

## QUINA BIOLOGIA ENS CAL, AL BATXILLERAT?

JORDI DE MANUEL

*IES Joan Miró, L'Hospitalet de Llobregat.*

Adreça per a la correspondència: Jordi de Manuel. IES Joan Miró. Av. Europa, 153.  
08907 L'Hospitalet de Llobregat. Adreça electrònica: *jdemanu@xtec.cat*.

### RESUM

La importància de la biologia en l'educació secundària es justifica per la seva rellevància social, científica i personal. Per elaborar el currículum de la biologia al batxillerat s'haurien d'establir criteris que partissin no tan sols del coneixement científic nou, sinó també de les necessitats reals de la societat i de les aportacions de la recerca en didàctica de les ciències. En l'article s'esmenten algunes dificultats en l'aprenentatge de la biologia i es fa ressaltar la importància d'ensenyar habilitats científiques relacionades amb la investigació, així com d'estructurar l'aprenentatge a partir de contextos no formals. Finalment, s'argumenta la rellevància de les proves d'accés a la universitat com a reguladores de l'ensenyament de la biologia al batxillerat i es proporcionen exemples il·lustratius.

**Paraules clau:** didàctica de la biologia, currículum de batxillerat, habilitats científiques, biologia contextualitzada, selectivitat.

### WHICH BIOLOGY IS NEEDED IN 16-18 EDUCATION?

### SUMMARY

The importance of biology in secondary education is justified by its social, scientific and personal relevance. The design of the 16-18 biology curriculum must take in consideration criteria not only based in knew biological knowledge but also in real social necessities and contributions on research of science education. This paper reports some difficulties in the process of learning biology. The importance of learning scientific skills in relation with research is remarked as well as presenting non formal contexts in learning activities. Finally, this work discusses on the relevance of the external assessment (university access examinations), as it regulates the learning of 16-18 biology. Some illustrative examples of it are reported.

**Key words:** biology education, 16-18 science curriculum, scientific skills, biology in context, external assessment.

## INTRODUCCIÓ

En aquests darrers anys s'està esdevenint una revolució en les ciències biològiques, en part per l'impuls de la bioinformàtica, i en part pel desenvolupament de la biotecnologia i de les ciències ambientals. El significat de *gen*, per exemple, ha començat a ser sacsejat pel nou marc del coneixement (Pearson, 2006). Tampoc no s'ha lliurat de l'agitació, però, el currículum de la biologia i de les ciències experimentals en l'educació secundària, i no tant perquè els canvis successius (o intencions de canvi) hagin estat provocats precisament per les aportacions científiques noves, per innovacions didàctiques, o per una investigació rigorosa sobre què s'ha de *saber* i què s'ha de *saber fer*, sinó perquè han obeït —com altres vegades— a criteris fonamentalment polítics i estètics. Qualsevol professional de l'educació que dugui uns quants anys en les aules de secundària sap a què m'estic referint, i també sap que aquest fet provoca desconcert i desencís al professorat.

Aquest article pretén justificar la conveniència d'aprendre biologia i adquirir habilitats científiques en el batxillerat, i fa una anàlisi breu dels canvis que han experimentat els plans d'estudis en els darrers anys. S'aporten idees per establir criteris sobre els quals es pugui construir un currículum de biologia per al batxillerat. Tot i que no és l'objectiu d'aquest treball —i es desenvolupa amb més profunditat en altres articles d'aquest mateix volum— també s'apunta una reflexió sobre aspectes metodològics relacionats directament amb l'aprenentatge de la biologia, amb els tipus de continguts i amb el seu enfocament. Es destaca la importància d'ensenyar a fer recerca científica i s'argumenta la influència i la regulació que exerceix la prova de selectivitat, tot mostrant-ne la tipologia i alguns exemples d'exercicis il·lustratius.

## PER QUÈ CAL APRENDRE BIOLOGIA?

Actualment la biologia és una matèria obligatòria del batxillerat de ciències de la naturalesa i de la salut, la qual cosa es fonamenta en el fet que l'aprenentatge dels continguts propis d'aquesta matèria ha d'aportar prou bagatge perquè l'alumnat pugui cursar el grau superior de formació professional o estudis universitaris relacionats amb l'esmentada modalitat. Això no obstant, la biologia que s'aprèn al batxillerat ha de proporcionar també una manera d'entendre la naturalesa i la vida i, sobretot, una capacitat per debatre i resoldre problemes amb criteri científic. Qualsevol persona culta no tan sols ha de ser capaç de conèixer i interpretar els fets històrics de la societat i el món, sinó que també ha de saber donar una explicació coherent als fenòmens i als canvis naturals que s'esdevenen en el seu entorn i en la seva persona. Tot entenen així la cultura, si ser culte implica també tenir una visió científica del món, es planteja una paradoxa sobre la finalitat del batxillerat: si els estudis de batxillerat tenen com a objectiu preparar persones que després han d'accedir a estudis superiors, no és una contradicció que els estudiants de totes les modalitats no cursin matèries de caràcter científic? Sembla que aquesta situació pot canviar lleugerament amb la nova llei d'educació (LOE), ja que tots els estudiants de batxillerat cursaran la matèria ciències per al món contemporani, els continguts de la qual han de garantir l'assoliment d'uns mínims de cultura científica.

Wood-Robinson i altres (1998) sostenen que l'educació científica té una *finalitat utilitària* (en relació amb l'aplicació dels coneixements a la vida quotidiana), una *finalitat democràtica* (en relació amb la importància social dels continguts) i una *finalitat cultural* (la ciència és cultura). Sota aquesta perspectiva, sembla clar que la biologia que s'ense-

nya al batxillerat (o en qualsevol altra etapa educativa) no tan sols ha de proporcionar coneixements de caire conceptual, sinó que també ha de dotar d'habilitats científiques i d'actituds relacionades amb aquest àmbit de coneixement. Comprendre un concepte no sempre suposa saber aplicar-lo en diferents contextos (*saber usar-lo*), ni garanteix aprendre a debatre críticament la implicació social d'aquest. És sota aquesta perspectiva que cal fer una anàlisi valenta i rigorosa per avaluar el currículum de biologia en el batxillerat i per determinar, si és el cas, el que li manca i el que li sobra. La major dificultat, però, es troba per definir clarament els criteris per a l'elaboració d'aquest currículum.

### COM S'HAN D'ESTABLIR CRITERIS PER TRIAR CONTINGUTS?

Sovint els criteris per triar i determinar els continguts educatius obeeixen a l'experiència personal dels equips que elaboren el currículum: allò que un creu que és important està influït per la seva experiència com a estudiant o docent, pel professorat que ha tingut, per les lectures i la formació que ha rebut, pels materials didàctics que acostuma a utilitzar, pel marc d'interès propi (la seva especialitat o els seus gustos) i sovint també per la inèrcia («si m'ha anat prou bé amb el que m'ha tocat aprendre, per què no pot anar bé als altres?»). No hi ha dubte que l'experiència és important, però no hauria de ser l'única font que inspire un pla de continguts educatius. Per establir els criteris que permetin dissenyar el currículum de la biologia del batxillerat caldria investigar quines són les necessitats, actuals i previsibles, dels professionals que tenen relació amb la biologia (persones que es dediquen a la investigació bàsica, a la recerca aplicada, a la sanitat, al processament industrial, a la gestió del medi natural o dels recursos, a l'agroalimentació i, evidentment, a la

docència). S'ha fet alguna recerca d'aquest tipus o, almenys, una recerca orientada a trobar les necessitats reals que permetin establir i orientar un currículum per a la biologia en l'educació secundària? Els plans d'estudi (freqüentment, llistes de continguts conceptuals) solen ser encarregats a tècnics i professionals de l'educació en actiu o algunes vegades, m'atreviria a aventurar, a acadèmics que mai no han treballat dins una aula de secundària o que n'estan força desconnectats. Per més maquillatge pedagògic que s'imprimeixi als continguts, el punt de partida —el mètode per elaborar-lo i el resultat final— no està lluny de ser un endemisme: més del mateix.

L'any 1990 la LOGSE va introduir canvis significatius en el batxillerat (MEC, 1991), que en cas de la biologia es descriuen i s'analitzen a Grau i Manuel (1995). El currículum de l'anterior batxillerat (BUP) i COU provenia de la Llei General d'Educació de 1970. La LOGSE ordenava, tant en l'ESO com en el batxillerat, canvis en els continguts i en les orientacions que tenien en compte per primera vegada les aportacions de la recerca en didàctica de les ciències. No es pretén aquí discutir sobre les implicacions derivades d'allargar els estudis obligatoris fins als setze anys, ni sobre quins varen ser els mitjans amb els quals es va aplicar inicialment la reforma educativa a Catalunya, sinó d'analitzar els criteris que guien l'elaboració d'un currículum. Poc més d'una dècada més tard, es va elaborar la Llei de Qualitat de l'Educació (juliol de 2003; BOE 159), que al nostre país no va arribar a aplicar-se. Tot seguit es mostren alguns exemples de continguts de primer de biologia de batxillerat (corresponents a la matèria *biologia i geologia*) de la derogada Llei de Qualitat de l'Educació:

En l'apartat 5 («Formes d'organització dels organismes») s'expressava textualment: «[...] Histologia y organografía vegetal. Concep-

TAULA 1. *Perfils professionals dels titulats en biologia definits per l'informe del nou Espai Europeu de Docència Universitària (ANECA, 2004)*

<p><b>Professional sanitari</b> en laboratori clínic, reproducció humana, salut pública, nutrició i dietètica, entre altres.</p> <p><b>Professional de la investigació i desenvolupament</b> científic en tots els àmbits d'avenç fonamental i aplicat de les ciències experimentals i de la vida.</p> <p><b>Professional de la indústria</b> farmacèutica, agroalimentària i química, principalment.</p> <p><b>Professional agropecuari</b> en l'optimització dels conreus vegetals, animals i fongs.</p> <p><b>Professional del medi ambient</b> principalment en sectors com l'ordenació, conservació i control del territori, gestió de recursos, gestió de residus, avaluació d'impactes i restauració del medi natural.</p> <p><b>Professional d'informació, documentació i divulgació</b> en museus, parcs naturals, zoològics, editorials, gabinets de comunicació, etc.</p> <p><b>Professional del comerç i màrqueting</b> de productes i serveis relacionats amb la ciència biològica.</p> <p><b>Professional de la gestió i organització d'empreses</b> que realitza tasques de direcció o alta gestió en àmbits empresarials relacionats amb la formació del biòleg.</p> <p><b>Professional docent</b> en l'ensenyament secundari, universitari i en la formació professional, continuada i de postgrau.</p>
--

tos básicos. Histología y organografía animal. Conceptos básicos.»

Tot seguit, a l'apartat 6 (regne plantes), deia: «[...] La relación: los tropismos y las nastias. Principales hormonas vegetales.»

En tot el document del mateix decret, en tota la biologia del batxillerat, no apareixia el terme *virus*. S'ha de dir també que a la resta de l'Estat, al primer curs de batxillerat es cursa biologia i geologia i, a segon, biologia. A Catalunya hi ha biologia a primer i a segon (com a matèria, separada de la geologia), així com ciències de la Terra i del medi ambient (també a primer i a segon). Una diferència substancial és que els continguts d'ecologia a la resta de l'estat no s'imparteixen en la matèria biologia (es fan en ciències de la Terra i el medi ambient), amb el risc que això suposa que l'ecologia desaparegui del currículum de la biologia a Catalunya. Aquesta mateixa llei enumerava alguns objectius generals relacionats amb habilitats científiques, però en els apartats en què es concretaven i s'explicitaven els continguts, no hi havia cap punt referit a les esmentades habilitats (llevat de l'exploració experimental de les característiques de la cèl·lula).

En canvi, el PISA 2000 (Programme for

International Students Assessment), aplicat a estudiants de secundària obligatòria, defineix així l'alfabetització científica: «La capacitat d'utilitzar el coneixement científic, identificar preguntes rellevants i extraure conclusions basades en evidències, amb la finalitat de comprendre i ajudar a prendre decisions en relació amb els fenòmens naturals i als canvis introduïts a través de l'activitat humana.»

Encara que el PISA no s'apliqui en el batxillerat, cal analitzar el tipus de situacions que presenta i què s'avalua en cada situació (OECD, 2000). També, tot i que correspongui a l'educació primària i a la secundària obligatòria, convindria repassar les propostes sobre l'educació científica que s'enuncien en el document del Debat Curricular (DE, 2005) que recentment s'ha dut a terme en el marc del Pacte Nacional d'Educació. Ambdós documents orienten i donen indicis per definir criteris per elaborar un currículum científic en el batxillerat.

Arran del nou espai europeu de docència universitària, fa poc s'ha realitzat un informe (ANECA, 2004) que concreta nou perfils professionals (vegeu la taula 1) de la biologia amb l'enumeració de les competències genèriques i específiques per a cada

perfil, agrupades en el que *s'ha de saber* i en el que *s'ha de saber fer*. Quines implicacions tindria utilitzar una recerca o un informe d'aquest tipus per establir els criteris d'un currículum nou per a la biologia del batxillerat? Probablement alguns continguts, dels anomenats clàssics (que es mantenen inalterables des de dècades ençà), haurien de descartar-se i n'emergirien d'altres, sobretot relacionats amb les habilitats i les descobertes científiques noves, i també les necessitats socials. El fet és que entre el professorat també hi ha diversitat i no seria fàcil posar-se d'acord sobre *què s'ha d'ensenyar*. Per il·lustrar aquesta idea, Claxton (1994) recupera una sàtira que va publicar el 1939 Harold Benjamin que du per títol *El currículum de dents de sabre*, que ens fa retrocedir al currículum ancestral, quan als joves se'ls formava per capturar peixos, caçar cavalls llanuts a garrotades i foragitar amb foc els tigres de dents de sabre. La faula especula sobre què passaria amb aquests continguts d'aprenentatge quan algú inventés la canya de pescar, i els cavalls llanuts i els tigres de dents de sabre fossin substituïts respectivament per poblacions d'antílops i ossos. Què passaria amb aquell «currículum»? Aquest és un fragment de la narració de Benjamin sobre la discussió entre savis i aprenents:

«—No siguis beneit —li varen dir els ancians savis tot mostrant els seus somriures més benèvols—. No ensenyem a capturar peixos amb la finalitat de capturar peixos; ho ensenyem per desenvolupar una agilitat general que mai no es podrà obtenir amb una instrucció trivial. No ensenyem a caçar cavalls a garrotades per caçar cavalls; ho ensenyem per desenvolupar una força general que l'aprenent mai no podrà obtenir d'una cosa tan prosaica i especialitzada com caçar antílops amb xarxa. No ensenyem a foragitar tigres amb la finalitat de foragitar tigres; ho ensenyem amb el propòsit de donar aquest noble coratge que s'aplica a tots els nivells de la vida i que mai

no podria originar-se en una activitat tan bàsica com matar ossos.

»Tots els radicals es varen quedar sense paraules davant d'aquesta declaració; tots llevat del més radical de tots. Estava desconcertat, és cert, però era tan radical que encara va fer una última protesta.

»—Però, però malgrat tot —va suggerir—, haureu d'admetre que els temps han canviat. No us podríeu dignar a provar aquestes altres activitats més modernes? Després de tot potser tinguin algun valor educatiu.

»Fins i tot els companys radicals d'aquest home varen pensar que havia anat massa lluny.

»Els savis ancians estaven indignats. El somriure es va esvaïr dels seus rostres. —Si tu mateix tinguessis alguna educació —li varen dir greument—, sabries que la veritable educació és la intemporalitat. És quelcom que roman a través de les condicions canviants com una roca fermament plantada enmig d'un torrent tumultuós. Has de saber que hi ha veritats eternes i el currículum de dents de sabre n'és una!»

Tan sols una recerca que detecti les necessitats actuals i futures dels professionals sobre què cal saber de biologia i quines habilitats científiques s'han d'adquirir pot aportar criteris per elaborar el currículum. Caldria evitar el cercle viciós que suposa que el disseny dels currículums (de la biologia o de qualsevol altra matèria) sigui responsabilitat d'uns quants professors o acadèmics a partir de la seva experiència i intuïció, per més carregats que estiguin de bones intencions. Millar i Osborne (1998) proposen quatre grans objectius que haurien de guiar l'educació científica: *a)* millorar la comprensió dels conceptes científics, *b)* consolidar les habilitats per raonar i pensar críticament, *c)* desenvolupar una comprensió més profunda de la naturalesa de la ciència i *d)* fer que la qualitat de l'entorn d'aprenentatge de la ciència sigui més agradable. Monereo i Pozo (2001) van una mica més enllà, i en un article que duu per títol «¿En qué siglo vive la escuela?» posen

en dubte que en els centres educatius de primària i secundària s'estigui ensenyant a l'alumnat continguts que permetin interpretar, adaptar-se i transformar el món en què els tocarà viure. En altres paraules: l'educació segueix l'estela dels canvis i les necessitats socials, en lloc d'anar per davant i anticipar-se per preparar l'alumnat amb capacitats i coneixements que els faran falta al llarg de la seva vida. Aquest argument pren força si el traslladem a la biologia, on l'allau de coneixements nous té una considerable rellevància personal, científica i, òbviament, social.

## ENSENYAR I APRENDRE BIOLOGIA

### Les dificultats per aprendre biologia

Històricament, el coneixement de la biologia ha experimentat canvis importants, fins i tot en el significat atribuït a molts conceptes científics fortament arrelats. Les teories evolutives, en contraposició al fixisme i creacionisme, o els experiments per refutar la generació espontània, són exemples històrics, però també podem trobar paradigmes més recents, com ara la descoberta d'*Helicobacter pylori* com l'agent causant de la infecció que pot provocar gastritis i úlce- ra gastroduodenal (fins fa poc es creia que els mals hàbits alimentaris i l'estrès n'eren les causes principals) o la publicació del genoma humà el 2004, que divideix per quatre el nombre de gens que es creia que tenia *Homo sapiens* (de més de cent mil passem a tenir-ne menys de vint-i-cinc mil). Noves teories n'han refutat d'altres, i sobre aquestes s'ha construït el nou coneixement científic: la teoria de la selecció natural de Darwin i Wallace per explicar els canvis evolutius, per exemple, va desplaçar l'herència dels caràcters adquirits i la teoria que postulava Lamarck. Conèixer la naturalesa canviant

de la ciència pot desconcertar l'alumnat, però els canvis i la falta de dogmatisme de la ciència són justament l'essència en la qual es fonamenta la construcció del coneixement científic. No tan sols és important *ensenyar ciència*, sinó també *ensenyar sobre la ciència* (Hodson, 1994).

La recerca sobre les concepcions i les idees alternatives relacionades amb els fenòmens naturals demostren que hi ha un cert paralelisme entre les teories que generen les persones sobre molts fenòmens naturals i la visió que ha tingut la ciència al llarg de la història sobre els mateixos fenòmens (Jiménez, 1987; Giordan i De Vecchi, 1988; Serrano, 1987; Manuel i Grau, 1996). La complexitat i l'evolució de la ciència que s'ha anat construint al llarg de la història ens pot ajudar a identificar els problemes que dificulten l'aprenentatge dels conceptes científics (Izquierdo, 1996). Així, bona part dels estudiants expliquen els canvis evolutius amb idees lamarckianes (Grau i Manuel, 2002); la generació espontània sovint «apareix» en les explicacions dels estudiants quan es presenten determinades situacions («d'on vénen les floridures de la pela d'aquesta taronja?» o «com s'han originat els cucs que apareixen en la carn quan es descompon?»); l'aprenentatge del procés de la fotosíntesi per part dels estudiants és un camí ple d'entrebancs, que fa pensar en el flogist de Stahl o en els experiments de Van Helmont i, en definitiva, a comprendre i aplicar el concepte d'ésser autòtrof. En el batxillerat s'aborda a bastament el procés de la fotosíntesi, així com les transformacions que fan possible el cicle de la matèria, però l'alumnat manté idees alternatives que persisteixen més enllà dels batxillerat (vegeu les figures 1 i 2, a partir de Manuel, 1995).

L'aprenentatge de l'ecologia, la genètica i l'evolució exigeix sovint que l'alumnat sigui capaç de pensar en termes de població, més que en individus concrets (Manuel i Grau, 1996), i aquest és un salt qualitatiu en la ma-

nera de raonar que a molts estudiants els resulta summament difícil.

El llenguatge que utilitza la ciència és una altra raó de la dificultat per comunicar i ensenyar ciència, però l'alfabetització científica en l'ensenyament obligatori i, molt especialment, els aprenentatges al llarg del batxillerat, exigeixen que l'alumnat compregui i usi amb competència una determinada terminologia científica. Lemke (1995) utilitza l'expressió *parlar ciència* (*talking science*) per referir-se al llenguatge que sovint utilitza el professorat de ciències en les classes. Els nois i les noies, però, usen el seu llenguatge propi per donar un significat als continguts, que pot ser molt diferent del que té el professorat.

El caràcter sistèmic de la biologia tampoc no facilita el seu aprenentatge: la comprensió d'un determinat concepte sovint es re-

laciona amb altres. Si pensem en fenòmens com ara la regulació osmòtica d'un protozou, els mecanismes homeostàtics del medi intern d'un mamífer o l'eutrofització d'un ecosistema aquàtic, veurem que hi ha tot un seguit de coneixements no propis de la biologia que cal relacionar perquè aquests fenòmens prenguin significat. El fet que la comprensió de bona part dels fenòmens biològics depengui del coneixement d'altres disciplines científiques, dificulta l'aprenentatge.

### La importància d'ensenyar a fer recerca

La didàctica de la biologia no s'ha de limitar tan sols a *ensenyar biologia*, a conèixer i fer ús de conceptes; també cal aprendre a *fer biologia*, la qual cosa significa que, com a

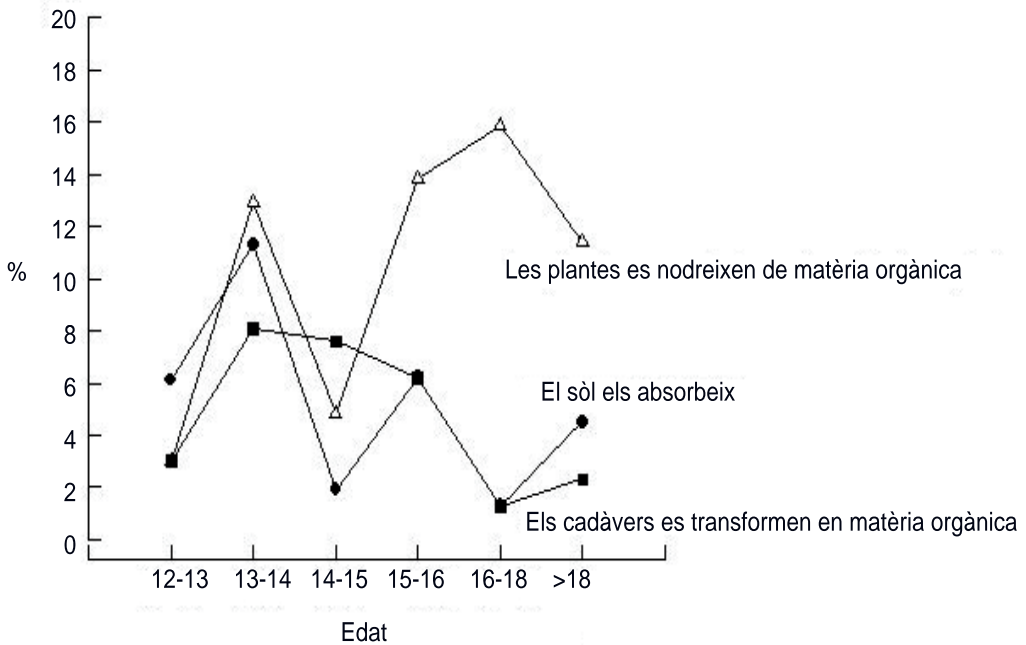


FIGURA 1. Distribució de concepcions per edats (en una mostra de mil estudiants) sobre les transformacions que es donen en els organismes morts i com les plantes en treuen profit. L'alumnat major de divuit anys eren estudiants de 1r curs de biologia.

TAULA 2. Respostes donades per professionals de l'educació de diferents matèries i nivells educatius a la qüestió: Per què creus que és important que el teu alumnat faci recerca?

- Conrear la curiositat i la imaginació, i estimular la creativitat.
- Capacitar les persones per fer-se preguntes i imaginar respostes (formular hipòtesis).
- Aprendre a comprovar la validesa d'aquestes respostes imaginades.
- Posar en pràctica l'aplicació dels coneixements.
- Adquirir habilitats per desenvolupar l'autonomia: aprendre a moure's, saber cercar informació en diversos entorns (Internet, biblioteques, hemeroteques, museus, centres educatius, carrer, camp...).
- Capacitar per seleccionar i processar informació, tot discriminant el que és útil i important del que és accessori i irrelevant.
- Capacitar per al treball cooperatiu.
- Saber comunicar el que s'ha trobat (escrivint, parlant, amb esquemes i imatges).
- Desenvolupar un pensament crític, a través de la recerca, que permeti discriminar el que té una base rigorosa del que no en té.
- Divertir-se i alhora aprendre, ja que les recerques generalment parteixen de l'àmbit afectiu.

ciència experimental, un programa d'ensenyament d'aquesta matèria en el batxillerat no hauria de deixar d'ensenyar habilitats relacionades amb la investigació. Investigar, fer recerca, no consisteix tan sols a usar el material de laboratori i seguir les instruccions d'un protocol experimental, sinó tam-

bé a adquirir habilitats pròpies del procés d'investigació.

Les noves tecnologies han produït transformacions socials importants, algunes de les quals tenen implicacions significatives en el món de l'educació i els nous recursos didàctics que originen (vegeu Llort,

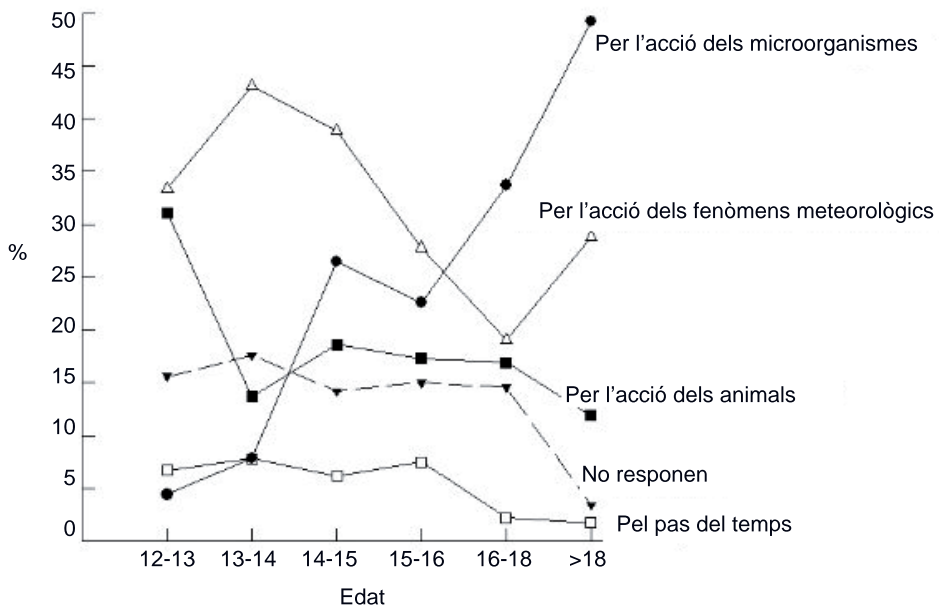


FIGURA 2. Distribució de concepcions per edats (en una mostra de mil estudiants) sobre les causes que fan possible les transformacions que experimenten els excrements dels animals. L'alumnat major de divuit anys eren estudiants de 1r curs de biologia.



en aquest mateix volum). La facilitat per generar, processar i difondre informació ha capgirat la situació: fins fa poc la informació costava d'obtenir; ara és abundant, sovint excessiva, i no resulta fàcil extreure del «soroll» allò que realment ens interessa. En altres paraules, la dificultat per assolir coneixements actualment no es troba en la manca d'informació, sinó en el fet de saber filtrar-la i processar-la.

El professorat, en general, creu que ensenyar a fer recerca és important. La taula 2 mostra el ventall de respostes que varen donar professionals de l'educació de diferents especialitats (des d'educació infantil a batxillerat) quan els preguntàvem per què és important fer recerca en l'àmbit escolar (Manuel, 2000).

Aprendre a investigar té un alt valor educatiu, no tan sols per l'aprenentatge d'habilitats relacionades amb la ciència, en aquest cas amb la biologia, sinó perquè aporta els recursos necessaris per poder formar-se un criteri, per distingir el que és ciència de pseudociència (Jiménez i Sanmartí, 1997), per discriminar les dades i les informacions poc rigoroses de les que ho són i, en definitiva, per prendre decisions amb esperit crític i llibertat.

Hi ha, però, dificultats objectives per aprendre a fer recerca científica, tot i que en el nostre àmbit hi ha suggeriments i idees per facilitar-ho (Grau, 1991; Albaladejo i Grau, 1992) i s'han publicat alguns llibres de text i materials didàctics que incorporen activitats que promouen aquests tipus d'aprenentatges. Cal ser conscients, però, que hi ha impediments d'una altra naturalesa que dificulten que en les aules de secundària s'ensenyi a fer recerca científica:

— Bona part dels professors i professores de ciències no han estat instruïts (ni en secundària ni en la universitat) per fer recerca, fet que dificulta ensenyar-la. Tamir (1989) recull els conceptes clau que hauria de conèixer el professorat de ciències per

ensenyar a fer recerca. En qualsevol cas, si hem d'ensenyar-la cal formar-se adequadament, com requereix qualsevol altra feina qualificada.

— No abunden els materials didàctics que incloguin activitats en què l'alumne aprengui habilitats de recerca científica (observar, fer-se preguntes, formular hipòtesis, identificar i controlar variables, fer rèpliques, planificar un experiment...). Si l'aprenentatge d'aquestes habilitats s'incorpora d'una manera inequívoca al currículum de la biologia del batxillerat, caldrà que els llibres de text i altres materials incloguin amb normalitat activitats en aquesta línia, activitats que fins fa poc eren escasses (Tamir i García, 1992).

A Catalunya, els estudiants de batxillerat han de realitzar un *treball de recerca*. Es tracta d'un treball que es realitza amb l'assessorament d'un professor tutor; però, com es pot fer recerca si un estudiant no s'ha trobat abans desenes de vegades en situació d'investigar? Com es pot observar, identificar un problema, processar informació, formular hipòtesis i planificar experiments o accions si prèviament no s'ha après a fer-ho? És evident que si no s'ensenyava a investigar abans del batxillerat una bona part dels treballs de recerca difícilment s'ajustaran al que és pròpiament una investigació. En el nou currículum d'educació secundària obligatòria d'aplicació a Catalunya, en l'últim curs, s'enuncia la realització d'un projecte de recerca en grup. Cal no deixar passar aquesta nova oportunitat per ensenyar a investigar. El projecte «Ments curioses», una llavor que va començar en alguns CRP de la ciutat de Barcelona a finals dels anys noranta, s'ha marcat com a objectiu introduir la recerca com a element educatiu en totes les etapes educatives i en diferents àrees de coneixement, des d'educació infantil fins a batxillerat. És desitjable que prosperin iniciatives com aquesta i s'estenguin per tot el país.

Pel que fa a la didàctica de la biologia, tal vegada s'hauria de transgredir la idea tradicional de separar les «pràctiques» de la «teoria». Per bé que pot resultar convenient que els treballs pràctics siguin activitats d'aplicació, hi ha conceptes que poden introduir-se a partir d'un experiment (o de dades experimentals) en què es poden vertebrar altres activitats no necessàriament experimentals. Observar un fenomen biològic amb un experiment il·lustratiu, com ara percebre el bombolleig d'una planta aquàtica quan produeix oxigen, comptar les colònies de bacteris que es desenvolupen en una placa d'agar un parell de dies després de posar-hi un dit, o apreciar el desprendiment de diòxid de carboni que infla un globus acoblat a la boca d'un matràs que conté un cultiu de llevat, pot resultar interessant abans de realitzar altres activitats relacionades amb l'aprenentatge de la fotosíntesi, la reproducció bacteriana o la fermentació, respectivament.

Ensenyar habilitats per investigar sovint no requereix treballar amb materials sofisticats ni amb grans infraestructures, ni cal anar sempre al laboratori. Tan sols es necessita imaginació i, sobretot, el convenciment que aquests continguts són importants i no s'han de deixar de banda. Sovint n'hi ha prou amb materials senzills i accessibles. Tal com es mostra a la figura 4, amb llavors (llenties), aigua, sal i caps de sabates, es poden treballar els processos d'una veritable investigació científica (Quina influència té la salinitat en la germinació de les llenties? Quina influència té la llum en la germinació de les llenties?).

Visitar les jornades de recerca que sovintegen en el nostre àmbit des de fa uns quants anys, llegir els resums dels premis CIRIT de les darreres convocatòries, o fer un cop d'ull als llibres d'actes dels darrers simposis d'ensenyament de les ciències naturals, dona arguments per ser optimista i per adonar-se que bona part del professorat

de ciències a casa nostra ja fa temps que té clar la importància que té ensenyar a fer recerca.

### **Biologia en context: un enfocament diferent**

Les persones som més receptives i, en general, aprenem millor amb allò que més ens motiva i interessa. És per això que pot resultar eficaç organitzar l'aprenentatge de la biologia a partir de situacions pròpies de contextos no formals, propers a la realitat de l'alumnat i a les seves vivències. Així, per exemple, no és el mateix introduir els conceptes clau del catabolisme a partir de les transformacions energètiques que es donen en una cèl·lula (context formal), que fer-ho a partir d'una situació que presenti un atleta que està realitzant una cursa, amb els batecs cardíacs i el ritme respiratori accelerats i els músculs de les cames que comencen a defallir (context no formal); igual que no és el mateix aprendre els conceptes relacionats amb l'herència lligada al sexe a partir d'una explicació dels heterocromosomes i els gens lligats al sexe (context formal), que

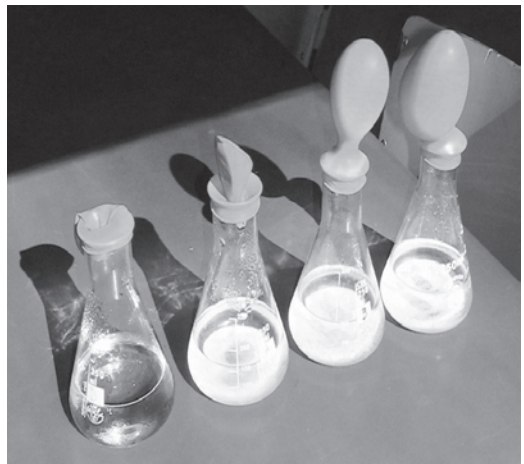


FIGURA 3. Resultats d'una recerca senzilla sobre la influència de la temperatura en la fermentació del llevat del pa.

enfocar-ho a partir de l'estudi d'un cas d'un noi hemofílic i dels seus antecedents familiars (context no formal).

No es tracta de partir sempre de situacions de rellevància personal, sinó també de contextos en què la biologia adquireix interès social (demostrada per la seva presència freqüent als mitjans de comunicació: les cèl·lules mare, la diagnòsi preimplantacional, el clonatge, els transgènics, les espècies invasores, els trastorns alimentaris, l'extinció d'espècies, el desenvolupament sostenible, els brots epidèmics, el càncer, la sida, etc). Tampoc no es tracta de fer servir exemples puntuals que ens serveixin per introduir i aplicar ràpidament els continguts científics, sinó vertebrar l'entramat conceptual que donarà resposta al problema a partir de l'anàlisi detallada de la situació. Aquesta estratègia didàctica implica un enfocament en què té un paper important el plantejament de problemes i la possibilitat de discutir-los, la qual cosa exigeix que els alumnes parlin, s'escoltin, escriguin, planifiquin, busquin informació i, en definitiva, interaccionin entre ells i amb el professor o profesora que dirigeix i organitza el procés.

Hi ha força corrents i línies de treball en aquesta línia (diversos autors, 2005). A Catalunya hi ha grups de treball que estan traduint, adaptant o generant materials originals que basen la seva estratègia didàctica en la contextualització dels continguts, i probablement algunes editorials apostin per aquests tipus de materials.

### **El temps: l'«enemic» històric del professorat**

Algun lector o lectora que hagi arribat fins aquí i es dediqui al món de l'educació tal vegada haurà pensat que tot això és idíl·lic i que per aplicar-ho cal tenir més temps del que realment disposem. Des d'èpoques immemorials el professorat manté una

lluita contra el temps per «acabar el programa»; aquest combat és aferrissat en les matèries científiques, que solen tenir programes farcits de continguts que sovint són difícils d'assolir. DiCarlo (2006) postula que el professorat hauria de treure's del cap la idea errònia que si no «acaben el programa» (habitualment una llista empaquetada de continguts conceptuals) l'alumnat no estarà preparat per al futur. En el nostre entorn és freqüent esgrimir com a argument (si més no en el context del batxillerat) que el fet de no acabar el programa compromet seriosament la prova de selectivitat, però una anàlisi de les proves de biologia d'accés a la universitat evidencien que s'avaluen tant les capacitats científiques (resolució de problemes, dissenys experimentals, elaboració i interpretació de gràfics i taules i esquemes, etc.) com les competències d'àmbit conceptual. Segons Lujan i DiCarlo (2006), el professorat no hauria de preocupar-se tant sobre la «pèrdua» de temps que suposa fer activitats que impossibiliten acabar el programa, sinó en la importància de realitzar activitats que mobilitzin habilitats científiques, ja que l'aprenentatge no consisteix en la retenció memorística d'una sèrie de fets i definicions, sinó que precisa habilitats que facin possible usar recursos, trobar i processar informació. El treball cooperatiu en la resolució de problemes (Grau, en aquest mateix volum), les activitats en petit grup basades en el debat i la discussió sobre el que s'està aprenent o fonamentades en l'aplicació del coneixement científic, impliquen interaccions contínues i una manera de treballar que ocupa més temps que els mètodes expositius. La qüestió de fons és: de quina manera s'aprenen continguts més rellevants?

Explorar les concepcions de l'alumnat per intentar transformar les seves idees alternatives, realitzar activitats en què s'apregui a fer recerca, presentar contextos no formals per aprendre biologia o fer treballar l'alum-

nat en petit grup, no està renyit amb el programa (fins i tot facilita l'aprenentatge de molts continguts curriculars!). Cada professional de l'educació, a partir del seu model didàctic propi (que du implícit la seva concepció sobre com s'ensenya i com s'aprèn), haurà de planificar el temps de què disposa per impartir els continguts preceptius. La decisió és important, ja que determina *què estem ensenyant i què estan aprenent* realment els nostres alumnes sobre biologia al llarg del batxillerat.

## LA INFLUÈNCIA DE LA SELECTIVITAT

Durant el curs 2003-2004 va estar a punt de produir-se un canvi important en els exàmens de selectivitat a Catalunya. El canvi consistia a transformar l'estil de les proves dels darrers anys en una prova objectiva composta majoritàriament per un seguit d'ítems amb opció múltiple de respostes. Com a argument per justificar aquest canvi, s'esgrimia que calia minimitzar la desviació deguda als correctors en una prova tan decisiva com la selectivitat (s'ha de dir que en el cas de la biologia no es va investigar si aquesta desviació era significativa). Resulta difícil, però, imaginar les transformacions que aquest canvi hauria provocat en l'enfocament de l'aprenentatge de la biologia a les aules i laboratoris de secundària.

Per bé que és cert que la selectivitat, com el seu nom indica, té com a objectiu l'ordenació i selecció de l'alumnat perquè triï la seva preferència i accedeixi als estudis universitaris, també té un altre paper no menys important: qualsevol professor o professora que imparteix biologia al batxillerat intenta que el seus alumnes aprenguin biologia i que assolixin els aprenentatges propis de l'educació científica, però també els prepara per superar la prova de selectivitat. Aquest fet fa que l'estil dels exercicis tingui una

influència real i directa (probablement més que tots els articles d'aquest volum) sobre el dia a dia de les classes de biologia, un efecte regulador que es dona també en altres àrees de coneixement i que és enriquidor, per exemple, en el cas de la matèria ciències de la Terra i el medi ambient que, any rere any, a Catalunya ofereix unes proves que són, per si mateixes, bones eines de treball. A Israel, la inclusió d'apartats relacionats amb la recerca en les proves de biologia per a l'accés a la universitat (Tamir i Frankl, 1992), va produir canvis importants en la manera de fer del professorat i, per tant, també en l'aprenentatge. Un altre precedent àmpliament estudiat va ser l'efecte del programa d'avaluació APU (Assessment of Performance Unit, 1984), aplicat a Anglaterra, que



FIGURA 4. Resultats d'un petit grup d'estudiants sobre una recerca sobre la influència de la temperatura en la germinació de les llenties. Es prenen com a rèpliques els resultats, del mateix experiment, d'altres grups. Tan sols es modificava la temperatura (variable independent) i es fixaven les altres variables en condicions de foscor.

va promoure que augmentés la importància de l'aprenentatge de les habilitats científiques en l'ensenyament secundari. Segons Sanmartí (2003) la condició fonamental perquè l'avaluació externa acompleixi les finalitats de millora del sistema d'ensenyament és que es faciliti que els col·lectius implicats puguin prendre decisions orientades al canvi i dur-les a la pràctica. La mateixa autora sosté que el professorat és la variable més important a l'hora de valorar resultats; sempre que els avaluadors externs col·laborin en la resolució dels problemes de la pràctica educativa i els proporcionin ajuts que afavoreixin l'autonomia.

A Catalunya, a finals dels anys vuitanta, hi va haver un tomb en l'enfocament de la prova de selectivitat de biologia. Els exàmens varen començar a incorporar situacions problema en què s'havia d'aplicar el coneixement. A començaments dels noranta, amb la implantació de la LOGSE, es va fer un nou pas de volta, en aquest cas tan sols per a l'alumnat dels centres que havien avançat el nou sistema educatiu: s'inclouien exercicis que avaluaven habilitats científiques (lectures i interpretacions de gràfics i taules amb dades experimentals, disseny d'investigacions...). A partir del curs 2004-2005, un canvi imposat va fer que en les proves d'accés de selectivitat tan sols fos possible avaluar els continguts del segon curs de batxillerat. Això, aplicat a la biologia, impossibilitava la presència d'exercicis dels blocs de continguts de biologia cel·lular i virus, ecologia i organismes, i bioquímica (biomolècules). La prova de biologia va perdre riquesa i diversitat i, el que és pitjor, el seu efecte regulador sobre els continguts del primer curs quedava minimitzat.

En els darrers anys, les proves de selectivitat de biologia han incorporat d'una manera progressiva exercicis que avaluen continguts relacionats amb les habilitats d'investigació. Menoyo (2003) va analitzar aquests exercicis el primer any que varen

aparèixer: el tipus de respostes, la influència de l'enunciat i de la correcció. Seria molt interessant veure ara quin és l'estat de la qüestió. En la pàgina web de la coordinació de la selectivitat de biologia (<http://www.ub.edu/geneticaclass/pau/index.htm>) poden trobar-se, entre altres recursos, activitats per treballar les habilitats científiques, així com els exàmens (proves titulars i d'incidència de juny i de setembre) i les pautes de correcció des del curs 1998-1999. Al final d'aquest article es mostren cinc exemples d'exercicis elaborats per l'equip de coordinació de les proves de selectivitat de biologia que il·lustren el que abans s'ha esmentat: exercici 1 (metabolisme, en un context de fotosíntesi), exercici 2 (ecologia i habilitats científiques en relació amb un disseny experimental), exercici 3 (problema de genètica), exercici 4 (disseny experimental en el context de l'estudi de la fotosíntesi) i exercici 5 (evolució).

## A TALL DE CONCLUSIÓ

Es deu haver advertit que l'article no proporciona cap llista de continguts, ni fa una proposta que estructurí ordenadament els «grans temes» de la biologia del batxillerat. Tampoc no és intenció d'aquest treball demanar explícitament «més hores» per a la biologia, com s'ha fet sovint des d'altres instàncies. La intenció és debatre sobre *què* s'ensenyava i *com* s'ensenyava. El *què* dependrà de l'administració competent en educació i dels criteris que es triïn per elaborar el currículum, però també del grau de profunditat que cada professor i professora doni als continguts, així com de l'enfocament i la interpretació que en facin els projectes editorials i materials que s'editin per al batxillerat; el *com* dependrà inexcusablement de cada professional, que haurà d'aplicar, a partir de la formació i experiència pròpies, el seu model didàctic i les activitats a l'aula, al laboratori i al camp.

El currículum de la biologia del batxillerat s'ha de construir d'acord amb criteris que responguin a les necessitats reals de la societat i dels professionals relacionats amb les ciències biològiques, amb una perspectiva de futur que ens permeti anticipar-nos als canvis. En aquest sentit, és important que d'una vegada per totes s'estableixi un mecanisme que protegeixi —almenys durant un període de temps raonable— els currículums educatius. És inconcebible que cada canvi polític comporti invariablement un canvi curricular. Les transformacions dels plans d'estudis tan sols haurien d'obeir a criteris científics o pedagògics, mai no haurien de ser una conseqüència de línies o tendències ideològiques que sistemàticament pretenen canviar el que han fet els altres (i no sempre sota un prisma educatiu que tingui en compte les aportacions de la recerca i, en el nostre cas, de la didàctica de la biologia).

En el moment de tancar-se l'edició d'aquest volum existeix una versió provisional del nou currículum de la biologia del batxillerat per a Catalunya. Deixant de banda alguns continguts conceptuals proposats i la discutible distribució d'aquests

entre els dos cursos, l'orientació de contextualitzar la ciència, l'èmfasi que es dona en l'aprenentatge d'habilitats científiques i els criteris d'avaluació, coincideixen amb moltes de les idees exposades en aquest article.

Aprendre biologia en l'educació secundària és fonamental, per la rellevància social i personal que té, però també és important adquirir habilitats científiques, com ara aprendre a investigar. Per ensenyar ciències, per ensenyar biologia, no n'hi ha prou de saber-ne. L'ofici d'ensenyar ciència requereix una formació específica: la didàctica de la ciència; en el nostre cas, de la biologia. Explorar i identificar les idees alternatives de l'alumnat, generar activitats per transformar-les, gestionar l'organització de tasques a l'aula, cercar contextos rellevants per als nois i noies i saber com s'avaluen és una feina exigent, que requereix un alt grau de formació. Malgrat això (i per altres motius que aquí no tenen cabuda), ensenyar biologia —ensenyar habilitats científiques o idees tan importants com que la vida (els seus processos i la seva diversitat) no és el producte d'un disseny intel·ligent sinó el resultat de la contingència i l'evolució— és una feina difícil, però que pot ser apassionant.

## EXERCICI 1

A continuació s'exposen algunes dades corresponents a esdeveniments històrics de l'estudi de la fotosíntesi:

**Van Helmont** (1577-1644): «Vaig agafar un test, hi vaig posar 90 kg de terra prèviament assecada en un forn i vaig plantar-hi un plançó de salze que pesava 2,26 kg. Al cap de 5 anys, l'arbre pesava uns 77 kg. Però sempre el vaig regar amb aigua de pluja. Finalment, vaig assecar novament la terra del test i va pesar els mateixos 90 kg menys uns 56 g. Per tant, 74 kg de fusta, escorça i arrel havien crescut tant sols de l'aigua.»

**Priestley** (1733-1804): «La vegetació regenera l'aire viciat per la respiració dels animals o per la combustió.»

**Ingen-Housz** (1730-1799): «Les parts verdes de les plantes tenen la capacitat de purificar "l'aire dolent", però només quan estan exposades a la llum del sol.»

**Warburg** (1883-1970): «L'oxigen després per les plantes procedeix de la fotòlisi del diòxid de carboni.»

- a) En l'experiment de Van Helmont, d'on prové el material que suposa el guany de pes del salze? Raoneu la resposta.
- b) Què volgueren dir Priestley i Ingen-Housz? Per il·lustrar l'explicació, feu un *esquema* metabòlic de la fotosíntesi, tot indicant els processos de cada fase.
- c) En un hivernacle de conreu mesurem la concentració de  $\text{CO}_2$  en l'aire. Repetim aquesta mesura cada tres hores durant vint-i-quatre hores. Els resultats es mostren en la taula.

Hora del dia	2	5	8	11	14	17	20	23
$\text{CO}_2$ (unitats arbitràries)	85	100	90	80	65	50	55	70

Representeu els resultats en un gràfic. Expliqueu els canvis en la concentració de  $\text{CO}_2$  i indiqueu en quines hores es va produir la fotosíntesi i en quines la respiració. Per què?

- d) Per comprovar la hipòtesi de Warburg, es va fer créixer una planta en presència de  $\text{H}_2\text{O}$ , l'oxigen de la qual estava marcat radioactivament, i  $\text{CO}_2$  amb l'oxigen no marcat. L' $\text{O}_2$  alliberat estarà marcat radioactivament? Raoneu la resposta.

## EXERCICI 2

Entre els organismes dels aquaris domèstics hi ha plantes i animals. *Lymnaea ovata*, un petit cargol herbívor, sovint prolifera i posa en perill les plantes de l'aquari. Com a solució poden introduir-se exemplars d'una espècie del peix carnívor, *Botia macracanthus*, que s'alimenta del mollusc *Lymnaea*.



La taula correspon als canvis observats en la població del cargol *Lymnaea* en un aquari durant tres setmanes:

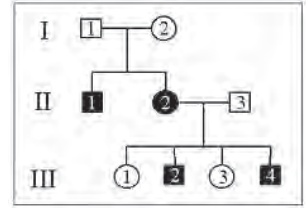
Població (individus)	38	56	76	98	87	73	60	51	43	35	26
Temps (dies)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

- a) Representeu les dades en un gràfic. Raoneu els canvis que es produeixen en els primers 6 dies i assenyaieu clarament al gràfic quin dia probablement es va introduir una parella de peixos *Botia* a l'aquari.
- b) En un altre aquari també amb abundants cargols, però amb una aigua amb un pH més àcid i una temperatura més baixa que la del primer aquari, es varen introduir dos peixos *Botia* per regular la població de cargols, però a les poques hores els dos peixos varen morir. Formuleu dues hipòtesis sobre la seva mort.
- c) Suposeu que disposeu de més peixos *Botia* i de diferents aquaris, dels quals es poden canviar les condicions ambientals. Planifiqueu breument un experiment per contrastar una de les hipòtesis que heu donat a l'apartat anterior.

## EXERCICI 3

Un grup d'investigadors ha descobert un gen localitzat en el cromosoma 7 que quan és

defectuós provoca greus problemes en el llenguatge. Diverses generacions d'una família han presentat aquests problemes de llenguatge. El pedigrí correspon a aquesta família. Els cercles representen femelles i els quadrats mascles; en negre s'assenyalen els individus afectats.



a) Es podria pensar que aquest caràcter s'hereta lligat al sexe.

A partir del pedigrí demostreu la falsedat d'aquesta hipòtesi.

b) 1) Diguen quin patró d'herència segueix el gen esmentat i expliqueu-lo. 2) Indiqueu els genotips dels individus I-2, II-2, II-3, III-3 i III-4, i expliqueu com els heu deduït.

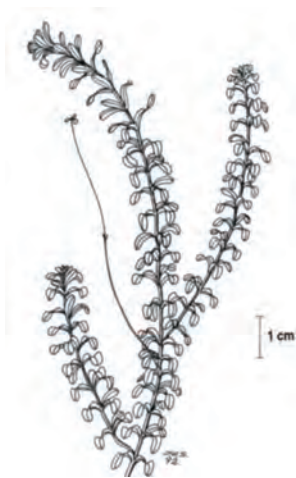
c) 1) Suposeu que la dona III-1 s'aparella amb un home heterozigot per a aquest gen. Quina és la probabilitat que tinguin un descendent afectat? 2) L'home II-1 té cinc fills amb una mateixa dona. És possible que tots cinc no estiguin afectats? Expliqueu-ho.

#### EXERCICI 4

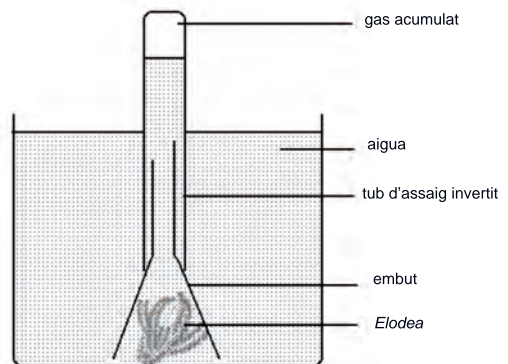
*Elodea canadensis* és una planta aquàtica especialment recomanada per a aquaris d'aigua freda. El muntatge que es mostra al dibuix s'ha dissenyat per determinar a quina temperatura es realitza la fotosíntesi amb major intensitat. L'activitat fotosintètica es mesurarà a través del volum de gas acumulat a la part superior del tub d'assaig.

Disposem de diversos muntatges idèntics amb les corresponents instal·lacions que ens permeten controlar la temperatura, la concentració de diòxid de carboni a l'aigua, així com les condicions de llum. Podem modificar aquests factors per assolir els valors que s'indiquen a continuació:

- Temperatura de l'aigua: 15 °C, 20 °C, 25 °C.
- Concentració de diòxid de carboni a l'aigua: elevada, mitjana, baixa.



Branquetes d'*Elodea canadensis*.



Muntatge model utilitzat per realitzar l'estudi.



— Condicions de llum: molt intensa, intensa, atenuada.

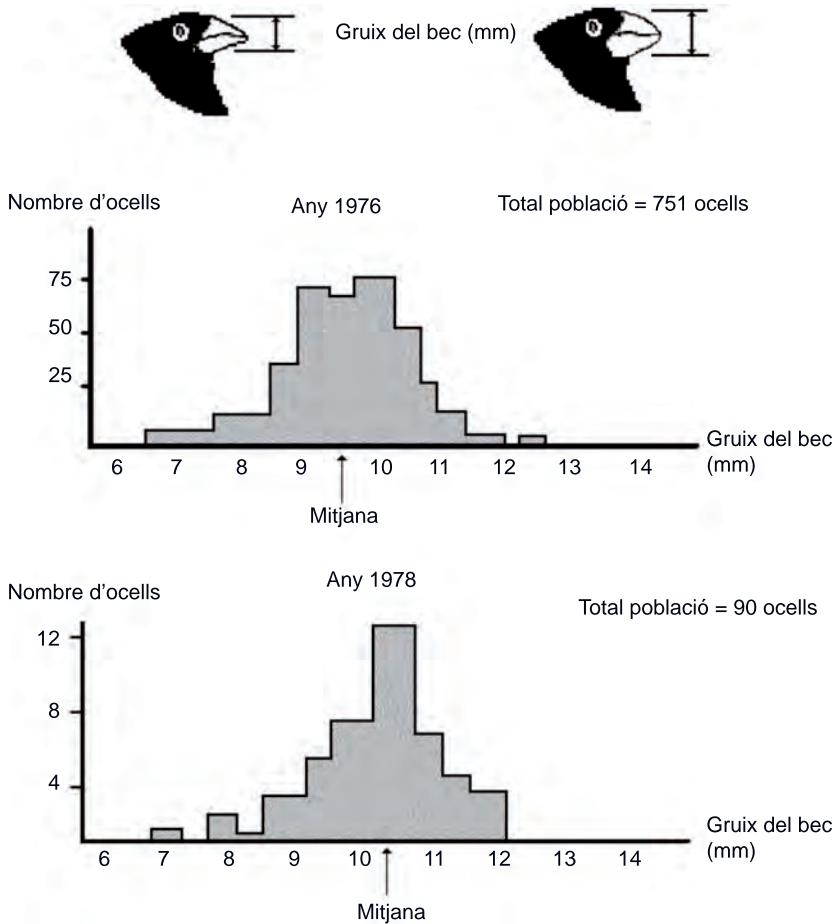
a) 1) Formuleu en forma de pregunta el problema que es vol investigar. 2) Identifiqueu les variables independent i dependent.

b) En les condicions de l'enunciat de la pregunta, dissenyeu un experiment per poder donar resposta al problema que es planteja en aquesta recerca.

c) A partir de l'equació general de la fotosíntesi, justifiqueu la importància del diòxid de carboni en aquest procés i expliqueu quin és el gas que s'acumula a la part superior del tub i la seva procedència.

## EXERCICI 5

Entre 1976 i 1978 un període d'intensa sequera a l'illa Daphne, a l'arxipèlag de les Galápagos, va provocar una disminució sobtada del nombre d'individus de les poblacions del



Els gràfics mostren els resultats d'un dels estudis realitzats.

pinsà *Geospiza fortis*: de 751 ocells l'any 1976 es va passar a 90 l'any 1978. Diversos estudis varen concloure que no tots els individus tenien la mateixa capacitat de supervivència. Això ocorria perquè s'havia establert una intensa competència per l'aliment: les provisions de llavors més petites i tendres s'esgotaven ràpidament i els ocells es veien obligats a consumir llavors més grans i dures.

1) Useu la informació de l'enunciat per interpretar els gràfics i digueu si la situació és un cas de selecció natural. Justifiqueu la resposta.

2) Indiqueu l'opció *vertadera* en les afirmacions següents. Tot seguit *justifiqueu* l'elecció.

a) L'augment del gruix del bec és una conseqüència de:

1. La necessitat dels ocells d'alimentar-se de llavors més grans i dures.

2. La combinació entre les exigències del medi i la diversitat present en les poblacions d'ocells.

3. L'ús continuat del bec per trencar llavors, que condueix a un enfortiment d'aquest òrgan.

4. Mutacions que varen donar-se perquè els ocells poguessin sobreviure.

b) La imatge següent mostra diverses formes del bec dels ocells, relacionades amb diferents maneres d'obtenir l'aliment.

1. Es tracta d'un exemple d'òrgans anàlegs: exerceixen una funció idèntica.

2. Aquesta diversitat de formes del bec és una prova de la capacitat d'adaptació de les espècies.

3. Són òrgans homòlegs, ja que fan la mateixa funció en espècies sense parentesc evolutiu.

4. Les imatges demostren que Lamarck tenia una mica de raó: la funció crea l'òrgan.



## BIBLIOGRAFIA

- ALBALADEJO, C.; GRAU, R. (1992). «Los procedimientos en las ciencias naturales». *Aula de Innovación Educativa*, 3: 24-27.
- APU (ASSESSMENT OF PERFORMANCE UNIT) (1984). *Science, assessment framework*. Londres: Department of Education and Science.
- BENJAMÍN, H. (1939). *The sabre-tooth curriculum*. Nova York: McGraw-Hill.
- CLAXTON, G. (1994). *Educuar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor.
- DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ (2005). *Debat curricular*.
- DiCARLO, S. E. (2006). «Cell biology should be taught as science is practised». *Nature Reviews*, 7: 290-296.
- DIVERSOS AUTORS (2005). «Contextualizar la ciencia». *Alambique*, 46.
- GIORDAN, A.; DE VECCHI, G. (1988). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada.
- GRAU, R. (1991). «Es poden transformar les pràctiques en treballs d'investigació?» *Butlletí del Col·legi de Doctors i Llicenciats de Catalunya*, 78: 50-52.
- GRAU, R.; MANUEL, J. DE (1995). «L'ensenyament de la biologia al nou batxillerat». *Butlletí del Col·legi de Doctors i Llicenciats de Catalunya*, 93: 21-25.
- (2002). «Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos». *Alambique*, 32: 56-64.

- HODSON, D. (1994). «Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio». *Enseñanza de las Ciencias*, 12: 299-313.
- IZQUIERDO, M. (1996). «Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias». *Alambique*, 8: 7-21.
- JIMÉNEZ, M. P. (1987). «Preconceptos y esquemas conceptuales en biología». *Enseñanza de las Ciencias*, 5: 165-167.
- JIMÉNEZ, M. P.; SANMARTÍ, N. (1997). «¿Qué ciencia enseñar? Objetivos y contenidos en la educación secundaria». A: *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. CARMEN, LUIS DEL [ed.]. Barcelona: ICE, Universitat de Barcelona; Horsori Editorial.
- LEMKE, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- LUJAN, H. L.; DICARLO, S. E. (2006). «Too much teaching, not enough learning: what is the solution?» *Adv. Physiol. Educ.*, 30: 17-22.
- MANUEL, J. DE (1995). «Idees alternatives en ecologia: Què passa amb els organismes morts? I amb els excrements?». *Recerca i Ensenyament de les Ciències Naturals*, 19-31.
- (2000). «Educar la curiositat. La recerca des d'infantil a secundària». *Guix*, 263: 35-40.
- MANUEL, J. DE; GRAU, R. (1996). «Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico». *Alambique*, 7: 53-63.
- MENOYO, M. P. (2003). «Evaluación de habilidades científicas en las PAAU de biología». *Alambique*, 37: 58-68.
- MILLAR, R.; OSBORNE, J. (1998). *Beyond 2000: science education for the future*. Londres: King's College London: Nuffield Foundation.
- MINISTERI D'EDUCACIÓ I CIENCIA (1991). *Bachillerato. Estructura y contenidos*. Madrid.
- MONEREO, C.; POZO, J. I. (2001). «¿En qué siglo vive la escuela?» *Cuadernos de Pedagogía*, 298: 50-55.
- OCDE (2004). *Marcos teóricos de PISA 2003. Conocimientos y destrezas en matemáticas, lectura, ciencias y solución de problemas* [en línea]. Ministerio de Educación y Ciencia. INECSE. <<http://www.ince.mec.es/pub/marcoteoricopisa2003.pdf>>
- PEARSON, H. (2006). «Genetics: What is a gene?». *Nature*, 441: 398-401.
- SERRANO, T., (1987). «Representaciones de los alumnos en biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula». *Enseñanza de las Ciencias*, 5: 181-188.
- TAMIR, P. (1989). «Training teachers to teach to teach effectively in the laboratory». *Science Education*, 73: 59-69.
- TAMIR, P.; FRANKL, D. (1992). «The lower level biology matriculati examinations in Israel». *International Journal of Science Education*, 13: 271-282.
- TAMIR, P.; GARCIA, M. P. (1992). «Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia». *Int. J. Sci. Educ.*, 18: 761-774.
- WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J.; DRIVER, R. (1998). «Genética y formación científica: Resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza». *Enseñanza de las Ciencias*, 16: 43-61.