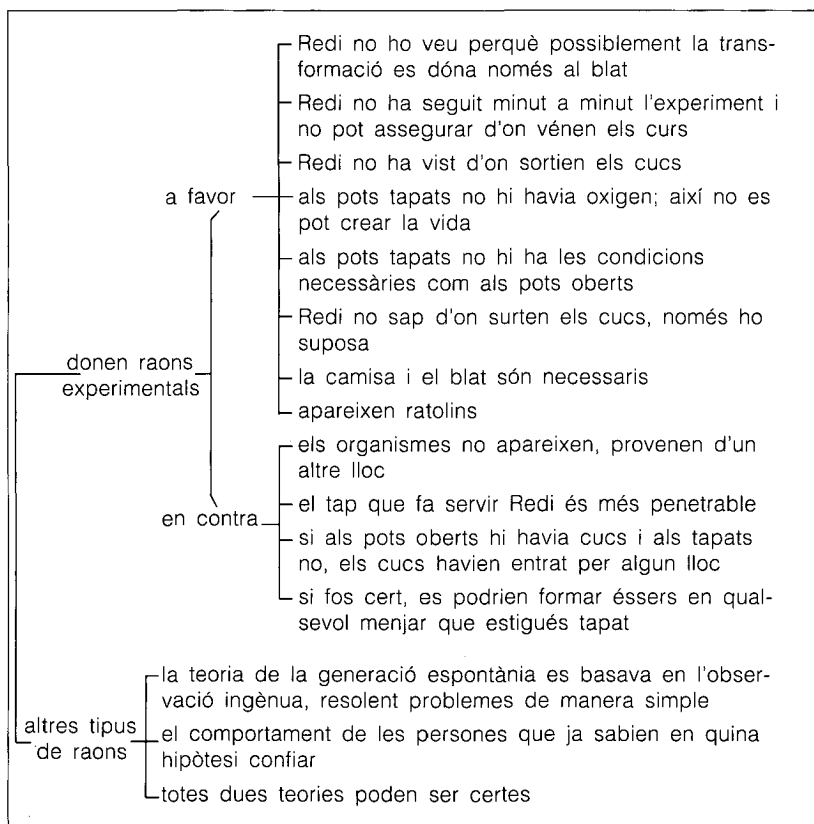
L'alumnat va portar a terme aquesta activitat en dues sessions d'una hora. A mitja activitat, abans de contestar la part sobre els experiments de Pasteur, es va fer una posada en comú, en què cadascú podia exposar la seva opinió o discutir amb els companys. El professor va procurar mantenir-se neutral. La discussió entre l'alumnat va contribuir a aclarir algunes qüestions i va permetre que autoregulés el seu aprenentatge.

#### *Avaluació mútua: xarxa i qüestionari de correcció*

Per animar els estudiants a l'autocrítica se'ls va demanar que corregissin els treballs d'algun company o companya. Per tal que tinguessin criteris per avaluar, es van donar a l'alumnat xarxes sistemiques elaborades pel professor a partir de les respostes de l'alumnat a diferents tipus de qüestions. Per exemple, la figura 3 recull idees expressades per l'alumnat a part de l'activitat referent als experiments de Redi. A la xarxa no es recullen totes les respostes però s'hi troben la majoria de tipus i d'exemples. Aquesta xarxa es va repartir als alumnes perquè la consultessin a l'hora de corregir el treball dels companys.

Xarxa amb les respostes de l'alumnat a la pregunta:  
"Després de Redi, quines raons hi havia a favor i en contra de la teoria de la generació espontània"

Figura 3



Una vegada explicades les diferents xarxes, es va repartir a l'alumnat un qüestionari per ajudar a fer la correcció. A cada apartat de l'activitat sobre la generació espontània, es demanava de classificar la resposta donada pel company o companya en alguna de les categories proposades, o en alguna altra si era necessari. També s'inclouïa un quadre en el qual es podia explicar la correcció amb més detall. Amb aquest exercici es pretenia que cadascú es fixés més en com s'havia de redactar una justificació. Després de la correcció, cadascú va poder llegir els comentaris fets pels companys i afegir-ne d'altres si ho creia convenient (figura 5).

*Exercici d'autoavaluació*

Al final l'alumnat havia de respondre les qüestions reproduïdes a la figura 4. Les respostes es recullen a la xarxa de la mateixa figura. És interessant constatar que no tots els alumnes saben autoavaluar-se. Per exemple, en la nostra anàlisi de les respostes inicials s'havien identificat 20 alumnes que donaven arguments sobre les causes de la presència d'organismes no relacionades amb d'altres éssers vius, mentre que només 17 alumnes s'identifiquen amb les idees de Van Helmont. És significatiu l'exemple d'un alumne que, abans i després, diu que la seva explicació és més propera a Pasteur, i en canvi els seus arguments només es refereixen a la putrefacció. Tampoc són gaire idònies les justificacions que donen 2 dels alumnes, que manifesten que han canviat les seves idees inicials que consideraven properes a les de Redi. En aquest cas, es pot afirmar que han millorat les raons que donaven, però no han canviat de punt de vista.

La majoria d'alumnes, però, justifica prou bé el seu model inicial i el canvi o no de model. Són significatius, per exemple, els 8 alumnes que coherentment diuen que no han canviat d'opinió en les seves idees relacionades amb les de Van Helmont i els 9 que manifesten que han canviat. També destacaríem l'alumne que continua afirmant que no pot saber amb certesa d'on provenen els cucs.

*Avaluació final*

Finalment, per avaluar els aprenentatges realitzats, passat un mes es va plantejar un exercici inclòs en una prova de control amb altres temes. Es demanava als alumnes d'escriure un article per a la revista de l'institut, en el qual s'expliqués què era la generació espontània, quins havien estat els experiments i teories que sobre la generació espontània s'havien produït al llarg de la història, com les havien justificat els seus autors, quina era la seva opinió personal i com la justificava. Es va permetre la consulta del material de l'activitat sobre la generació espontània. Es precisava que l'article havia de ser entenedor per als altres estudiants, que probablement no sabien res del tema.

Figura 4

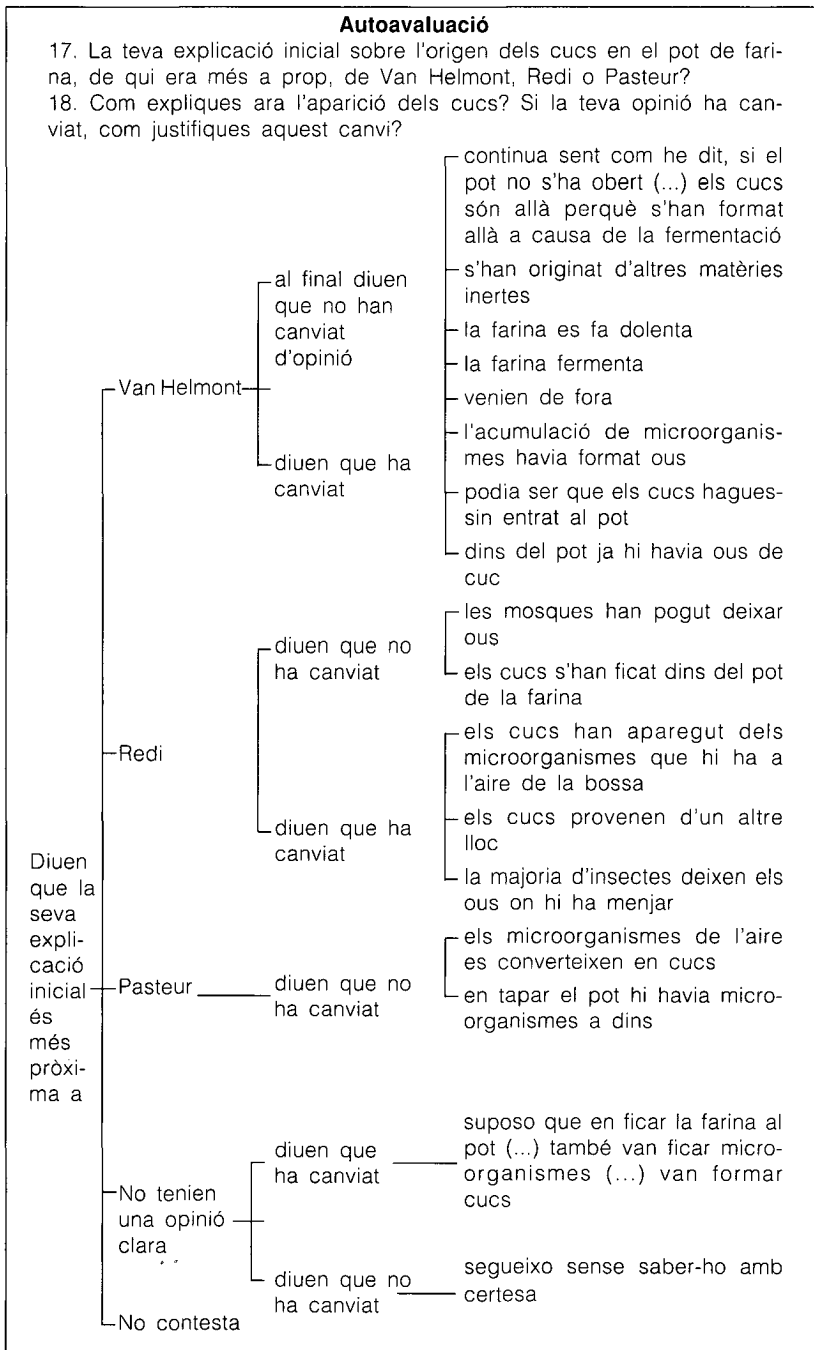


Figura 5

4. Amb relació a la pregunta sobre els fets observats per Redi, el teu company o companya

- es refereix només a fets
- es refereix només a fets i/o interpretacions

*Posa que la generació espontània no era creïble i això és una interpretació*

16. En analitzar el quadre del teu company o companya observes que:

- no identifica l'època correctament
- identifica l'època correctament
- identifica fets en tots els casos
- identifica fets menys en el cas de Pasteur
- barreja fets i interpretació
- identifica correctament les idees principals
- identifica incorrectament les idees principals
- no contesta tots els apartats
- justificació d'acord amb els coneixements de l'època
- justificació d'acord amb els coneixements actuals
- justificació amb raons poc clares
- justificació explicant l'experiment

*La justificació està malament, perquè ho justifica amb els seus coneixements no amb els que hi havia en aquella època.*

Per valorar aquesta activitat es van tenir en compte els criteris de resultats següents: pertinença, completesa, precisió, volum de coneixements i organització del text, analitzats sobre la base de la graella de la figura 6.

La major part de respostes finals eren contràries a la teoria de la generació espontània, però en la seva redacció no seguien totes les instruccions de l'enunciat (cal tenir en compte que estan poc habituats que en un 'examen' se'ls plantegi qüestions d'aquest tipus). Les justificacions aportades eren en general acceptables, i es feia un repàs històric de la qüestió plantejada. Tanmateix, valorem que la majoria de les redaccions no haurien servit per a la finalitat que es demanava a l'enunciat, ja que no eren prou clares. Si la resta de l'alumnat



Figura 6

Alum.	Pertinença			Completesa			Precisió		Volum	Organització del text	
	1-Coherència	2- Claredat	3- Registre	4- Suficients raons	5- Raons casuals	6- Arguments forts	7- Àrea coneixement	8- Ús adequat		9- Adequat	10- Segueix model
1											
2											
3											

del centre hagués llegit aquests textos a la revista de l'institut probablement no els haurien entès si prèviament no coneixien el tema.

### **Anàlisi de les relacions entre la qualitat dels textos justificatius elaborats i la teorització sobre l'origen dels éssers vius**

Com ja s'ha indicat, el punt de partida del treball era la idea que, per millorar la comprensió científica dels fenòmens, és necessari treballar tant els continguts relacionats amb el tema (patró temàtic) com les habilitats cognitivolingüístiques pròpies de la comunicació científica (patró estructural).

Conseqüentment, en el treball es va voler analitzar la possible interrelació entre els errors/encerts comesos amb relació als dos patrons.

- a) Els aspectes més relacionats amb la teoria de la generació espontània es van analitzar amb la xarxa que es va fer servir perquè l'alumnat mateix corregís els seus treballs (figura 5). Això va permetre comparar qui creia en la generació espontània abans i després de fer l'activitat, i els canvis en els raonaments. L'article que l'alumnat va haver de redactar en la prova posterior també va permetre comprovar qui havia millorat la seva comprensió sobre l'origen dels éssers vius.

Per valorar la qualitat de la justificació es va recomptar el nombre de raons més aviat coherents i més aviat incoherents produïdes.

- b) Pel que fa als aspectes més relacionats amb el llenguatge, volíem valorar si s'havia seguit el mètode proposat per justificar i si el fet de seguir-lo havia proporcionat justificacions de més qualitat. Volíem saber si hi havia alguna relació entre els errors més relacionats amb la pauta, tant en les preguntes de preparació com en les justificacions, i la redacció de justificacions més o menys acceptables.

Vam considerar tres aspectes que ens podien servir d'indicadors per determinar fins a quin punt s'havia seguit o no el model proposat. Els tres aspectes estudiats van ser: identificar fets correctament, fer referència a teories encara que sigui de manera implícita i establir relacions causals, amb connectors explícits o sense. Aquests tres aspectes es van estudiar en cada bloc temàtic (Van Helmont, Redi i Pasteur). A cada bloc, a part de demanar justificacions, hi havia altres preguntes per preparar la justificació. Per exemple, a més a més de demanar com justificava Redi la seva hipòtesi, es demanava: "Quins fets va observar Redi?" o "Gràcies al disseny de l'experiment que va fer Redi, quins fets va observar que no havia vist Van Helmont?". És a dir, al marge d'haver entès o no l'experiment de Redi, els alumnes podien haver comès errors en respondre aquestes preguntes. Per exemple, alguns interpretaven els fets des del seu punt de vista més que no pas des del punt de vista de Van Helmont: "que els ratolins van venir d'una altra part i es van menjar el blat i amb el blat van créixer més (22)". En canvi, altres interpretaven els fets des d'un punt de vista menys personal: "va veure que en posar un recipient amb blat, tancat amb una camisa bruta de dona, van aparèixer ratolins (28)". En principi entendre d'una manera o altra els fets, és a dir respondre amb errors aquesta mena de preguntes, no té per què suposar una millor o pitjor justificació des del punt de vista científic.

Pel que fa a les teories, no es preguntaven directament al llarg del qüestionari. En el model a seguir sí que es feia referència a la necessitat d'una teoria de la qual deduir raons per justificar els fets observats. En les seves respostes, la majoria d'alumnes fan referència a teories, molt sovint de manera implícita. De tota manera, el fet de referir-se o no a teories no té per què anar obligatòriament lligat a justificacions de bona qualitat. Algú pot recordar les instruccions donades i referir-se a una teoria i en canvi escriure justificacions incoherents. En resposta a com Pasteur justificava la seva teoria, un estudiant escriu: "deduïa que la generació espontània no existia i llavors era l'acumulació de microorganismes (9)".

El tercer aspecte estudiat era l'establiment de relacions causals entre fets i teories. Els errors en aquest apartat eren de diferents

menes. De vegades la relació causal és incorrecta perquè relaciona coses que no ho estan o perquè les relacions no són prou clares. Per exemple, un alumne escriu que Pasteur justificava la seva teoria dient: "els microorganismes apareixien de l'aire després d'haver bullit els matrassos (5)". En aquest cas no queda clara la relació causal. Sembla que el fet de bullir els matrassos tingui relació amb l'aparició dels microorganismes, quan en realitat, els microorganismes apareixen en el líquid a causa de l'aire que contenen aquests microorganismes. En altres casos, es fan servir connectors causals però de manera inadequada. Per exemple, en respondre a la mateixa pregunta, un alumne escriu: "justifica la seva teoria fent un experiment que consisteix a bullir un líquid nutritiu i a causa d'això provar que sense microorganismes no es pot produir GE (si és que se'n produeix) (6)".

Com hem dit abans, preteníem veure si fer errors en els tres aspectes esmentats es podia relacionar amb la redacció de justificacions més o menys coherents. Encara que pugui semblar obvi que aquesta relació existeix, pot donar-se el cas que una justificació tingui un nivell de coherència acceptable encara que qui l'hagi escrit hagi comès errors amb relació a la forma de justificar proposada. I també es pot donar el cas contrari, el d'un alumne que segueix formalment els passos recomanats però que acabi escrivint una justificació incoherent, per exemple amb algun dels fets exposats al text.

Classificar les justificacions de vegades no és fàcil. Algunes justificacions poden ser coherents segons el context en què les considerem. Si el significat que qui escriu dona a alguns conceptes està molt allunyat del que els atribueix qui llegeix, pot ser que la justificació només sigui coherent per a qui l'ha escrit. Per exemple, un alumne creu que Pasteur justificava la seva teoria dient "que l'aire té microorganismes i aquests organismes són els que en tenir vida podien formar insectes, com cucs, a través de les mosques (1)". Aquesta resposta es podria considerar incorrecta des del punt de vista de la ciència actual, ja que no considerem que els microorganismes siguin el mateix que els organismes, ni que els insectes, cucs o mosques siguin microorganismes. Malgrat totes aquestes confusions que té l'alumne (entre conceptes, entre l'experiment de Redi i de Pasteur...), si que es podria admetre un cert grau de coherència perquè en el fons la idea que exposa, tal com entén ell els diferents conceptes, és que un organisme no pot aparèixer si no sorgeix d'un altre organisme. És a dir, la frase és confusa, conté errors i des del punt de vista científic no l'admetríem, però des del punt de vista de l'alumne i dels seus coneixements seria coherent.

En canvi, hi ha justificacions que poden semblar coherents, almenys formalment, però que en realitat no ho són. Per exemple, després de descriure els experiments de Pasteur en què en un matràs

amb brou nutritiu, sense tancar però amb el coll torçat, no apareixen símptomes de contaminació amb el pas del temps, es demana: "Creus que a partir dels experiments de Pasteur es pot afirmar que els organismes, macroscòpics i microscòpics no s'originen per generació espontània? Repassa si cal les respostes anteriors. Justifica la teva resposta". L'alumne respon: "No es pot afirmar perquè si un pot està tapat, el que va fer Van Helmont per demostrar la seva teoria, no hi pot entrar aire, llavors no pot tenir microorganismes. (19)". En aquest cas, la justificació pot ser més aviat correcta des del punt de vista formal, però és incoherent amb les condicions de l'experiment exposades en el text lliurat a l'alumne, ja que precisament Pasteur, per evitar la possible crítica per la falta d'aire, torça el coll dels matrassos però els deixa oberts.

Per estudiar aquestes relacions, es van classificar les respostes de cada alumne, d'una banda, segons si contenien errors en la determinació dels fets, en les referències a les teories i en l'establiment de relacions causals i, de l'altra, segons si les justificacions donades eren més aviat coherents o més aviat incoherents. Després es va fer el recompte d'errors i raons per cada alumne, tal com es veu a la figura 7 (en algun cas, molt rar, algun alumne donava raons de tipus coherent i de tipus incoherent alhora i, per tant, la suma pot ser superior als 32 de la mostra; al mateix temps, algunes de les respostes eren difícils de classificar i no s'han comptabilitzat).

En estudiar la correlació entre els dos tipus de dades, el nombre d'errors i el nombre de raons més aviat incoherents, vam trobar que les dues quantitats estaven bastant correlacionades linealment (0,7). És a dir, qui havia fet molts errors escrivia un nombre menor de raons coherents i, al contrari, els que acumulaven menys errors escrivi- un nombre més gran de raons coherents.

Figura 7

T	Relaciona casualment			Fa referència a teories			Identifica fets				Dóna raons més aviat coherents						
	Pasteur	Redi	Van Helmont	Pasteur	Redi	Van Helmont	Pasteur	Nou fets	Redi	Van Helmont	Canvi opinió	GE Pasteur	Pasteur	Ge Rudi	Després R	Redi	Act. prèvia
	20	28	29	28	29	28	18	27	26	22	17	23	20	19	20	30	7
Recompte de dades																	

Dóna raons més aviat incoherents o no en dóna							Identifica fets amb errors			No fa referències a teories			No relaciona casualment			
Act. prèvia	Redi	Després R	GE Redi	Pasteur	GE. Pasteur	Canvi opinió	Van Helmont	Redi	Nou fets	Pasteur	Van Helmont	Redi	Pasteur	Van Helmont	Redi	Pasteur
25	3	16	13	12	9	15	12	6	6	15	4	3	5	3	5	12
Recompte de dades																

## Algunes conclusions

No seria adequat interpretar els resultats anteriors sense tenir en compte la possibilitat d'un cert marge d'error i de subjectivitat a l'hora de classificar les respostes dels alumnes i la distorsió que pot comportar transformar aquestes dades qualitatives en dades numèriques. De totes maneres els resultats obtinguts permeten afirmar, d'acord amb la hipòtesi, que qui ha seguit el model sobre com justificar amb menys errors té tendència a produir més raons coherents i, per tant, justificacions de més qualitat.

En aquesta experiència hem comprovat que la majoria d'alumnes ha aconseguit elaborar justificacions més aviat correctes des del punt de vista del model proposat, especialment en els casos de Van Helmont i Redi. En el cas de Pasteur el nombre de justificacions acceptables és més petit. El mètode a seguir per justificar l'entenen i l'apliquen força bé quan analitzen fets i teories que inclouen conceptes prou coneguts. Però els experiments de Pasteur requereixen tenir un corpus de coneixements molt allunyat del d'alguns alumnes i això els fa difícils d'entendre i, per tant, de justificar.

Per tant, es comprova la forta interrelació entre conèixer els continguts relacionats amb una determinada temàtica i saber escriure sobre ella. Així comprovem que la principal dificultat per elaborar textos justificatius coherents amb relació als experiments de Pasteur està en la falta de coneixements sobre els microorganismes. Per exemple, confonen bacteris amb organismes macroscòpics (d'un microorganisme en pot sortir un cuc, per exemple), i a conceptes com esterilitat

zació, putrefacció i fermentació només s'atribueix un significat quotidià.

Tanmateix, també hem constatat que aprofundir una mica en les característiques d'una justificació ha promogut que bona part de l'alumnat s'esforcés a raonar de forma més coherent en el marc de la ciència i prenguéss consciència que sovint les seves expressions no es poden arribar a entendre. Des del nostre punt de vista aquests aspectes són bàsics si es volen aconseguir aprenentatges significatius, ja que han hagut de buscar raons i arguments idonis, millorar la precisió amb què expressen les seves idees i organitzar-les lògicament.

Pel que fa a la dinàmica de l'activitat, considerem que ha funcionat força satisfactòriament, tot i que caldria introduir alguns canvis. Ja hem comentat que en nivells d'ESO només es podrien comparar els punts de vista de Van Helmont i Redi o, en tot cas, caldria que quedessin més clars els objectius dels experiments de Pasteur.

També pensem que el redactat d'algunes de les qüestions podria millorar, de manera que l'alumnat tingués més moments per sintetitzar les idees. El guió de l'activitat implicava respondre diverses qüestions curtes (20) relacionades amb l'anàlisi dels textos històrics, plantejades per facilitar que l'alumnat distingís entre els diferents tipus de raons i les relacionés. Tanmateix faltaven qüestions de tipus més global com la que es va formular a la prova final. Creiem que no és estrany que aquestes redaccions fossin poc adequades ja que l'alumnat no havia tingut ocasió d'escriure i regular textos llargs.

Tot i així pensem que és utòpic pensar que a través d'una sola activitat d'aquest tipus l'alumnat pot aprendre a identificar les característiques d'un text justificatiu. Creiem més aviat que és un objectiu a incloure en totes les activitats del curs encara que segurament són necessaris moments específics per promoure la reflexió sobre com s'escriuen els diferents textos científics o es parla sobre ciència. És en aquest sentit que valorem la necessitat de continuar dissenyant activitats amb aquesta finalitat i aprofundint en com ajudar l'alumnat a superar les seves dificultats per comunicar la ciència.

## Referències bibliogràfiques

- ARCA, M.; GUIDONI, P.; MAZZONI, P. (1990): *Enseñar Ciencia*. Barcelona: Paidós/Rosa Sensat.
- BENTLEY, D.; WATTS, M. (1992): *Communicating in school science. Groups, tasks and problem solving*. London: The Falmer Press.
- BLISS, J.; OGBORN, J. (1985): "Children's choices of uses of energy". *Eur. J. Sci. Educ.*, V7 (2), p.195-205.
- BROUSSEAU, G. (1980): "L'échec et le contrat". *Recherches*, núm. 41, p. 177-182.
- COSTA, R.; CORELL, M.; GENE, A.M. (1978): *La vida comienza*. Barcelona: Avance.
- DIVERSOS AUTORS (1997): "Lenguaje y comunicación". *Alambique*, núm. 12, Barcelona: Graó.
- GRUP QUERCUS (1990): *Curs pràctic de Ciències Naturals. V.2 Biologia*. Madrid: Akal.
- IZQUIERDO, M. (1992): "Què són les ciències? Una reflexió imprescindible per ensenyar ciències", a: GELI, A.M.; TARRADELLAS, R.M. (edres.) *Reflexions sobre l'ensenyament de les Ciències naturals*. Vic: Eumo.
- JORBA, J.; SANMARTÍ, N. (1996): *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Madrid: MEC.
- JORBA, J.; GÓMEZ, I.; PRAT, A. (1997): *Ús de la llengua en situació d'ensenyament aprenentatge des de les àrees curriculars*. Cerdanyola: ICE de la UAB.
- LEMKE, J.L. (1997): *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- LLORENS, J.A.; JAIME, M.C. (1995): "La producción de textos científicos en el aprendizaje de las ciencias", *Comunicación, lenguaje y educación*, vol. 25, p. 113-132.
- MANUEL DE, J.; GRAU, R. (1996): "Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico", a *Alambique* 7, p. 53-63. Barcelona: Graó.
- O'TOOLE, M. (1996): "Science, schools, children and books: Exploring the classroom interface between science and language", *Studies in Science Education*, vol. 28, p. 113-143.
- OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I.; MCGILLICUDDY, K. (1996): *Explaining Science*. G.B.: The Open University Press.
- SANMARTÍ, N. (1995): "Per aprendre Ciències cal aprendre a parlar sobre les experiències i sobre les idees", *Articles*, núm. 6, p. 7-22.
- SANMARTÍ, N.; JORBA, J. (1997): "Importancia del lenguaje en la evaluación del proceso de construcción de los conocimientos científicos" *Actas de las II Jornadas Internacionales sobre o ensino da química*. Vigo: Universidad de Vigo, p. 209-231.

SUTTON, C. (1992): *Words, science and learning*. G.B.: Open University Press.

VESLIN, J. (1988): "Quels textes scientifiques espere-t-on voir les élèves écrire?", a: *Aster*, núm. 6, p. 91-127.

## **Paraules clau**

*Ciències de la natura*

*Educació Secundària*

*Ensenyament*

*Aprenentatge*

*Científic*

*Autoavaluació*

*Avaluació*



## Abstracts

*En el artículo se analiza una experiencia, llevada a cabo en una aula de secundaria, que tiene como objetivo promover que el alumnado aprenda a justificar científicamente. En él se estudian las principales dificultades de los estudiantes al interpretar experiencias históricas en relación al origen de los seres vivos y las interrelaciones entre la calidad de los textos producidos desde el punto de vista científico y desde el punto de vista lingüístico.*

*L'auteur de l'article analyse une expérience conduite dans une classe du secondaire et visant à ce que les élèves apprennent à justifier scientifiquement. Partant du cas de l'origine des êtres vivants, il étudie les principales difficultés des élèves à interpréter des expériences historiques et les liens entre la qualité des textes produits d'un point de vue scientifique et d'un point de vue linguistique.*

*The article analyses an experiment carried out in a secondary school classroom, whose aim is to encourage the students to learn to justify scientifically. It studies their main difficulties in interpreting historical experiments concerning the origin of living beings and the relative quality of the texts produced from a scientific and a linguistic point of view.*