SOTAZERO, UN PROJECTE EDUCATIU EN L'ÀMBIT DE LES CIÈNCIES NATURALS

Rosa Estragués i Josep Marlés
Escola Frederic Mistral-Tècnic Eulàlia, Fundació Collserola

"*Sotazero*" (Belowzero) is a collaboration project between the *Institut de Ciències del Mar (CMIMA-CSIC)* and *Frederic Mistral-Tècnic Eulàlia (Fundació Collserola) School*, within the ICM general project "Welcome to the Antarctica". The main purpose of this project is to promote the scientific spirit of young people, from five-year-old children to eighteen-year-old teenagers. The first idea of "*Sotazero*" was to get our students to directly take part in an oceanographic investigation project on Antarctica. In order to achieve this, a group of ICM scientists on the oceonographic German ship, *Polarstern*, (Antarctic campaign 2003-2004), were willing to periodically comunicate, via satellite, with students from Nursery to Primary and Secondary school levels. The objectives of this information exchange were several:

- To answer questions and stimulate nursery school children about the characteristics of ice, the organisation of the ship and features of the most well-known animals of the Antarctic fauna.
- To answer questions and bring about deductive capacity from our Third Primary Level students relative to the *Polarstern* route, building up conjecture charts about the different kinds of birds during the ship crossing.
- To carry out some experiments proposed by a group of High Level students related to the bacterial population that live in the ice of the Antarctic icefields, with the aim of establishing some paralellisms with the bacterial colonies living in the iced lakes of the Pyrenees.

In order to conduct the project, participation was needed of a lot of school teachers and the scientists' direct contact with the students, once the *Polarstern* campaign had been finished. A close cooperation between a scientific institution, like ICM, and a primary-secondary school was also needed. And, precisely this, two institutions with apparently such distant goals working together, have definitively opened a new way on science teaching and learning.

Introducció

Una campanya d'investigació ben estructurada sempre té uns objectius clarament especificats i un programa de treball estricte. També presenta, però, un determinat component d'aventura ja que, inicialment, no es poden pas predir els resultats ni tampoc no es poden anticipar les noves possibilitats de recerca que apareixeran gràcies, precisament, a les conclusions extretes un cop finalitzada la campanya.

Un projecte educatiu és també, en part, un treball d'investigació i en el cas de Sotazero, probablement, i utilitzant terminologia naturalista, és més un treball de camp que no pas un exercici teòric de didàctica. Partint d'uns objectius modestos, es va començar a treballar implicant directament els alumnes, fent-los participar de la mateixa recerca. És per això, que el projecte Sotazero es pot considerar també, en part, una aventura pedagògica amb la finalitat d'inspeccionar nous camins que ens condueixin a una millora de les tècniques d'aprenentatge de la ciència.

Durant els anys seixanta del segle XX, es comença a constatar un fet que, amb el pas del temps, s'ha fet evident d'una manera ben clara: la transmissió del coneixement científic no és una tasca senzilla en els nivells d'ensenyament de primària i secundària, i l'aprenentatge dels alumnes és sovint insuficient. Quina és la causa d'aquest fet? Probablement, això és així perquè les tècniques d'ensenyament-aprenentatge no són adequades.

Segons George et al. (1974) normalment, les ciències, i també altres àrees del coneixement, s'ensenyen partint de la pura transmissió d'un cos de continguts, sovint abstractes, mitjançant explicacions i discussions a classe. L'alumne és un subjecte passiu d'aprenentatge i no un personatge actiu en la construcció del seu mateix coneixement. En el mateix sentit s'expressen Novak i Gowin (1984), quan diuen que l'aprenentatge s'ha de recolzar en la construcció de nous significats a partir de l'experiència.

No és motiu d'aquest article aprofundir en les noves aportacions que, des de la didàctica,

s'han anat afegint en els últims anys amb la finalitat de millorar l'ensenyament i l'aprenentatge de la ciència. Per considerar el projecte Sotazero com un esdeveniment educatiu innovador, cal situar-lo en el context actual de l'ensenyament de la ciència, en el qual, i malgrat les contínues aportacions teòriques de molts pedagogs i pedagogues, la realitat del dia a dia en la majoria de les aules de primària i secundària, manté perfectament actuals, al cap de trenta anys, les observacions i propostes de canvi de George, Novak i Gowin.

No és fàcil introduir canvis en el sistema educatiu ja que factors econòmics i d'organització obstaculitzen, sovint, l'aplicació generalitzada de les innovacions que proposen els departaments de didàctica. És per aquest motiu que són necessaris projectes com Sotazero que, encara que modestament i en uns capítols molt concrets del currículum, trenquen d'una manera pràctica i, fins i tot agosarada, amb la metodologia d'aprenentatge passiu de la ciència. Això és possible a través de dos eixos fonamentals: en primer lloc, la implicació en un projecte comú de l'escola de primària-secundària i les institucions científiques i, en segon lloc, la participació activa dels alumnes en experiències concretes i treballant en continu "feedback" amb professors i científics.

Objectius

Sotazero neix com una aventura innovadora en el camp de la pedagogia de la ciència i, per això, cal definir clarament uns objectius que continguin precisament les característiques d'innovació que ha de tenir un projecte d'aquest tipus. Al mateix temps, la definició clara dels objectius ens permetrà, més endavant, utilitzar-los com a referència per analitzar la bondat del projecte.

Els objectius didàctics de Sotazero són els següents.

Constituir un projecte d'investigació educativa. Un projecte de recerca educativa requereix, en primer lloc, unir en la tasca a diverses persones en un marc teòric explícit i amb conceptes directrius clars (Novak i Gowin, 1984). En segon lloc, cal que sigui innovador en la creació i en la difusió d'esdeveniments educatius i cal que els esdeveniments construïts, els conceptes directrius i la teoria s'expliquin de forma explícita.

Incorporar l'ús de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC). Lligat amb l'objectiu anterior, és impensable, actualment, la difusió àmplia d'un projecte sense la contribució de les TIC. Per altra part, és obvi que la dinàmica interna de Sotazero no hauria estat possible sense la utilització de les xarxes de comunicació. En aquest sentit, Sotazero és un àmbit ideal per a la promoció entre els alumnes d'un bon ús d'Internet.

Recolzar-se en la idea d'un aprenentatge constructiu. Entenem que la producció de coneixement, com a part del procés d'aprenentatge, implica el desenvolupament d'activitats en les quals els alumnes tenen un rol actiu en la construcció del mateix aprenentatge. Això implica que l'aprenentatge ha de permetre, a l'alumne, donar sentit a la mateixa experiència i, així, contribuir al seu desenvolupament mental.

Promoure el concepte evolutiu de la ciència. El coneixement científic no s'acumula, simplement, sinó que es construeix amb la possibilitat que, en un determinat moment, s'esfondri l'edifici. És per això que entenem la ciència com a coneixement provisional i revisable.

Promoure la necessitat de la relació entre ciència i societat. Una bona comprensió de la ciència i de les seves aportacions a la cultura en general i al progrés de la societat és fonamental per aconseguir que els alumnes tinguin criteri propi a l'hora d'avaluar i de prendre decisions sobre aspectes tecnocientífics d'interès social. Per tant, cal que tots els alumnes, ja de ben petits, comencin l'alfabetització científica amb l'objectiu de formar-los per a una comprensió pública de la ciència (Royal Society, 1985).

Per altra part, la millora de l'aprenentatge de la ciència en l'àmbit escolar interessa també a la comunitat científica, encara que sigui només per l'interès a formar continuadors. En aquest sentit, la implicació de les institucions científiques en la millora de l'ensenyament de la ciència a les escoles és, també, una manera d'acostar la ciència a la societat.

Promocionar la ciència contemporània. La ciència que s'ensenya a les escoles acostuma a transmetre una imatge de ciència de tota la vida o, fins i tot, de ciència del passat. No és que no sigui important que els alumnes assoleixin uns coneixements científics bàsics que, en molts casos, necessàriament són antics. També és important que coneguin la ciència o tecnociència que es practica actualment a les universitats, instituts de recerca, indústries... És també per aquest motiu que és fonamental la relació entre escoles i institucions científiques. Els patrons de la tecnociència desenvolupada en els últims anys no responen a les característiques de la ciència acadèmica més antiga (Acevedo, 1997; Echeverría 2003).

El desenvolupament del Sotazero

La concreció dels objectius i les activitats del projecte es va fer a finals del curs acadèmic 2002-2003, de tal manera que, el mes de novembre del 2003, quan s'inicià la campanya antàrtica del Polarstern, hi havia una estructura muntada per tal de començar a treballar. Bàsicament, l'estructura del projec-

te té dues parts principals: el conjunt d'activitats i la web.

Les activitats es van dissenyar a partir del nivell acadèmic dels alumnes als quals anaven dirigides. El projecte considera tres nivells ben diferents: parvulari, primària i secundària-batxillerat. En cadascun d'aquests nivells, s'establiren prèviament els objectius de les activitats i els protocols de treball que havien de permetre la interacció entre els alumnes, els professors i els científics.

Les TIC van ser el mitjà de participació i d'interacció entre els integrants del projecte. La comunicació diària es feia mitjançant el correu electrònic. Els alumnes enviaven als científics les preguntes i inquietuds així com les respostes a algunes activitats que els científics els proposaven. De la mateixa manera, els investigadors també utilitzaven aquest mitjà per enviar les imatges, preguntes, enigmes, experiments i les respostes als alumnes. Gros (2000) afirma que els ordinadors s'integraran, definitivament, en els centres educatius quan siguin tan naturals com els llapis o els llibres. D'alguna manera, la realització d'aquest projecte ha possibilitat la utilització de les TIC en aquest sentit.

Tot el treball relacionat amb aquest projecte, s'ha publicat a Internet en el web de la Fundació Collserola amb el nom de SotaZero, per fer-ho extensiu a la resta d'escoles i a la societat en general.

Les activitats al parvulari

No és fàcil plantejar l'educació científica a l'escola infantil. Com s'estableix la relació entre l'univers científic i l'aprenentatge d'un infant de tres, quatre o cinc anys? De tota manera, és clar que els alumnes de parvulari adquireixen una gran quantitat de coneixements en aquesta etapa i ho fan, bàsicament, a partir de les interaccions que estableixen amb els objectes i les persones. És per aquest motiu que s'havien de buscar activitats que fessin possible aquesta interacció com a base de l'aprenentatge. Es van diferenciar tres nivells, alumnes de tres, quatre i cinc anys i es van decidir les activitats per a cada nivell: **el glaç** (tres anys), **el vaixell com a casa** (quatre anys) i **animals de l'Antàrtida** (cinc anys).

El glaç (alumnes de tres anys)

En aquesta activitat, els alumnes manipulaven el gel com a element del marc natural i experimentaven les sensacions que les qualitats físiques del glaç els produïen. Van conèixer quines són les característiques del gel i van observar com reacciona el glaç quan s'hi realitzen diferents accions (Fig. 1).

Van experimentar amb el gel, a la classe, i n'observaren la textura, la temperatura i les



Figura 1. Alumnes de 3 anys experimentant amb el gel

característiques generals per treure'n conclusions de manera col·lectiva. Observaven imatges, fotografies i tot el material que enviaven els "seus amics", els científics. Tot aquest treball de manipulació, es realitzava comparant el gel antàrtic de la banquisa (aigua salada) amb el gel produït amb aigua dolça. Són iguals els dos tipus de glaç? És evident que no ho són, però els alumnes no ho van aprendre perquè algú els ho hagés explicat, sinó que ho van aprendre a través de la manipulació d'unes mostres que els van portar uns científics que venien de l'Antàrtida.

Aquesta activitat es va acompanyar de l'explicació i treball sobre el conte "Luli l'iceberg" (De Takamado, 1998).

El vaixell com a casa (alumnes de quatre anys)

En aquesta activitat es va treballar l'organització i característiques de la vida humana en un habitacle diferent de l'habitual; la seva caracterització morfològica i els elements que integren l'entorn. Es van identificar les característiques d'un vaixell, l'estructura interna i externa, les parts que el conformen, el mobiliari i els objectes, amb l'objectiu de saber dades relatives a la vida en un vaixell. A partir de les dades que enviaven, es va fer una anàlisi de la vida dels científics en el vaixell i es van dur a terme comparacions amb els habitatges habituals. Els resultats es van presentar en un mural col·lectiu (Fig. 2).

Animals de l'Antàrtida (alumnes de cinc anys)

En aquesta activitat es va estudiar la vida d'alguns dels animals que viuen a l'Antàrtida, les seves característiques i comportaments. Es van observar, indirectament, les característiques més rellevants d'aquests animals i es van identificar algunes de les qualitats dels elements del marc natural.

A partir de l'observació indirecta de fets i situacions, es van analitzar les característi-







Figura 2. Els alumnes demanen com és el vaixell (a dalt) i els científics envien imatges (a baix).

ques morfològiques i funcionals més rellevants dels animals antàrtics i es van fer comparacions amb altres animals. El més important s'expressava gràficament utilitzant diferents tècniques i s'exposava a l'escola (Fig. 3).

En aquesta activitat es van utilitzar, de manera remarcable, les tecnologies de la informació i comunicació com a exemple concret d'aplicació a un projecte educatiu i es van treballar tot un conjunt de valors afegits com compartir, cooperar, reflexionar...

Les activitats a primària

El professor argentí Isidro Salzman (2000) afirma el següent: "*Nuestra escuela primaria fue un tránsito entre el rigor y el aburrimiento, entre el mandato de los adultos y nuestra fiebre por descubrir el mundo. Sólo ocasionalmente logramos rescatar de ese pasado una revelación significativa, un cielo estremecedor, una sonrisa casi inolvidable. Sin embargo, qué memorable habría sido aquella época si nos la hubieran hecho vivir como un viaje a territorios inexplorados, como un trayecto hacia el descubrimiento de otros mundos lejanos*."

És en el sentit d'aquesta idea de Salzman que es va pensar en una activitat adequada per als alumnes de tercer curs de primària sota el títol: **seguint el Polarstern** (Fig. 4).

L'estudi que van realitzar té diferents aspectes. Per una banda, havien d'assenyalar,



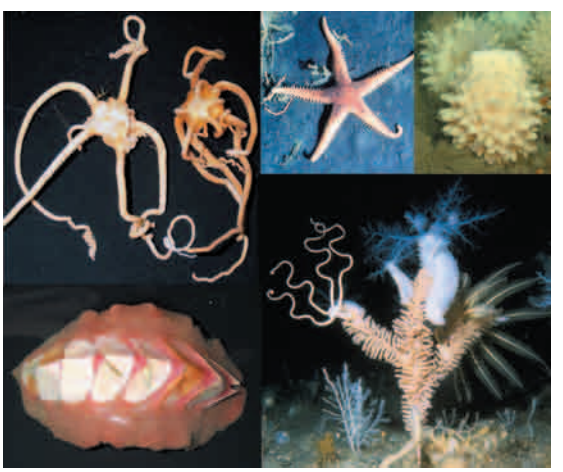




Figura 3. Alumnes de 5 anys s'interessen per les característiques dels animals antàrtics (Fotos: Simon & Simon Verlag, J. Gutt/AWI, J.M. Gili)

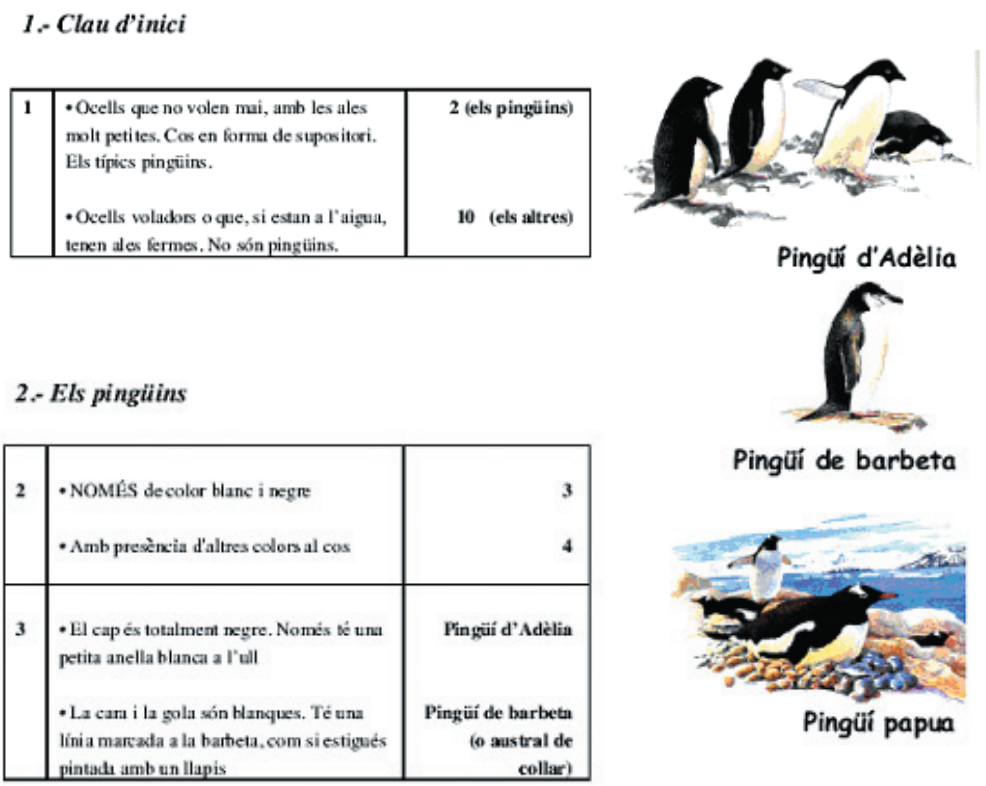


Figura 4. Una sessió de treball sobre l'Antàrtida amb alumnes de 3r. de primària (esquerra) que després tenen l'oportunitat d'observar alguns organismes que els científics han portat (dreta).

en un mapa, la ruta del vaixell Polarstern a partir de les dades que enviessin els científics. De l'altra, estudiarien la localització i les característiques de les aus i dels mamífers marins, així com la localització d'icebergs i les seves conseqüències, a partir de la informació que els científics enviarien dia a dia. Aquesta informació estaria integrada per dades de temperatures, imatges, vídeo, narració del què havien observat, intuïcions, jocs, etc. A partir d'aquí, amb l'ajut de material didàctic, els alumnes havien d'investigar, deduir i arribar a conclusions que s'havien de contrastar amb els científics.

Aquest plantejament didàctic s'acosta força bé a la idea que proposa Salzman d'un aprenentatge basat en l'aventura i el descobriment de territoris inexplorats. A més a més, un projecte d'aquestes característiques permet treballar molts aspectes que apropen els alumnes a demandes de la societat del coneixement i especialment a l'ús de les tecnologies de la informació i la comunicació.

A partir d'aquí, les activitats que es van dur a terme van ser diverses: dibuix d'un mapa-mural on es va marcar el recorregut del vaixell; lectura i interpretació dels missatges electrònics que enviaven i rebien; posada en comú



1.- Clau d'inici

1	• Ocells que no volen mai, amb les ales molt petites. Cos en forma de supositori. Els típics pingüins.	2 (els pingüins)
	• Ocells voladors o que, si estan a l'aigua, tenen ales fermes. No són pingüins.	10 (els altres)

Pingüí d'Adèlia

2.- Els pingüins

2	• NOMÉS de color blanc i negre	3
	• Amb presència d'altres colors al cos	4
3	• El cap és totalment negre. Només té una petita anella blanca a l'ull	Pingüí d'Adèlia
	• La cara i la gola són blanques. Té una línia marcada a la barbeta, com si estigués pintada amb un llapis	Pingüí de barbeta (o austral de collar)

Pingüí de barbeta

Pingüí papua

Figura 5. Fragment de la guia d'ocells que es va utilitzar (dibuixos de D. Scott a Soper, 1994). Es pot consultar al web <http://www.fundaciocollserola.es/sotazero/guiaocells.pdf>.

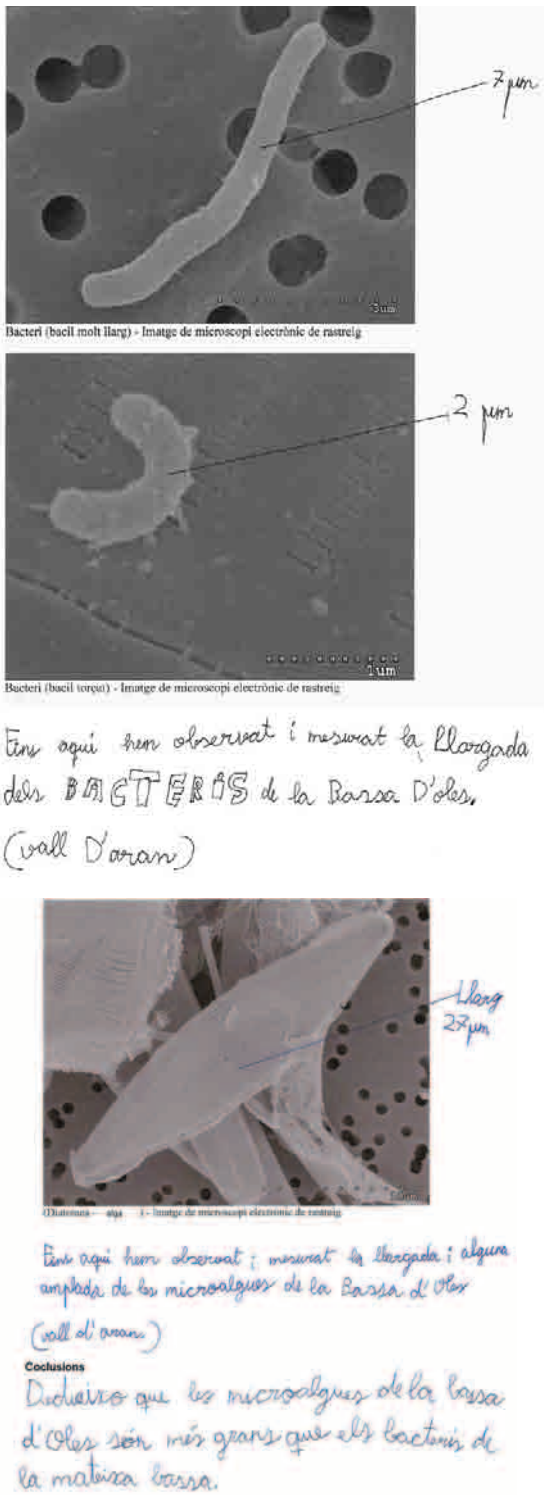


Figura 6. Les imatges de microscòpia electrònica també les entenen i les treballen els alumnes més petits (Fotos J.M. Fortuño).

de les qüestions que s'anaven generant; identificació i classificació de diferents espècies d'animals, i especialment, d'ocells a partir d'una guia elaborada per Josep M. Gasol (Fig. 5); elaboració i interpretació de gràfics de temperatura i, finalment, extracció de conclusions. En definitiva, un viatge per aprendre coses del nostre món a partir de l'experiència i de l'aplicació del mètode científic adequat a un nivell educatiu concret; en aquest cas, el tercer curs de primària (alumnes de 8 anys).

És possible que un alumne de tercer curs de primària utilitzi correctament un material de camp, apliqui el mètode científic i tregui conclusions? És a dir, és possible que un alumne de 8 anys faci recerca, encara que sigui senzilla?

L'Anna, una alumna de 3r curs de primària de Sabadell, va deduir que els bacteris són més petits que les algues unicel·lulars. Per fer-ho, l'Anna va observar les fotografies de microorganismes de la bassa d'Oles a la Val d'Aran que en J. Manuel Fortuño, responsable del servei de microscòpia del CMIMA va realitzar per a un grup d'alumnes de batxillerat que realitzaven un treball de recerca en el marc del projecte Sotazero. Aprofitant aquestes imatges, l'Anna va fer una petita recerca, que es mostra a la figura 6, amb l'ajut d'un simple instrument de mesura i a partir de l'escala que mostra cada fotomicrografia.

Les activitats a secundària-batxillerat

El treball dels alumnes de secundària es va pensar com a base per al seu treball de recerca de batxillerat. Un grup d'alumnes de quart de secundària, que volien fer el batxillerat científic, es van interessar voluntàriament per col·laborar en el projecte Sotazero. D'aquesta col·laboració n'han sortit tres treballs de recerca diferents, però centrats, tots tres, en els microorganismes que habiten el glaç.

L'eix central de la recerca ha estat la comparació entre la vida microbiana al glaç de la banquisa del mar de Weddell i els microorganismes que habiten els llacs glaçats del Pirineu. Un treball important que ha tingut tres objectius de recerca diferenciats:

El primer objectiu ha consistit a observar l'efecte de la temperatura d'incubació sobre el creixement bacterià. Es volia saber si els microorganismes que creixen a baixa temperatura segueixen les mateixes pautes de creixement que els que ho fan a temperatura més alta. També es volia esbrinar si en els ecosistemes aquàtics dominats per una temperatura extremadament baixa hi ha microorganismes capaços de desenvolupar-se a temperatures elevades. En aquest treball s'ha comparat el creixement bacterià a 4ºC i a 37ºC.

El segon objectiu ha tingut com a finalitat l'estudi de la influència de la llum en l'activitat dels microorganismes, atès que molts dels ecosistemes aquàtics que queden gelats a la superfície durant les estacions fredes, presenten, al mateix temps, una il·luminació reduïda. Això és així a la banquisa antàrtica, pel fet de trobar-se a la zona del planeta on hi ha molt





Figura 7. Recollida de mostres de gel en el mar de Weddell.

poca llum a l'hivern i, també, en alguns llacs continentals, pel fet de trobar-se coberts de neu durant l'hivern.

El tercer objectiu s'ha plantejat amb la intenció de comparar la diversitat de les colònies bacterianes entre les mostres de gel de la banquisa antàrtica del mar de Weddell i les mostres de gel de diferents llacs del Pirineu. La finalitat consistiria a mostrar que no hi ha diferències importants en la diversitat bacteriana, ja que si els microorganismes juguen un paper important en els ecosistemes extrems sotmesos a baixa temperatura, han d'estar presents, de manera significativa, tant a la banquisa oceànica, com al glaç superficial dels llacs continentals.

L'obtenció de les mostres de glaç del mar de Weddell es va realitzar durant la campanya del Polarstern (Fig. 7) i els científics van fer arribar el material a Barcelona, on es va emmagatzemar en un congelador situat al laboratori de biologia de l'escola Frederic Mistral/Tècnic Eulàlia.

El mostreig dels llacs del Pirineu es va realitzar en dues sortides de camp (Fig. 8), una a la Val d'Aran i, la segona, a la zona d'Aigüestortes. Amb l'autorització corresponent de les autoritats del Parc Natural d'Aigüestortes es van mostrejar els següents llacs: Ratera (2.150 m), Cabana (2.200 m) i Barbs (2.400 m), a la zona d'Amitges; Montcasau (2.000 m) i Bassa d'Oles (1.700 m), a la Val d'Aran.

La metodologia que han emprat els alumnes s'ha basat en la utilització d'eines senzilles, pròpies del laboratori d'un centre de secundària. Han utilitzat recursos informàtics diversos i han comptat amb l'ajut de persones expertes, sense la col·laboració de les quals aquesta recerca hagués estat impossible. En aquets sentit, cal dir que un grup de científics del CMIMA han fet tots els esforços possibles per tal que la recerca tingués èxit.

Aprofitem per reconèixer ben explícitament la tasca fonamental de Josep M. Gili, i també de Josep M. Gasol, Elisabetta Broglio i Jarone Pinhasi. Cal emfatitzar especialment el treball de la jove investigadora del CMIMA, Begoña





Figura 8. Sortida de camp hivernal a la zona d'Aigüestortes.



Figura 9. Alumnes de batxillerat davant el Polarstern en el port de Bremenhaven durant la visita a l'AWI.

Vendrell que, a més de realitzar col·laboracions específiques molt importants en el desenvolupament dels treballs de recerca, ha tingut un paper decisiu en un aspecte que havia de funcionar molt bé per tal que el projecte Sotazero no trontollés: la relació franca entre el grup de científics i els alumnes de batxillerat. També cal esmentar la col·laboració de diversos científics de l'AWI (Alfred Wegner Institut) (Fig. 9), situat a la població alemanya de Bremerhaven i, molt especialment, de Wolf Arntz, cap de la campanya antàrtica 2003-04 del Polarstern. Agraïm també, de manera molt especial, la col·laboració de David N. Thomas, microbiòleg escocès expert en els estudis de la vida en condicions extremes, que va venir a Barcelona i es va reunir amb els alumnes per aclarir aspectes diversos de la recerca que realitzaven.

Per altra part, la revista *Investigación y Ciencia* va publicar, els mesos de setembre, octubre i novembre del 2003, tres articles relacionats amb els objectius de recerca esmentats anteriorment. En aquests articles, dirigits per Josep M. Gasol i José Manuel Fortuño, van participar com a coautors els alumnes que participaven en cada apartat (Ceravalls et al., 2004; del Valle et al. 2004; Martínez et al., 2004).

Les conclusions d'aquesta recerca les podem sintetitzar amb paraules dels mateixos alumnes. En relació a la influència de la temperatura en el creixement bacterià, els alumnes van arribar a les següents conclusions:

Les fases de creixement bacterià apareixen clarament diferenciades tant en els cultius a 4ºC com en els cultius a 37ºC. Curiosament, les fases exponencials tenen pendents similars, la qual cosa vol dir que la taxa de creixement és similar. Es pot observar també que la fase de latència és més llarga a 4ºC que no pas a 37ºC.

Si bé el creixement és més lent a 4ºC que a 37ºC, les colònies que creixen a 4ºC arriben a assolir una població de bacteris més gran. Totes les nostres anàlisis mostren clarament aquest resultat.

Tant en les mostres de glaç antàrtic com en les mostres de glaç del Pirineu, hi apareixen bacteris que són capaços de desenvolupar-se de manera òptima a 37ºC.

Pel que fa a la influència de la llum en el desenvolupament de microorganismes, les conclusions dels alumnes van ser aquestes:

Si observem el creixement de colònies bacterianes observem una densitat similar a les plaques incubades amb llum i sense llum. La densitat és molt alta, ja que la sembra s'ha

fet a partir de mostres de gel liquat que han estat en condicions de llum o sense llum durant sis mesos. Podríem deduir, per tant, que no hi ha diferència significativa en l'activitat bacteriana amb llum o sense llum però, probablement, estaríem cometent un error important, ja que les anàlisis de nutrients ens donen uns resultats prou significatius.

Les anàlisis de nutrients de les mostres de gel liquat ens indiquen que hi ha un increment clar dels fosfats a les mostres incubades amb llum i un increment de l'amoni en les mostres incubades sense llum. A partir d'aquests resultats podem afirmar que probablement la llum afecta el desenvolupament de les algues i, de manera indirecta, l'activitat bacteriana.

En relació a la diversitat de colònies bacterianes, els alumnes van arribar a les següents conclusions:

La diversitat de colònies bacterianes és comparable entre les mostres de glaç antàrtic i les mostres de glaç del Pirineu. Per tant, creiem que podem afirmar que es corresponen amb la nostra hipòtesi, segons la qual no hi hauria d'haver diferències significatives entre la banquisa antàrtica i el gel dels llacs del Pirineu, pel que fa a la diversitat de colònies bacterianes observades en cultiu.

El cas del llac de Barbs (zona d'Amitges) és especial, ja que es tracta d'un llac situat a 2.400 m d'altura, en una zona on pràcticament tot és rocam i sense vegetació. Probablement es tracta d'un llac amb característiques tròfiques molt especials i això podria determinar la baixa diversitat observada.

Aquestes conclusions van ser presentades, pels mateixos alumnes i en forma de breu comunicació, el dia 13/01/05, en el seminari *Nous avenços en ecologia microbiana* organitzat per la Societat Catalana de Biologia.

El web de Sotazero

El desenvolupament de les tecnologies de la informació i comunicació han estat i són una autèntica revolució social. La utilització d'aquestes tecnologies en els diferents camps està portant cap a una transformació del model social en molts sentits i, des del nostre àmbit, aprofitem les possibilitats que ens ofereix i incidim en els processos d'aprenentatge i en la seva qualitat. Així doncs, centrant-nos en l'àmbit educatiu, possibilita canvis molt significatius en la manera d'aprendre i d'ensenyar, és a dir, en la transmissió i creació del coneixement. Aquesta nova cultura de la comunicació augmenta les possibilitats educatives i és bàsica en la formació dels alumnes per a millorar els processos d'aprenentatge.

Les noves coordenades d'espai i temps en el ciberespai que les tecnologies avançades (Cabero et al., 1999) ens ofereixen possibiliten la creació de nous espais educatius caracteritzats per la interacció i la cooperació entre diferents persones que segueixen un model d'aprenentatge col·laboratiu sota una concepció constructivista.

Segons diu Adell (1997) un dels aspectes més remarcables d'Internet és que permet la creació i el funcionament de comunitats virtuals, de grups de persones que comparteixen interessos, que es comuniquen i que interactuen en un espai cibernètic. El treball col·laboratiu té, com a base, la metodologia d'una comunitat d'aprenentatge que basa la feina en projectes telemàtics col·laboratius en què les aportacions de tots el membres del grup són fonamentals.

El Projecte Sotazero és un bon exemple del que s'acaba d'esmentar i es pot seguir a través del seu web <http://www.fundaciocollserola.es/sotazero/index.php> (Figs. 10-12).

A l'altra punta del món les comunicacions són difícils. És per això que la nostra comunicació amb els científics i la d'ells amb nosaltres es va fer via satèl·lit. Els missatges sortien un cop al dia des del Polarstern i un satèl·lit alemany els enviava cap Alemanya, des d'allà



Figura 10. Exemple del funcionament de l'apartat d'activitats dels alumnes de batxillerat.

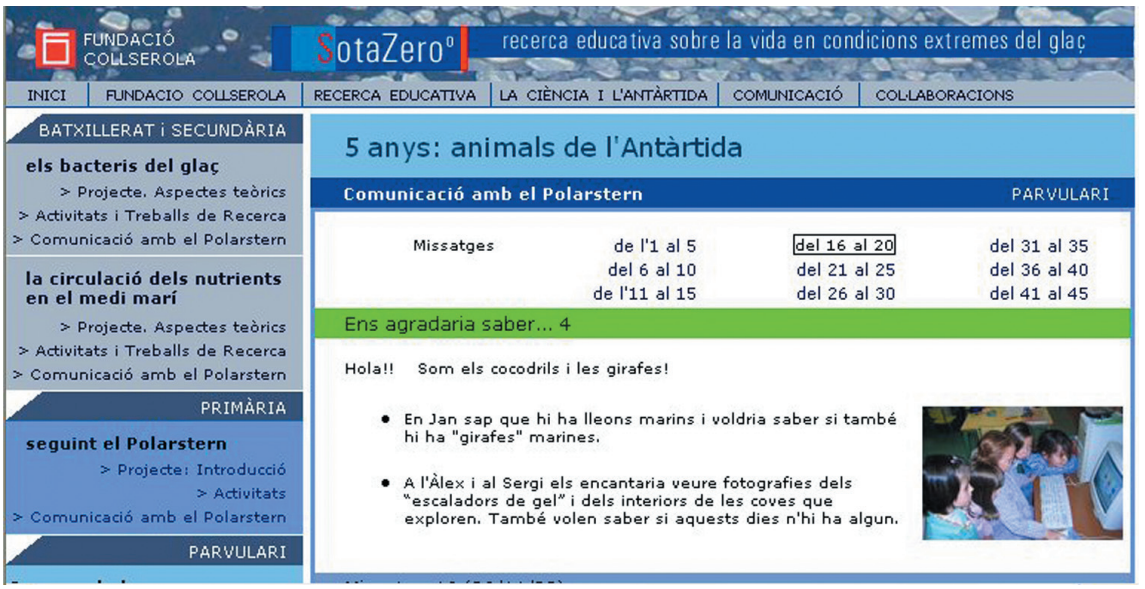


Figura 11. Exemple del web on els alumnes d'Educació Infantil fan preguntes als investigadors.



Figura 12. Exemple de dos dels missatges, amb les seves imatges corresponents, que van enviar els científics als alumnes d'Educació Infantil.

els rebotaven cap a l'escola i nosaltres ja podíem disposar de tota la informació.

No hauríem pogut pensar en aquest projecte, almenys de la manera en què s'ha dissenyat, sense l'ús de les tecnologies avançades. En aquest cas, potser el valor més important és que ens permetien apropar-nos, interaccionar diàriament i poder accedir a la informació que ells i nosaltres generàvem en qualsevol moment i d'una manera gairebé immediata.

Tots els missatges rebuts i les respostes o preguntes generades es troben en la web citada anteriorment. Es tracta d'un aspecte fonamental del projecte Sotazero, ja que ens permet divulgar i posar a l'abast de qualsevol persona tot el treball que es realitza.

Voldríem que la web reflectís, d'alguna manera, l'esperit del projecte Sotazero. Una manera d'entendre l'ensenyament de la Ciència i la Biologia del nostre món. Si volem que els alumnes s'interessin per la natura, han de tenir els naturalistes al seu abast. Han de poder participar activament en projectes més o menys senzills, amb el recolzament i l'ajut de professors i de científics que treballen en les institucions de prestigi i que tenen a les seves mans la informació més actualitzada.

El web SotaZero ha rebut el segon Premi dels eLearning Awards 2004 que concedeix la European Schoolnet de la Unió Europea.

Ha estat la quarta edició d'aquests premis, que tenen per objectiu premiar l'esforç en l'ús de les tecnologies de la informació i comunicació en l'aprenentatge. Poden optar a aquest premi escoles de diferents nivells, centres de professors i iniciatives per a estudiants amb necessitats especials d'aprenentatge d'arreu d'Europa.

A la convocatòria d'enguany, s'hi han presentat 1.021 projectes de 30 països europeus, dels quals es va fer una preselecció de 100 i una selecció final de 9. Aquestes xifres de participació reflecteixen la rellevància del segon premi.

Conclusions

Les conclusions que podem extreure del desenvolupament del projecte Sotazero pel que fa als objectius didàctics que s'havien plantejat en un principi són les següents.

– El projecte **constitueix un projecte d'investigació educativa** que ha estat innovador en la creació i difusió dels esdeveniments educatius que ha generat. Malgrat el component innovador del projecte, el marc teòric en l'àmbit didàctic és clar i les directrius es van establir de manera estricta des d'un principi. Per altra part, el web de Sotazero constitueix, per si mateix, una manera d'explicar el projecte de forma exhaustiva i, al mateix temps, és una font d'inspiració per a la creació de noves experiències educatives en l'àmbit de l'ensenyament de la ciència.

– Ha **incorporat l'ús de les tecnologies de la comunicació i de la informació (TIC),** promocionant la utilitat correcta d'Internet i demostrant que aquestes tecnologies són una eina indispensable per a l'educació a primària i a secundària. D'altra banda, Sotazero ha comptat també amb el privilegi d'utilitzar la premsa gràfica (articles a *Investigación y Ciencia*) per a la difusió de determinats aspectes del projecte. És important de constatar que l'ús de les eines de comunicació s'ha fet en fase d'execució del projecte; és a dir, no es tracta que els alumnes participin en la construcció d'una web o en l'elaboració d'uns articles un cop acabat el projecte i a manera de memòria, sinó que utilitzin aquests mitjans per difondre el que estan fent i mentre ho estan fent. És així com treballen els científics en el marc de la ciència evolutiva i contemporània.

– Les activitats **s'han recolzat en la idea d'un aprenentatge constructiu**, ja que els alumnes han après a partir de l'experiència i en un ambient de generació continuada de conflictes conceptuals. Aquest procés ha produït un aprenentatge significatiu en els alumnes que han participat en el projecte.

Si bé aquesta conclusió ha estat especialment estudiada i detectada en els alumnes de batxillerat, es pot fer també extensiva als alumnes dels nivells de parvulari i primària. De tota manera, aquest últim apartat de la conclusió requerirà un estudi més acurat per tal de valorar més objectivament la incidència dels procediments en l'aprenentatge significatiu dels alumnes.

– Les activitats han estat pensades amb l'objectiu de **promoure el concepte evolutiu de la ciència** i, en aquest sentit, resulten paradigmàtiques algunes situacions generades en el desenvolupament dels treballs de recerca dels alumnes de batxillerat. Per exemple, el creixement més gran, encara que més lent, de les colònies bacterianes incubades a 4ºC que el de les colònies incubades a 37ºC



Figura 13. Josep M. Gili en una sessió amb alumnes de parvulari per analitzar com són les plomes de pingüí.

ha estat, per als alumnes, un descobriment que, d'alguna manera, es contradiu amb les idees que havien prèviament assumit a partir de la lectura d'alguns textos senzills de microbiologia. És un petit detall, probablement sense una gran importància científica, però que il·lustra meravellosament la idea de ciència evolutiva. Per altra part, aquest petit descobriment va generar un conflicte conceptual que va implicar la necessitat de formular de nou el concepte de creixement bacterià.

Aquest exemple posa en evidència un fet especialment important: la idea de ciència evolutiva i el model constructivista d'aprenentatge són conceptes que es complementen perfectament en l'ensenyament de la ciència.

– **La promoció de la relació entre ciència i societat** és una de les fites més ben assolides pel projecte Sotazero. La col·laboració entre institucions i persones d'àmbits diferents en un objectiu comú és una de les característiques que més s'ha valorat del projecte. Creiem sincerament que Sotazero ha contribuït modestament però, també, decisivament en l'alfabetització científica dels alumnes més petits. Que un grup de científics de primer nivell comparteixi vivències amb els alumnes dins d'una classe de parvulari és un fet inusual (Fig. 13). La manera com aquests nens i nenes consideraran en el futur la figura d'un científic serà, de ben segur, diferent al concepte que moltes persones, nens i adults, tenen actualment del científic: el d'una persona que viu en un món particular i, en certa manera, apartat de la vida quotidiana de la majoria dels humans. Si volem que els ciutadans s'interessin per la ciència (comprensió pública de la ciència), cal que la figura del científic sigui la d'una persona propera, que treballa per a la millora de les condicions de vida de la gent, igual que ho fan un mestre, un metge, l'electricista o el pastisser.

L'alfabetització científica i tecnològica es considera, avui en dia, una condició necessària per a l'exercici dels deures i drets

democràtics dels ciutadans, de manera similar a l'alfabetització lectoescriptora de finals del segle XIX (Fourez, 1997). El físic i pedagog francès Gerard Fourez, particularment centrat en l'estudi de les relacions entre ciència, tecnologia i societat, fa un comentari especialment significatiu en el seu llibre *Apprivoiser l'épistémologie* (Fourez, 2003): «on pourrait dire qu'un débat est rationnel s'il existe une représentation commune de la situation concernée et qu'en conséquence, le débat ne se réduit pas à un dialogue de sourds». Si es volen evitar els diàlegs de sords entre conciutadans, cal que tothom conegui bé l'idioma científic bàsic i sàpiga aplicar correctament els conceptes.

–**La promoció de la ciència contemporània** és un dels eixos bàsics de Sotazero. Actualment, una expedició a l'Antàrtida no es podria dur a terme sense la participació multidisciplinària de les diferents branques de la ciència i la tecnologia. La tecnociència és un concepte que apareix implícit en cada apartat del projecte Sotazero: la utilització de recursos informàtics diversos, la sofisticació tecnològica d'un vaixell com el Polarstern, l'ús de tecnologia avançada en els aparells de microscòpia òptica i electrònica; tot això és tecnociència que és present en el projecte.

Ara bé, no tot el que podem anomenar tecnociència requereix d'aparells sofisticats. Els alumnes de batxillerat han hagut de calibrar una nevera convencional per tal que funcionés a 4ºC de manera fiable, han utilitzat una estufa de cultiu a 37ºC amb certs problemes de precisió, han necessitat enginy per sembrar plaques de cultiu mantenint les condicions d'esterilitat, han ideat una manera de fer fotografies al microscopi de l'escola de manera senzilla amb una càmera digital també senzilla (curiosament, la tècnica no funciona si la càmera és massa bona). Tot això també és tecnociència.

Finalment, i a manera d'epíleg, podem concloure que, si bé Sotazero va néixer com una aventura didàctica en el camp de l'ensenyament-aprenentatge de la ciència, un cop desenvolupat el projecte, creiem sincerament que ha contribuït, amb experiències concretes, a la formulació d'idees innovadores. Hem treballat modestament per a un gran objectiu: aconseguir que l'aprenentatge de la ciència sigui una mena de trajecte meravellós cap al descobriment del món.

Bibliografia

ADELL, J. (1997). Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, nº 7 http://www.uib.es/depart/gte/revelec7.html

ALIBERAS, J. (1989). *Didàctica de les ciències, perspectives actuals.* Eumo, Vic.

BENLLOCH, M. (1992). *Ciencias en el parvulario: una propuesta psicopedagógica para el ámbito de la experimentación.* Paidós, Barcelona.

CABERO, J. et al. (1999). *Las nuevas tecnologías para la mejora educativa.* Kronos.

CERAVALLS, A., D. HORTA, D. RODRÍGUEZ, J.M. GASOL i J.M. FORTUÑO. (2004). Vivir en canales de hielo. *Investigación y Ciencia,* 338: 40-41.

DEL VALLE, M., A. VIDAL, A. ESPLUGUES i J.M. GASOL. (2004). El hielo: reserva de vida durante el invierno. *Investigación y Ciencia* 337: 40-41.

DE TAKAMADO, H. (1998). *Luli l'Iceberg* (*Luli the Iceberg*). Zendrera Zariquiey, Barcelona.

FOUREZ, G. (1997). Scientific and technological literacy. *Social Studies of Science*, 27, 903-936

FOUREZ, G. (2003). *Apprivoiser l'épistémologie*. de Boeck, Bruxelles/Paris.

GEORGE, K.D., M.A. DIETZ, E.C. ABRAHAM i M.A. NELSON. (1974). *Las ciencias naturales en la educación básica* (*Elementary School Science: Why and how*). Santillana (Aula XXI), Madrid.

GROS B. (2000). *El ordenador invisible. Hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza.* Gedisa, Barcelona.

GUTIÉRREZ, R., B. MARCO, E. OLIVARES i T. SERRANO. (1990). *Enseñanza de las ciencias en la educación intermedia*. Rialp, Madrid.

MARTÍNEZ, A., A. SABATER, S. VILA, G. LUPÓN i J.M. GASOL. (2004). Biodiversidad bacteriana en el hielo antártico y alpino. *Investigación y Ciencia,* 336: 40-41.

NOVAK, J.D. i B.D. GOWIN. (1984). *Aprendiendo a aprender* (*Learning how to learn*). Martínez Roca, Barcelona.

SALZMAN, I. (2000). *Hacia una didáctica de la aventura*. Centro de Publicaciones Educativas y Material Didáctico, Buenos Aires.

SOPER, T. (1994). *Antarctica. A guide to the wildlife*. Bradt Publ., Bucks.

THOMAS D.N. i D.S. DIECKMANN. (2002). Antartic sea ice, a habitat for extremophiles. *Science,* 295: 641-644.