



Agència
per a la Qualitat
del Sistema Universitari
de Catalunya



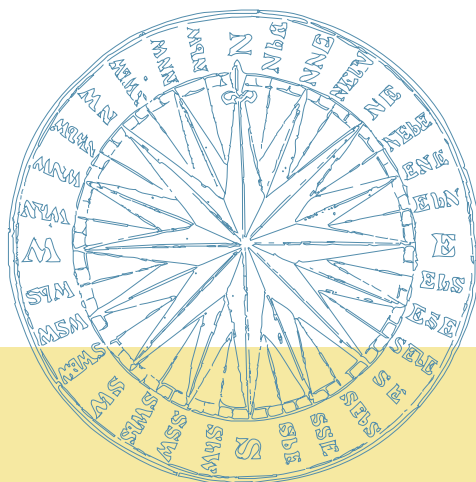
GUIA PER A L'AVALUACIÓ DE LA COMPETÈNCIA CIENTÍFICA A **CIÈNCIES, MATEMÀTIQUES I TECNOLOGIA**



La qualitat, garantia de millora.



Agència
per a la Qualitat
del Sistema Universitari
de **Catalunya**



GUIA PER A L'AVAUACIÓ DE LA COMPETÈNCIA CIENTÍFICA A **CIÈNCIES, MATEMÀTIQUES I TECNOLOGIA**

Guia per a l'avaluació de la competència científica a ciències, matemàtiques i tecnologia

Bibliografia

I. Izquierdo i Aymerich, Mercè, ed.

II. Garcia Pujol, Clara, ed.

III. Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya

1. Ciència – Ensenyament universitari – Avaluació

2. Matemàtica – Ensenyament universitari – Avaluació

3. Tecnologia – Ensenyament universitari – Avaluació

4. Competències professionals – Avaluació

378:5+6

© **Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya**

Via Laietana, 28, 5a planta

08003 Barcelona

© Autors: **Mercè Izquierdo i Aymerich** (coordinadora, Facultat de Ciències de la Educació, Universitat Autònoma de Barcelona); **Marià Baig i Aleu** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona); **Mar Carrió Llach** (Facultat de Ciències de la Salut i de la Vida, Universitat Pompeu Fabra), **Pau Ferrer Alegre** (Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, Universitat Autònoma de Barcelona); **Jordi Gené Torrabadella** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona); **Àngels González Lafont** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona); **Jaume Moncasi Solsona** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona); **Dolores Isabel Rexachs del Rosario** (Escola Universitària d'Informàtica, Universitat Autònoma de Barcelona); **Anselm Rodrigo Domínguez** (Facultat de Biociències, Universitat Autònoma de Barcelona) i **Joan Suades Ortuño** (Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona).

Coordinació editorial d'aquesta guia: **Clara Garcia Pujol** (Universitat Autònoma de Barcelona)

Coordinació de la col·lecció: Sebastián Rodríguez Espinar i Anna Prades Nebot

Producció editorial: Àgata Segura Castellà

Disseny i maquetació: Josep Turon i Triola

Primera edició: maig 2009

Dipòsit legal: B-9.130-2009

Es permet la reproducció total o parcial del document sempre que s'esmenti el títol de la publicació, el nom dels autors i l'Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya com a editora.

Disponible en versió electrònica:

<www.aqu.cat>

SUMARI

Presentació	7
Introducció	9
1. Competències: concepte, classificació i avaluació.....	13
1.1. Introducció	13
1.2. Aclarint conceptes	15
1.3. Possibles classificacions de les competències	18
1.4. Aprenentatge i avaluació	19
1.5. Consideracions finals	27
1.6. Definicions del terme <i>competències</i>	28
2. Aspectes generals de la tasca que hem dut a terme.....	31
2.1. Les característiques d'unitats docents per desenvolupar competències d'activitat científica	33
2.2. Els nostres exemples	34
2.3. Resultats que hem obtingut.....	39
3. Resoldre problemes d'Ecologia mitjançant pràctiques de camp	43
3.1. Introducció	43
3.2. Context docent.....	43
3.3. Objectius que s'han d'assolir	44
3.4. Activitats d'aprenentatge.....	46
3.5. Activitats d'avaluació	48
3.6. Reflexions finals	53
4. Resolució de problemes experimentals en el Laboratori integrat de biotecnologia	55
4.1. Introducció	55
4.2. Context docent.....	55
4.3. Objectius de la unitat docent.....	56
4.4. Activitats d'aprenentatge.....	58
4.5. Instruments d'avaluació.....	60
4.6. Reflexions	65
5. Avaluació de competències en un laboratori de Química	67
5.1. Introducció	67
5.1. Context	67
5.1. Objectius de la unitat docent.....	68
5.1. Activitats d'aprenentatge.....	69
5.1. Instruments d'avaluació.....	70
5.1. Reflexions	75

6.	Avaluació per competències en l'assignatura de Química bàsica.	
	Canvi de paradigma en la interpretació d'un fenomen	79
6.1.	Introducció	79
6.2.	Context docent	80
6.3.	Objectius de la unitat docent	80
6.4.	Activitats d'aprenentatge	82
6.5.	Instruments i activitats d'avaluació	84
6.6.	Reflexions finals	89
7.	Activitat d'aprenentatge basat en problemes a la titulació de Biologia de la UPF	91
7.1.	Context	91
7.2.	Objectius de l'activitat	91
7.3.	Instruments d'avaluació	93
7.4.	Reflexions finals	101
8.	Avaluació de la competència en l'ús del llenguatge de les matemàtiques	105
8.1.	Introducció	105
8.2.	Context docent	106
8.3.	Objectius	106
8.4.	Activitats d'aprenentatge	107
8.5.	Instruments d'avaluació	108
8.6.	Reflexions finals	109
9.	Avaluació de competències en Informàtica: estudi i resolució d'un cas sobre fonaments de computadors	113
9.1.	Introducció	113
9.2.	Context docent	113
9.3.	Objectius de la unitat docent	114
9.4.	Activitats d'aprenentatge	115
9.5.	Activitats d'avaluació	118
9.6.	Avaluació	121
9.7.	Reflexions finals	124
10.	Avaluació de la competència d'aprenentatge autònom en Química analítica mitjançant el treball cooperatiu	125
10.1.	Introducció	125
10.2.	Context docent	125
10.3.	Objectius de la unitat docent	127
10.4.	Activitats d'aprenentatge	128
10.5.	Instruments d'avaluació	129
10.6.	Reflexions finals	132

11. Avaluació de competències en una classe de Termodinàmica	133
11.1. Introducció	133
11.2. Context de la unitat docent	133
11.3. Objectius a assolir	134
11.4. Activitats d'aprenentatge	135
11.5. Instruments d'avaluació	139
11.6. Reflexions finals	145
12. Activitats de demostració, observació i explicació (DOE) a l'aula per a l'assignatura de Física per a la Geologia (grau de Geologia).	147
12.1. Introducció	147
12.2. Context docent	149
12.3. Objectius de la unitat docent	151
12.4. Activitats d'aprenentatge	153
12.5. Instruments d'avaluació	156
12.6. Reflexions finals	158
Bibliografia	159

PRESENTACIÓ

Des dels inicis del procés de convergència europea ha estat un objectiu d'AQU Catalunya posar a disposició de les universitats catalanes eines que ajudin a aquest procés, com ara el Pla pilot d'adaptació de les titulacions a l'Espai europeu d'educació superior (EEES), o el document *Eines per a l'adaptació de les titulacions a l'EEES*. En aquesta línia, l'any 2007 l'Agència va obrir una convocatòria per a la concessió d'ajuts per a l'elaboració de guies d'avaluació de competències en el marc dels processos d'acreditació de titulacions universitàries oficials a Catalunya (Resolució IUE/3013/2007, de 8 d'octubre).

Aquesta iniciativa se sustenta en una doble motivació. D'una banda, tots els títols adaptats a l'Espai europeu d'educació superior han de disposar d'un perfil de formació en competències, és a dir, han formulat què s'espera dels graduats en termes de competències específiques i transversals. De l'altra, els estàndards europeus d'assegurament de qualitat (ENQA, 2005) estableixen que els estudiants haurien d'estar clarament informats sobre els mètodes de valoració a què estaran subjectes, sobre què s'espera d'ells i sobre quins criteris s'aplicaran per valorar el seu rendiment. Tot plegat, fa que el repte que ara té el professorat de les nostres universitats consisteixi a trobar la manera com desenvolupar i com avaluar de forma coherent aquestes competències assumides al perfil de formació.

D'altra banda, en un context de major autonomia en el disseny dels títols, així com en els processos per desenvolupar-los, l'atenció a la rendició de comptes, tant en el nostre àmbit com a escala internacional, se centra en la certificació dels assoliments. Així, és d'esperar que els futurs processos d'acreditació estiguin cada cop més enfocats a verificar l'assoliment del perfil de formació, i l'avaluació dels aprenentatges és el moment en el qual es constata l'assoliment dels estudiants.

Aquestes guies han estat elaborades amb l'objectiu que el professorat disposi d'uns recursos de referències i d'exemplificacions que li permetin poder dissenyar, en coherència amb el perfil de formació d'una titulació i els objectius de les matèries, les estratègies d'avaluació dels aprenentatges dels estudiants. Així doncs:

- Hi ha propostes diferents segons els àmbits disciplinaris, partint de la hipòtesi que una guia general d'avaluació de competències no és tan útil com una guia elaborada des del propi camp disciplinari del professorat que l'ha d'aplicar.
- Les propostes han estat elaborades per professorat del nostre context universitari, per tant són guies «realistes», no adaptacions automàtiques de bones pràctiques de contextos universitaris distants al nostre.
- Les guies proporcionen un marc de referència de bones pràctiques que permeten triar i dissenyar proves avaluatives coherents amb els resultats d'aprenentatge pretesos, i una major transparència sobre els mètodes i criteris de valoració

Esperem que l'esforç que han realitzat els grups de professors i professores, als quals volem expressar el nostre agraïment, us resulti útil i profitós.

Les guies editades per AQU Catalunya són les següents:

- *Guia per a l'avaluació de competències en l'àrea d'Humanitats*, coordinada per Gemma Puigvert de la UAB;
- *Guia per a l'avaluació de competències en l'àrea de Ciències Socials*, coordinada per Joaquín Gairín de la UAB;
- *Guia per a l'avaluació de competències en Educació Social*, coordinada per Judit Fullana de la UdG;
- *Guia per a l'avaluació de competències en el treball de final de grau en l'àmbit de les Ciències Socials i Jurídiques*, coordinada per Joan Mateo de la UB;
- *Guia per a l'avaluació de competències en el pràcticum de Mestre/a*, coordinada per Montserrat Calbó de la UdG;
- *Guia per a l'avaluació de competències en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport*, coordinada per Enric Sebastiani de la URL;
- *Guia per a l'avaluació de la competència científica a Ciències, Matemàtiques i Tecnologia*, coordinada per Mercè Izquierdo de la UAB;
- *Guia per a l'avaluació de competències als laboratoris en l'àmbit de Ciències i Tecnologia*, coordinada per Maria Rosario Martínez de la UPC;
- *Guia per a l'avaluació de competències en Medicina*, coordinada per Josep Carreras de la UB;
- *Guia per a l'avaluació de competències en l'àrea d'Enginyeria i Arquitectura*, coordinada per Elisabet Golobardes de la URL;
- *Guia per a l'avaluació de competències als treballs de final de grau i de màster a les Enginyeries*, coordinada per Elena Valderrama de la UAB.

Javier Bará Temes
Director d'AQU Catalunya

INTRODUCCIÓ

Presentem la tasca duta a terme pels professors i professores de Ciències, Matemàtiques i Tecnologia que formem part del grup «Resoldre problemes per aprendre», del servei IDES de la UAB. Ens ha semblat que la millor manera de plantejar una «guia per avaluar competències» que resultés útil era mostrar el camí que hem seguit per canviar, nosaltres mateixos, algunes de les nostres classes amb la finalitat de fer-les més actives i, en conseqüència, més adequades per adquirir competències. Aquest pas previ ens ha permès dissenyar nous instruments d'avaluació per ponderar un espectre més ampli de capacitats relacionades amb l'activitat científica dels estudiants.

No ha estat senzill assolir els objectius que ens havíem fixat, perquè el canvi d'orientació de la docència que se'ns proposa trenca amb tradicions molt arrelades a les nostres aules i és difícil destriar què cal canviar i què cal potenciar. En les propostes docents que presentem aquí es demanen als estudiants un seguit d'activitats que abasten dimensions de la persona que abans es donaven per descomptades i que no es pretenia desenvolupar de manera explícita. Cal reconèixer que no totes les classes admeten una estructuració d'aquestes característiques i que tampoc hem de prescindir dels exàmens finals de format més clàssic. Per això, presentem també alguns problemes de «paper i llapis» que permeten avaluar competències; la seva principal característica és que no poden ser resolts de manera correcta si no s'ha treballat en algun moment de la manera «activa» que hem mostrat.

L'anàlisi final de les propostes docents i dels instruments d'avaluació que presentem ens ha fet veure que volem potenciar «competència científica», que requereix un gran ventall de capacitats (o competències) i que podria desplegar-se més i més (i no sempre de la mateixa manera) a mesura que adquirim experiència en nous estils d'ensenyar i avaluar i disposem de resultats que ens permetin avaluar les innovacions que hem introduït.

Creiem que la nostra experiència pot ser útil per impulsar grups de treball docents que, de manera sistemàtica, transformin els currículums «per objectius» —que eren habituals fins ara— en currículums «per competències». Si es fa amb el temps necessari (sense pressa, per tant, i anant al fons de les dificultats que poden sorgir) per dissenyar propostes docents vinculades a l'activitat científica real, els estudis universitaris seran més eficaços i vinculats a la recerca d'alt nivell, perquè el professorat podrà plantejar problemes inspirats en els aspectes de la seva recerca que connectin millor amb les finalitats de formació dels professionals que sorgiran com a resultat de la implantació dels nous graus.

Proposem que aquesta guia s'utilitzi com a font d'inspiració per canviar les classes de cadascú. En primer lloc, cal revisar el concepte de *competència* fins a aconseguir comprendre'l bé en relació amb la matèria científica que es vol ensenyar. No s'ha de confondre amb *ser competitiu*, ni amb els requisits laborals vinculats a la professió per a la qual es preparen els estudiants; ha de relacionar-se amb els processos epistemològics i cognitius propis dels coneixements científics i, finalment, ha de connectar amb els objectius dels programes, perquè aquests proposen, ara, un ensenyament actiu (només així,

desenvolupant activitat científica, els estudiants arribaran a ser «competents en les matèries que estudien»). En segon lloc, caldrà identificar quines de les nostres classes són més actives i, en fer-ho, analitzar les activitats que es proposen als estudiants amb voluntat d'ampliar-les i millorar-les des de la perspectiva competencial que estem introduint. En tercer lloc, ens caldrà introduir nous mecanismes d'avaluació adequats a aquestes activitats, cosa que molt sovint s'oblida perquè es considera que l'aprenentatge que promouen ja s'avalua en els exàmens finals, globalment. Amb tot això, probablement la «classe» amb la qual hem començat a treballar se'n ha transformat en un conjunt de classes que constitueixen una «unitat docent» i que poden cobrir més d'un tema del programa. Finalment, podem «filar més prim» i identificar la competència específica (o més d'una) que estem desenvolupant en aquesta «unitat docent». Hauríem de comprovar, en fer-ho, que aquestes competències són «components de competència científica» que corresponen als seus tres aspectes fonamentals —capacitat de formular preguntes i identificar problemes; capacitat de buscar evidències, i capacitat d'elaborar explicacions científiques— en els diferents contextos que proporcionen les disciplines que ensenyem i amb l'esperit de col·laboració i d'intervenció responsable que es vol potenciar en tots els graus.

Malgrat que en els 12 capítols d'aquesta guia s'ofereixen nombroses «pistes» per treballar a partir dels exemples que s'hi proporcionen, reconeixem que aquests són limitats. Per això hem adjuntat l'annex 1, procedent del web de la UAB, en el qual s'ofereixen exemples genèrics de competències específiques que orienten sobre com formular-les. En el mateix annex es troben nombrosos exemples d'activitats docents i d'instruments d'avaluació, que amplien els que es proporcionen en els capítols de la guia.

L'estructura d'aquesta guia és la següent:

- Capítol 1. Competències: concepte, classificació i avaluació
- Capítol 2. Aspectes generals de la feina que hem dut a terme
- Capítol 3. Resoldre problemes d'Ecologia mitjançant pràctiques de camp (per Anselm Rodrigo)
- Capítol 4. Resolució de problemes experimentals en el Laboratori integrat de biotecnologia (per Pau Ferrer)
- Capítol 5. Avaluació de competències en un laboratori de química (per Joan Suades)
- Capítol 6. Avaluació per competències en l'assignatura Química bàsica. Canvi de paradigma en la interpretació d'un fenomen (per Mercè Izquierdo)
- Capítol 7. Activitat d'aprenentatge basat en problemes a la titulació de Biologia de la UPF (per M. del Mar Carrió Llach)
- Capítol 8. Avaluació de la competència en l'ús de llenguatge de matemàtiques (per Jaume Moncasi)
- Capítol 9. Avaluació de competències en Informàtica: estudi i resolució d'un cas sobre fonaments de computadors (per Dolores Rexachs)

- Capítol 10. Avaluació de la competència d'aprenentatge autònom a Química analítica mitjançant el treball cooperatiu (per Jordi Gené)
- Capítol 11. Avaluació de competències en una classe de Termodinàmica (per Àngels González)
- Capítol 12. Activitats de demostració, observació i explicació (DOE) a l'aula, per a l'assignatura Física per a la geologia del grau de Geologia (per Marià Baig i Aleu)

1. COMPETÈNCIES: CONCEPTE, CLASSIFICACIÓ I AVALUACIÓ

1.1. INTRODUCCIÓ

El procés de convergència a l'Espai europeu d'educació superior (EEES) comporta, entre altres temes, un canvi en la concepció pedagògica, en el sentit que es passa d'un model d'ensenyament-aprenentatge enfocat vers l'ensenyament a un model enfocat vers l'aprenentatge basat en el treball de l'estudiant i en l'establiment de les condicions idònies, per tal que els objectius proposats es puguin aconseguir i dominar amb èxit. En el Comunicat de Berlín (2003), els ministres europeus hi encoratjaven tots els països europeus a descriure les qualificacions dels seus sistemes d'educació superior en termes de resultats d'aprenentatge, competències i perfil.

L'informe del projecte Tuning (2003) assenyala tres grans factors que expliquen l'interès de desenvolupar les competències en programes educatius:

- La necessitat de millorar l'*ocupabilitat* dels graduats en la nova societat del coneixement (obsolescència ràpida dels sabers, necessitat d'aprendre al llarg de la vida, etc.).
- La creació de l'Espai europeu d'educació superior: necessitat d'establir referents comuns per a les titulacions (descriptors de Dublín per a *bachelor* i *màster*), etc.
- Un nou paradigma educatiu: centrat en l'aprenentatge dels estudiants i que fa més èmfasi en els resultats o en els objectius de l'ensenyament.

S'han utilitzat nombrosos termes per descriure els resultats dels processos d'aprenentatge, com ara *habilitats*, *destreses*, *capacitats*, *competències*, etc., ja sigui com a sinònims o com a termes amb matisos diferents. El grup de treball que ha elaborat aquest document defineix la *competència* com «el conjunt de coneixements, habilitats i actituds que s'han d'integrar per fer una tasca específica».

El desenvolupament de la capacitat de gestionar els coneixements eficientment és tan important o més que emmagatzemar molts coneixements, especialment amb relació als contextos de la realitat on s'hauran d'aplicar. La nova educació orientada al desenvolupament competencial dels estudiants implica modificar profundament no tan sols els plantejaments avaladors, sinó també el nostre pensament sobre formació, instrucció i docència.

Al llarg dels últims deu anys, s'ha produït un conjunt molt important de canvis en la mateixa naturalesa de l'avaluació dels aprenentatges que afecten el pensament actual pel que

respecta al binomi format pels conceptes d'ensenyament i aprenentatge, com també al paper de l'avaluació. Tot seguit, assenyalem els canvis que considerem més importants.

Canvis en l'enfocament del procés d'ensenyament-aprenentatge: de l'èmfasi en l'ensenyament a l'aprenentatge

Atorgar més importància als processos d'aprenentatge que no pas als d'ensenyament significa que el centre de gravetat se situa en els *outputs* més que no pas en els *inputs*. Es compleix, amb això, un dels principis bàsics del nou paradigma organitzatiu de l'educació, el de la primacia de les finalitats (Hutmacher, 1999), segons el qual l'acció s'orienta de manera prioritària a assolir els objectius establerts. La proposta curricular i l'activitat docent s'organitzen, s'estructuren i es caracteritzen al voltant d'aquest nou element i en depenen.

Canvis en els continguts objecte d'avaluació

Possiblement, el canvi més profund s'ha produït amb referència a la naturalesa dels aprenentatges. La qualitat d'un aprenentatge ja no es basa exclusivament en el fet de conèixer més sobre un domini concret, sinó en la nostra capacitat de fer servir holísticament els nostres coneixements, les nostres habilitats i les nostres actituds per tal d'aplicar-los, de manera activa i eficient, sobre tasques específiques. Amb tot això, ens referim al procés conegut com a *desenvolupament competencial* i el problema rau en l'enfocament dels processos d'avaluació sobre aquest nou tipus d'aprenentatge.

Canvis en la lògica de l'avaluació

Finalment, el tercer gran canvi fa referència a la nova lògica que orienta els processos avaluadors. L'avaluació educativa, històricament, s'havia centrat en el control dels resultats de l'aprenentatge. Posteriorment, va desplaçar la seva preocupació als processos de petició de responsabilitats (*accountability*), la qual cosa significava implicar tota la comunitat educativa en la responsabilització de la consecució de la qualitat dels processos i els resultats educatius. És bàsicament en la darrera dècada quan es descobreix l'enorme potencial de l'avaluació com a eina per gestionar els mateixos aprenentatges i garantir-ne la qualitat. S'estableix definitivament la importància d'associar els processos avaluadors als de desenvolupament i potenciació de la nostra capacitat per aprendre.

A més a més, cal assenyalar que l'avaluació de les competències assolides per l'estudiant no tan sols té el punt de vista de l'avaluació dels resultats individuals de l'aprenentatge, sinó que també adopta el punt de vista institucional, és a dir, la qualitat d'una institució està associada al grau en què assoleix que els seus graduats siguin competents en allò que es descriu al perfil de formació.

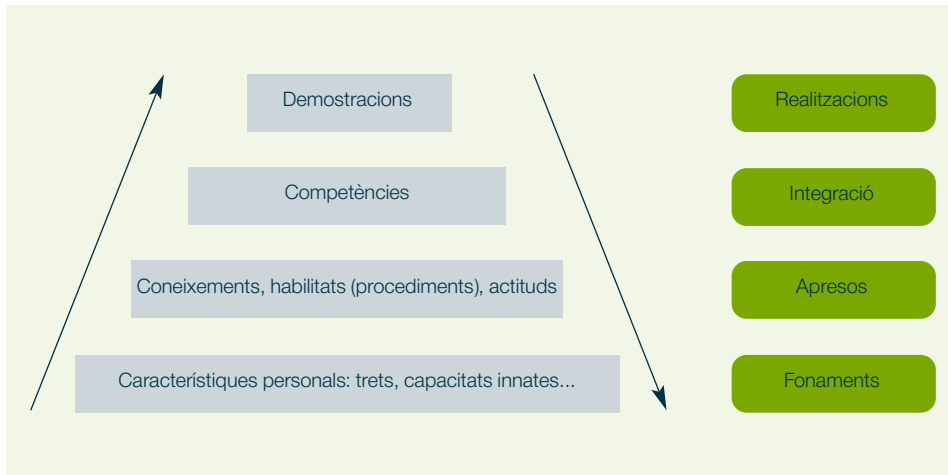
1.2. ACLARINT CONCEPTES

Més amunt, s'hi ha assenyalat que termes com ara *habilitats*, *coneixements*, *capacitats* i *competències* s'han fet servir sovint de manera intercanviable. La figura 1 mostra l'estructura jeràrquica d'aquests conceptes i permet establir-ne les diferències.¹ D'aquesta manera:

- Els **trets** i les **característiques personals** constitueixen els fonaments de l'aprenentatge, la base innata des de la qual es poden construir les experiències subsegüents. Les diferències en trets i característiques ajuden a explicar per què les persones trien experiències distintes d'aprenentatge i adquireixen nivells i tipologies de coneixements i habilitats diferents.
- Els **coneixements**, les **habilitats** i les **actituds** es desenvolupen a partir de les experiències d'aprenentatge, que, si es defineixen d'una manera àmplia, inclouen tant l'escola com el treball, la família, la participació social, etc.
- Les **competències** són combinacions de coneixements, habilitats i actituds adquirides. Es desenvolupen a partir d'experiències d'aprenentatge integratives en les quals els coneixements i les habilitats interactuen per tal de donar una resposta eficient en la tasca que s'executa.
- Les **demostracions** comporten l'aplicació en contextos específics de les competències apreses.

¹ Aquesta conceptualització procedeix del treball realitzat pel Council of the National Postsecondary Education Cooperative (NPEC) i el seu Working Group on Competency-Based Initiatives, patrocinat per l'NCES (National Center for Education Statistics). Referència: NCES (2002). *Defining and Assessing Learning: Exploring Competency-Based Initiatives*. Disponible a: <<http://nces.ed.gov/publicsearch/>> [Consulta: setembre de 2008]

Figura 1. Jerarquia de resultats d'aprenentatge



Font: NCES (2002).

Al final d'aquest capítol, hi hem recollit diferents definicions sobre el constructe de competències que s'han fet servir recurrentment i que són coherents amb el concepte assumit en aquest capítol.

Per tal com les competències són el resultat de combinar coneixements i habilitats, és evident que, en un procés formatiu complex com ara el de l'educació superior, de durades llargues, les competències no es desenvoluparan de manera més o menys completa fins als moments finals d'aquest procés. D'aquesta manera, pot ser útil diferenciar les competències d'altres conceptes vinculats al procés d'ensenyament i aprenentatge amb els quals conviuen, com ara els objectius o els resultats d'aprenentatge:

<p>Objectius</p>	<p>Són afirmacions relatives a la docència, redactades des del punt de vista d'allò que intentarà cobrir el professorat amb un bloc determinat d'aprenentatge (mòdul, matèria, assignatura, etc.). Estan escrits des del punt de vista del professor.</p> <p>Poden incloure coneixements i habilitats de manera aïllada.</p>
<p>Resultats d'aprenentatge</p>	<p>Són afirmacions sobre què s'espera que un estudiant pugui conèixer, comprendre i ser capaç de demostrar després d'haver completat un procés d'aprenentatge (mòdul, assignatura, matèria, curs, etc.). Se centren en el que l'estudiant ha assolit en comptes de quines són les intencions del professor. Se centren en allò que pot demostrar l'estudiant en finalitzar l'activitat d'aprenentatge.</p> <p>Poden incloure coneixements i habilitats aïlladament. De la mateixa manera que els objectius, es poden descriure en finalitzar qualsevol unitat (mòdul, assignatura, etc.).</p>

Competències	Impliquen l'ús integrat de coneixements, habilitats i actituds en l'acció. Per la seva naturalesa, només es podran assolir en estadis finals del procés educatiu (pràcticum, treballs finals de carrera, etc.). ²
---------------------	--

A continuació, s'ofereix un exemple de redacció de cadascun d'aquests nivells:³

- **Objectiu d'aprenentatge:** que l'estudiant conegui i descrigui les diferents fonts de cost econòmic i la seva ponderació dins d'un projecte.
- **Resultats d'aprenentatge:** identificar les diferents fonts de cost econòmic dins d'un projecte d'enginyeria.
- **Competència associada:** avaluar la viabilitat econòmica d'un projecte industrial d'enginyeria química.

Tal com s'observa en el requadre següent, els objectius d'aprenentatge i els resultats d'aprenentatge són dues cares d'una mateixa moneda, però, mentre que els objectius no són observables, els resultats identifiquen accions de l'estudiant que permeten avaluar-los, tal com podem veure a continuació:

Exemple de redacció d'objectius	Exemple de redacció de resultats d'aprenentatge
<p>L'objectiu del mòdul, la matèria o l'assignatura és que l'estudiant:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Conegui els diferents instruments utilitzats en processos de selecció de personal en cadascuna de les seves fases. ■ Comprengui... 	<p>En acabar el mòdul, la matèria o l'assignatura, l'estudiant tindrà les capacitats següents:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Identificar els instruments utilitzats en cadascuna de les fases d'un procés de selecció. ■ Comparar els instruments utilitzats en... (anàlisi de semblances i diferències). ■ Valorar, d'acord amb criteris de rellevància, cost, etc., la idoneïtat, en un procés de selecció determinat, de cadascun dels possibles instruments de selecció... ■ Aplicar...

² Per exemple, la competència d'anàlisi de mostres reals en un laboratori, que correspon a una competència del perfil de formació d'un químic, es podrà assolir en un laboratori de pràctiques del darrer curs del programa de formació, però, en cursos anteriors, l'estudiant haurà dut a terme anàlisis de mostres simples que no requereixin tractaments laboriosos. És a dir, de la mateixa manera que hi ha nivells de complexitat diferent en l'àmbit de la cognició (del record a l'aplicació o l'avaluació), també és possible establir nivells de complexitat en l'àmbit de l'acció, d'execucions en processos parcials en contextos simples a execucions de processos complets en contextos complexos.

³ L'exemple s'ha extret d'una de les competències definides a la *Guia per al disseny d'un perfil de formació: Enginyeria Química*, AQU Catalunya, 2006.

La redacció d'un resultat d'aprenentatge no difereix de la redacció de les competències. Totes dues redaccions requereixen l'ús d'un verb que identifica una acció que ha de desenvolupar i ser capaç de fer l'estudiant i, per tant, s'ha de poder visualitzar i avaluar.

Per tal com les competències es demostren en l'acció, el context on es manifesten és un element clau per adequar-les. D'aquesta manera, competències en diferents contextos requereixen diferents combinacions de coneixements, habilitats i actituds; per exemple: el lideratge d'un cirurgià és diferent del lideratge que necessita un entrenador de bàsquet.

En resum:

- La competència és la combinació d'habilitats, actituds i coneixements necessaris per desenvolupar una tasca de manera eficaç.
- Les competències es demostren en l'acció i, per tant, només són avaluables en tant que hi hagi activitats que impliquin que es duguin a terme.
- Les competències són apreses i es desenvolupen a partir d'activitats que permeten integrar habilitats, actituds i coneixements apresos anteriorment potser de manera separada.

1.3. POSSIBLES CLASSIFICACIONS DE LES COMPETÈNCIES

Qualsevol classificació que s'adopti deixarà fora algun aspecte, certa terminologia o determinats punts de vista específics d'algun autor. A fi d'establir un referent, resultat de la transacció corresponent entre els autors de les diverses guies que es presenten, es proposa una classificació que intenta ser al màxim de comprensiva possible.

Cada titulació desenvolupa competències, algunes de les quals són pròpies o específiques de la titulació corresponent, mentre que n'hi ha que són transversals o compartides amb unes altres. Així doncs, podem diferenciar dos amplis grups de competències:

- **Competències específiques**, que són pròpies d'un àmbit o titulació i estan orientades a aconseguir un perfil específic del graduat. Són properes a certs aspectes formatius, àrees de coneixement o agrupacions de matèries i acostumen a tenir una projecció longitudinal en la titulació.
- **Competències genèriques (o transversals)**, que són comunes a la majoria de titulacions, encara que exerceixen una incidència diferent i són contextualitzades en cadascuna de les titulacions en qüestió; per exemple: no es treballarà igual la comunicació d'un futur metge que la d'un periodista, un mestre, un químic, etc.

Dins d'aquest bloc, hi trobem competències personals, com ara la gestió del temps i la responsabilitat del mateix aprenentatge; competències interpersonals, com ara comunicar-se, treballar en equip, liderar o negociar; competències relacionades amb la

gestió de la informació, els idiomes, la informàtica, etc. A vegades, aquestes últimes competències s'inclouen sota la denominació d'*instrumentals*.

Entre aquestes competències genèriques, hi volem destacar les més relacionades amb el context acadèmic, que són les nuclears o més pròpies de l'educació superior: el pensament analític o crític, la resolució de problemes, la presa de decisions, la indagació, etc. A la universitat és on aquestes competències es desenvolupen al seu nivell més alt, si bé la disciplina marcarà la diferència: d'aquesta manera, per a un filòsof, el pensament analític tindrà una concreció diferent que per a un farmacèutic o un matemàtic. Sens dubte, alguns àmbits de formació amb menys tradició professional podran emfatitzar el desenvolupament d'aquest tipus de competències.

1.4. APRENTATGE I AVALUACIÓ

L'aprenentatge basat en competències pretén assegurar que els estudiants adquireixen aquells coneixements, aquelles habilitats i aquelles actituds importants, tant amb relació a allò que s'està estudiant com pel que fa a les transicions per a les quals es preparen (transició laboral, preparació per a màsters acadèmics, etc.). Emprar competències implica el desenvolupament de quatre components diferents però interactius:

- Descripció de la competència.
- Descripció de les activitats on es manifestarà la competència.
- Instruments o mitjans per avaluar la competència.
- Estàndards o criteris pels quals es jutja si algú és competent o no.

Descripció de la competència

Definir les competències és important per tal de comunicar als estudiants què es pretén assolir amb el procés d'ensenyament-aprenentatge i en quina mesura les seves experiències d'aprenentatge i els seus esforços estan adreçats vers aquest assoliment. D'altra banda, els ocupadors tindran un referent clar d'allò que els graduats saben i són capaços de fer.

En la descripció de la competència, s'hi han d'assenyalar tant els continguts implicats, com el nivell de complexitat del context on s'haurà d'aplicar la competència.

La formulació de la competència requereix els elements següents:

- Un **verb actiu, que identifiqui una acció que generi un resultat visualitzable**. D'aquesta manera, cal evitar l'ús de verbs com ara *conèixer* o *comprendre* i utilitzar unes altres formes verbals, com ara *descriu*, *identifica*, *reconeix*, *classifica*, *compara*, *avalua* o *valora*, *formula*, *argumenta*, *calcula*, *planifica*, *dissenya*, etc.

- La **descripció de l'objecte de l'acció i el context en el qual s'aplica**. La competència ha de fer referència al camp disciplinari en el qual es fonamenta; per exemple: *Dissenyar instal·lacions d'enginyeria química, Desenvolupar entrevistes diagnòstiques en l'àmbit clínic, Fer un examen físic i mental complet.*

Descripció de les activitats on es manifesten les competències

Consisteix a descriure amb precisió el tipus d'activitat on es manifestarà la competència i els objectius que es persegueixen duent-la a terme. Conseqüentment, s'han d'explicitar les competències associades amb aquesta activitat, quins coneixements o habilitats porten implícits i en quins contextos s'aplicaran, com també el nivell de profunditat o complexitat en què s'haurien de concretar.

Un cop definides les competències que estan implicades en l'activitat, en quin nivell i context es treballaran i de quins mitjans es disposarà, es poden concretar els **resultats d'aprenentatge** esperats en cada activitat, és a dir, els resultats observables. D'aquesta manera, serà possible establir quin tipus d'evidències es produeixen i com es poden recollir per tal d'analitzar el nivell d'assoliment de les competències descrites.

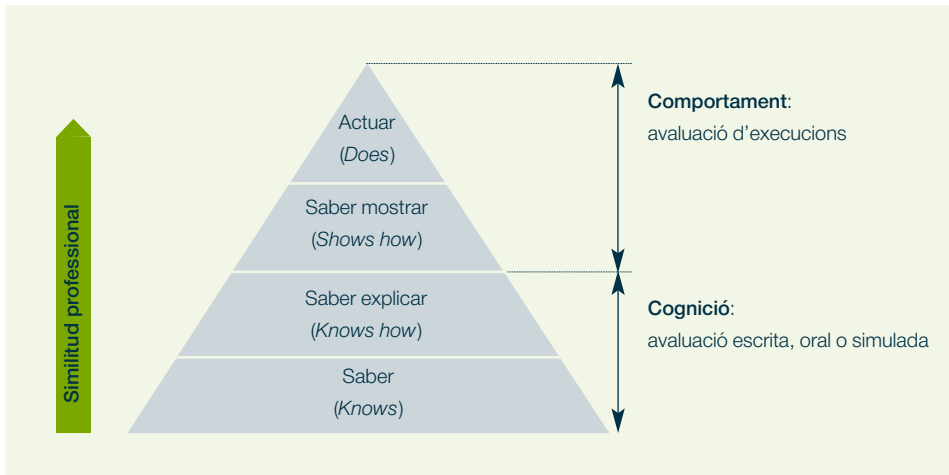
Aquest nivell de descripció és necessari en les activitats que són objecte d'avaluació, no cal fer-ho d'una manera tan detallada per a la resta d'activitats d'aprenentatge, on es poden introduir competències que no siguin objecte d'avaluació.

Tria d'instruments per a l'avaluació

La determinació del tipus d'instrument que cal aplicar per recollir evidències, depèn fonamentalment de la naturalesa del resultat d'aprenentatge que s'ha de capturar.

Si bé, tal com hem vist a la figura 1, la competència només es pot avaluar en l'acció, per poder-la adquirir cal haver assolit prèviament una sèrie de coneixements, habilitats i actituds que haurem descrit bé d'acord amb els resultats d'aprenentatge o en termes d'objectius, segons que la nostra perspectiva sigui allò que el professor pretén que s'assoleixi o allò que haurà de demostrar l'estudiant. La piràmide de Miller (1990) pot ser una manera útil d'ajudar a triar estratègies d'avaluació coherents amb resultats d'aprenentatge descrits pel professor. D'aquesta manera, es pot avaluar només el fet de saber (per exemple, per mitjà d'una prova tipus test) o el fet de saber explicar, que ja requereix una gestió del coneixement adquirit; o bé es pot plantejar una simulació en la qual l'estudiant actuï en situacions controlades, i, finalment, cal demostrar l'adquisició d'una competència en diverses actuacions.

Figura 2. Piràmide de Miller



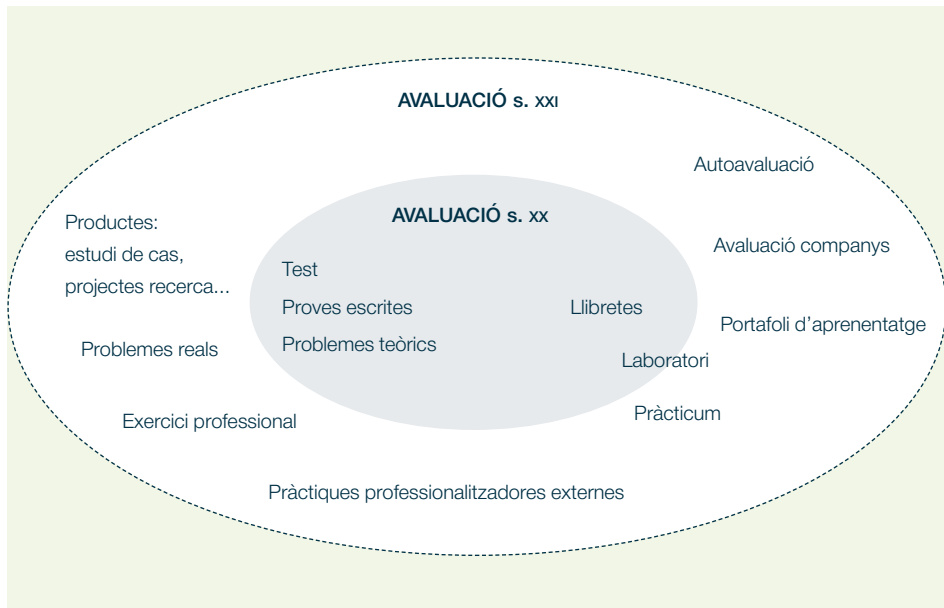
Font: Miller (1990).

La piràmide distingeix dos grans tipus de proves, que les podríem classificar en avaluació tradicional (o proves de paper i llapis) i avaluació d'execucions:

- L'**avaluació tradicional**: engloba allò que podríem anomenar les típiques «proves de paper i llapis», en què es fa més èmfasi en els objectius de coneixements i de saber. En l'avaluació tradicional, hi ha proves que emfatitzen habilitats de baix ordre (record, comprensió), mentre que n'hi ha unes altres que emfatitzen el pensament d'alt ordre (aplicació, síntesi, avaluació).
- L'**avaluació d'execucions** és, tal com es veurà, molt variada i permet abraçar un rang molt més ampli de competències, ja sigui d'habilitats disciplinàries (saber posar una injecció enfront de fer un examen mèdic), ja sigui de competències transversals (comunicació oral, pensament crític, etc.).

La figura 3 vol il·lustrar que les noves estratègies avaluadores s'afegeixen a les tradicionals, enriqueixen les mostres d'aprenentatge i afavoreixen aquest escenari on s'aprofiten els avantatges d'una pluralitat de fonts d'avaluació:

Figura 3. Avaluació tradicional i avaluació d'execucions



Font: Prades (2005).

A continuació, es presenta un quadre on es recullen les principals proves avaluadores presents en l'àmbit de l'educació superior i se n'analitza el potencial amb relació a l'avaluació de competències, com també consideracions sobre la fiabilitat i la validesa.⁴ El quadre no pretén oferir una classificació sistemàtica, sinó que relaciona les proves amb relació al seu ús per als diferents objectius d'avaluació.

⁴ Nota tècnica: la **fiabilitat** es refereix a l'exactitud de la mesura, és a dir, a l'absència d'errors en aquesta. La fiabilitat fa referència a la consistència de les puntuacions obtingudes pels mateixos individus si fossin reexaminats amb la mateixa prova diverses vegades o amb proves amb qüestions equivalents, o bé amb condicions d'avaluació variables (Anastasi, 1976, citat a Miller, Imrie i Cox, 1998, p. 236). La **validesa** fa referència al grau en què la puntuació obtinguda reflecteix allò que es pretén mesurar. La validesa d'un mètode d'avaluació depèn del grau en què la prova mesura allò que pretén mesurar. Ara bé, per poder-la establir, cal que s'hagin definit clarament els objectius que es volen assolir, cal que permeti una **avaluació criterial**.

	Característiques	Útils per mesurar	Fiabilitat i validesa
Tests objectius	<p>Són proves en les quals es requereix seleccionar la resposta correcta d'un conjunt de diverses possibilitats (ítems de cert/fals, ítems d'aparellament, d'elecció múltiple, etc.). Els ítems poden ser gràfics, textos, exemples o, fins i tot, casos.</p> <p>Un cop construïts, són fàcils d'aplicar i corregir, i permeten un retorn o una retroacció ràpida a l'estudiant.</p>	<p>Objectius com ara els de reconèixer i discriminar informació, aplicació de principis o regles i interpretació de dades.</p> <p>Reforcen més el pensament selectiu que no pas els processos mentals adreçats a construir el coneixement.</p>	<p>Fiabilitat: la puntuació de la prova està menys alterada per factors aliens al procés de puntuació.</p> <p>Permeten aplicar un judici valoratiu amb el mateix criteri a diferents execucions, mentre que, en les subjectives, no es pot assegurar la igualtat del criteri. La qualificació d'<i>objectius</i> fa referència a les condicions d'aplicació de la prova i al tractament i la interpretació dels resultats, però no indica que siguin més objectives pel que fa al punt de vista d'una valoració més bona del rendiment dels estudiants.</p> <p>Validesa: permeten avaluar un ampli ventall de continguts, la qual cosa n'augmenta la validesa. La validesa es pot millorar per mitjà de l'anàlisi del funcionament dels ítems.</p>
Preguntes curtes	<p>Conjunt de preguntes obertes on l'alumnat elabora i estructura la seva resposta amb tota llibertat.</p> <p>Els ítems poden ser gràfics, textos, exemples o, fins i tot, casos que requereixen l'elicitació o l'elaboració d'una resposta.</p> <p>Segons l'amplitud de resposta que s'exigeix, es diferencia entre proves d'assaig ampli, o desenvolupament de temes, i proves d'assaig restringit, o de resposta curta.</p> <p>És més ràpid de construir que els tests objectius i és més fàcil i barat d'administrar.</p>	<p>Poden implicar tant habilitats cognitives d'alt ordre (transferència i integració de l'aprenentatge), com la simple repetició d'un contingut prèviament memoritzat.</p> <p>Tenen, però, potencial per mostrar l'aprenentatge profund, ja que es requereix la construcció de la resposta.</p> <p>Són pertinents per avaluar objectius referits a evocació de la informació, interpretació de l'evidència, construcció d'un disseny, generació d'hipòtesis, exposició de la informació per a una decisió o explicitació de les fases d'un procés.</p> <p>Permeten valorar l'ús del vocabulari i el raonament conceptual propi d'una àrea de coneixements.</p>	<p>Les seves propietats psicomètriques són qüestionables (dificultats en la fiabilitat entre diversos avaluadors, cobriment de dominis restringits de coneixement).</p> <p>Les proves de preguntes curtes són més útils per avaluar un repertori adequat dels continguts de l'aprenentatge que les proves d'assaig ampli.</p> <p>Poden desafavorir els estudiants amb menys habilitats de comunicació escrita.</p>

	Característiques	Útils per mesurar	Fiabilitat i validesa
Proves científicomatemàtiques	<p>Són a mig camí entre les proves de format lliure i les de format objectiu, per tal com exigeixen la construcció de la resposta, però permeten una correcció més objectiva. La complexitat de problemes pot variar segons el nombre de passos per resoldre'ls, el grau d'abstracció que impliquen i les operacions cognitives implicades. El grau de la novetat influirà en la dificultat del problema, per tant, és més fàcil recórrer a una analogia si hi ha similituds, tant superficials com estructurals, entre els problemes.</p>	<p>Constitueixen una bona manera de comprovar la comprensió i l'aplicació (en principi), en contrast amb la memorització. Són rellevants per a la dimensió tecnicoprofessional. Els problemes, com els assaigs, permeten veure el desenvolupament de certes competències transversals, com ara el pensament crític i la presa de decisions. Cal diferenciar entre l'aplicació simple i la resolució de problemes: reconeixement o record de la informació enfront de la seva reestructuració o reelaboració, i grau en què els exercicis són rutinaris enfront del grau en què són originals.</p>	<p>Bona fiabilitat (tot i que també cal tenir clars els criteris de correcció) i validesa (poden abraçar un ampli rang de continguts). Pel que fa a la validesa, cal tenir en compte qüestions sobre la transferència de la competència de resolució de problemes. Segons sembla, l'habilitat és transferible però dins del mateix domini (Garnham i Oakhill, 1996).</p>
Proves orals	<p>Tradicionalment, impliquen un o dos examinadors que fan preguntes als estudiants referents a la comprensió i a l'habilitat d'aplicar el que han après, però també s'hi inclouen debats, jocs de rol, etc.</p>	<p>Permeten valorar la capacitat de comunicació i les habilitats interactives, unes habilitats que no es poden avaluar d'una altra manera i que, a més a més, promouen el pensament autònom mitjançant l'estructura pregunta-resposta. L'avaluació és, a més a més, una oportunitat per posar en pràctica l'expressió oral i, per tant, millorar aquestes habilitats.</p>	<p>L'inconvenient principal és que permeten una llibertat considerable a l'examinador per variar les qüestions als estudiants i que són difícils de qualificar, cosa que les converteix en poc fiables. Són les proves més adequades (coherents) per valorar la competència de comunicació oral. Tanmateix, la capacitat oral no acostuma a ser objecte d'avaluació en les proves orals, sinó que tan sols s'avalua el coneixement acadèmic. De fet, alguns estudis han demostrat que la majoria de preguntes només requereixen el record d'alguns fragments d'informació, cosa que es pot avaluar de manera més fàcil i fiable amb tests escrits objectius. Desafavoreixen els estudiants amb por de parlar en públic.</p>

Característiques	Útils per mesurar	Fiabilitat i validesa
<p>Són específics per a ensenyaments; per exemple: articles de diari per a estudiants de periodisme, quadres per a estudiants de belles arts, mapes per als de geografia, programes informàtics per als d'informàtica, etc.</p> <p>A banda de productes, però, l'avaluació d'execucions o del rendiment es pot emprar per avaluar demostracions del treball de l'estudiant: utilitzar un instrument, fer una entrevista, etc. Es poden observar infermers, futurs mestres conduint una classe o els estudiants al laboratori. També es poden emprar programes de simulació. Aquestes execucions solen oferir més informació directa sobre l'aprenentatge que no pas els tests objectius. L'inconvenient principal d'aquesta avaluació és el temps de correcció. És difícil de construir i de mesurar.</p>	<p>Eina ideal per avaluar competències disciplinàries o tècniques pròpies de l'àrea de coneixement. Promouen la transferència dels coneixements acadèmics i afavoreixen habilitats cognitives d'alt ordre. Cal afegir-hi, com a avantatge per al procés d'aprenentatge, la motivació que comporta per als estudiants una situació d'avaluació realista. El grau en què es desenvolupin unes altres competències transversals dependrà del tipus de prova (productes escrits, gràfics, pòsters, estudis de cas, etc.). Per exemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Projectes de recerca: manera d'avaluar la capacitat de gestió de la informació, l'aplicació dels coneixements i les competències disciplinàries en la resolució de problemes. Situats al final del currículum, motiva els alumnes des del principi del seu recorregut acadèmic i fomenta la responsabilitat de l'estudiant i la coherència del programa. ■ Pòsters: donen l'oportunitat per integrar les competències de comunicació (oral, escrita, gràfica) amb continguts acadèmics. ■ Estudis de cas i longitudinals: són una altra modalitat de resolució de problemes, en la qual destaca la riquesa de detalls. 	<p>Són difícils de construir (l'elecció de la mostra condiciona la validesa) i de mesurar (subjectivitat i fiabilitat de la correcció).</p> <p>Hi ha el perill que, en situació de pressió, els estudiants es basin més en el sentit comú que no pas en els seus coneixements. Un altre element que n'afectaria la validesa és el perill de plagi. Segons les proves, per exemple, els estudis de cas o els grans problemes, com que són una mostra petita de contingut (això sí, amb profunditat), es corre el risc de limitar-ne la generalització i ometre, per tant, la transferència del coneixement</p>

	Característiques	Útils per mesurar	Fiabilitat i validesa
Pràctiques estructurades	<p>Són un tipus de proves d'execucions. Consisteixen en exàmens pràctics estructurats objectivament i tenen per objectiu provar un ampli ventall d'habilitats d'una manera objectiva. Els estudiants passen per una sèrie d'estacions i duen a terme una varietat de tasques pràctiques. Aquesta aproximació, inicialment utilitzada com a part integral dels exàmens mèdics, ha estat desenvolupada i adoptada posteriorment per una gran varietat de professions.</p>	<p>Competències disciplinàries específiques o tècniques.</p>	<p>Bona fiabilitat, a costa d'un preu elevat (multiobservadors). Bona validesa per l'autenticitat de les situacions d'avaluació (se n'assegura la transferència).</p>
Avaluació laboratori	<p>És un tipus de proves d'execucions. L'avaluació de laboratori té lloc en un entorn realista i requereix la complementació d'una tasca real. L'avaluació de l'execució pot ser sobre el procés, el producte o tots dos elements.</p>	<p>Competències de laboratori. Formarien part d'aquestes competències l'observació, la manipulació, la interpretació, les competències tècniques (cromatografia, espectrografia, precipitació) i el disseny expert.</p>	<p>Massa sovint, l'avaluació es basa per complet en un informe escrit, més que no pas en l'observació directa de l'execució dels estudiants; això produeix un desajustament entre els objectius establerts i el focus d'avaluació. L'observació presenta dificultats en la qualificació a causa de la subjectivitat de l'avaluador.</p>
Portafoli d'aprenentatge	<p>Els dossiers d'aprenentatge són una col·lecció selectiva, deliberada i validada dels treballs fets per l'estudiant en què es reflecteixen els esforços, els progressos i els aprenentatges en una àrea específica al llarg d'un període de temps. Els estudiants reuneixen, presenten, expliquen i avaluen el seu aprenentatge amb relació als objectius del curs i als seus propis objectius o expectatives. Consumeix temps i és difícil d'avaluar, el contingut variarà àmpliament entre els estudiants.</p>	<p>La seva finalitat és fer un balanç del progrés i del desenvolupament dels aprenentatges de l'estudiant. Afavoreix el desenvolupament de competències d'independència o autonomia, reflexió i autoorientació. Promou l'autoconsciència i la responsabilitat sobre el propi aprenentatge. Il·lustra tendències longitudinals, subratlla les fortaleses de l'aprenentatge i identifica les debilitats a millorar.</p>	<p>És coherent amb l'enfocament de l'aprenentatge centrat en l'estudiant. La validesa dels dossiers en relació amb la competència de reflexió o metacognitiva és clara en aquesta situació, però la seva fiabilitat per a avaluacions sumatives encara s'ha de determinar.</p>

Font: Prades (2005).

Una competència es demostra en l'acció, per la qual cosa, sovint, les mateixes activitats d'aprenentatge són les activitats d'avaluació. D'aquesta manera, no es pot avaluar el treball en equip sense treballar en equip i, per fer-ne l'avaluació, cal utilitzar procediments o estratègies diferents (un portafoli d'aprenentatge, un informe o producte del treball en equip, una avaluació dels companys, etc.). L'autoavaluació és una de les altres competències que només es pot dur a terme si s'involucra els estudiants en activitats en les quals es requereixi.

Els estàndards d'avaluació i la presa de decisions

El pas següent consisteix a establir els criteris valoratius que ens permeten emetre els judicis de valor respecte dels resultats assolits. Si apliquem els criteris d'avaluació sobre els resultats d'aprenentatge, podem expressar aquests resultats en termes d'estàndards d'execució. Aquí no tan sols expressem el que ha de fer l'estudiant, sinó que també establim els nivells d'execució que permeten establir judicis pel que fa al nivell d'assoliment de l'aprenentatge.

Si volem millorar la precisió dels nostres judicis valoratius de manera significativa i, consegüentment, la consistència de les valoracions emeses pel que respecta a una mateixa execució (especialment quan es fan per part de diversos avaluadors), abans cal aclarir els aspectes o les dimensions que es volen avaluar, com també els indicadors o les evidències que identifiquen els nivells de valoració que proposem.

Per aconseguir aquest aclariment, és convenient utilitzar exemples d'allò que pretenem aconseguir. I perquè funcionin bé, haurien d'estar inserits en el marc d'un esquema general d'avaluació.

Finalment, s'ha de procedir a analitzar tota la informació d'avaluació pel que fa a cadascun dels resultats avaluadors en el nivell d'exigència esperat, i determinar si s'han assolit totes i cadascuna de les competències que portava implícita la realització de l'activitat. Aquesta darrera anàlisi ens ha de portar a prendre decisions respecte als estudiants i al procediment de la certificació positiva o a poder expressar el conjunt d'indicacions que han de seguir estudiants i professors, a fi de recuperar les competències no assolides, amb un material que ens permeti diagnosticar amb una gran exactitud on se situen les deficiències, per tal de poder orientar adequadament l'acció educativa.

1.5. CONSIDERACIONS FINALS

- Parlar de *competències* permet realitzar un **acostament entre el món acadèmic** —allò que pretenem fer durant el procés formatiu— **i el món laboral** —allò que els empresaris requereixen dels nostres graduats.
- Treballar amb competències, *definir-les, desenvolupar-les, avaluar-les*, **permet ser més eficient amb el procés formatiu**, per tal com s'assegura coherència entre el resultat final del procés formatiu (el perfil de competències del programa) i el treball individual de cada professor (definició de continguts, metodologia, etc.).

- **Els procediments tradicionals d'avaluació no satisfan** els requisits que exigeixen tant l'avaluació de *continguts nous* com la funció de l'estudiant en l'aprenentatge universitari.
- **El plantejament avaluador ha de ser col·lectiu i compartit.** La facultat, el centre o la institució s'ha d'assegurar que els estudiants siguin avaluats en la seva competència, tant en un estadi final com de manera progressiva. D'aquesta manera, per exemple, cal assegurar que tots els estudiants passin per més d'un examen oral que permeti avaluar la competència comunicativa (ja sigui una presentació d'un treball individual o de grup, ja sigui un examen oral, una ponència, etc.), però no cal que tots els professors introdueixin aquesta modalitat d'examinar en les seves assignatures.
- En el marc universitari, la pràctica d'avaluació no pot continuar tenint com a referent l'assignatura i el professorat (considerat individualment), sinó que **s'ha de considerar el conjunt d'assignatures** i, per tant, l'equip docent, tant des d'una perspectiva transversal (quines competències es treballen i s'avaluen durant el primer trimestre, per exemple), com longitudinal (de quina manera les distintes assignatures contribueixen a desenvolupar una competència a diferents nivells).
- No és necessari avaluar totes les competències que es treballin en el marc d'una sola assignatura. **L'avaluació de les competències s'ha de programar** quan ja hi hagi prou matèria per permetre fer-ne l'avaluació corresponent. Fins llavors, cal avaluar els resultats d'aprenentatge (coneixements i habilitats) separatament.
- **Les competències es desenvolupen progressivament;** per tant, s'han de dissenyar diferents moments, a més del final, en què es constati l'evolució en l'adquisició de la competència.
- La pràctica d'avaluació pel que fa a la seva dimensió institucional necessita una gestió que tingui en consideració els **diferents nivells de responsabilitat** (presa de decisions) que sostenen l'organització universitària.

1.6. DEFINICIONS DEL TERME *COMPETÈNCIES*

«La capacitat d'actuar de manera eficaç en un tipus definit de situació, una capacitat que se sustenta en coneixements, però no s'hi redueix.» (Perrenoud, 1999)

«Un saber fer complex, resultat de la integració, la mobilització i l'adequació de capacitats (coneixements, actituds i habilitats) utilitzats eficaçment en situacions que tinguin un caràcter comú.» (Lasnier, 2000)

«Un complex que implica i comprèn, en cada cas, almenys quatre components: informació, coneixement (pel que fa a apropiació, processament i aplicació de la informació), habilitat i actitud o valor.» (Schmelckes, citada per Barrón 2000)

«La capacitat de mobilitzar i aplicar correctament en un entorn laboral determinats recursos propis (habilitats, coneixements i actituds) i recursos de l'entorn per produir un resultat definit.» (Le Boterf, 2001)

«La competència és l'habilitat apresada per dur a terme una tasca, un deure o un rol adequadament. Un alt nivell de competència és un prerrequisit de bona execució. Té dos elements distintius: està relacionada amb el treball específic en un context particular, i integra diferents tipus de coneixements, habilitats i actituds. Cal distingir les competències dels trets de personalitat, que són característiques més estables de l'individu. S'adquireixen mitjançant el *learning-by-doing* i, a diferència dels coneixements, les habilitats i les actituds, no es poden avaluar independentment.» (Roe, 2002)

«Les competències són els coneixements, les habilitats i les motivacions generals i específiques que conformen els prerrequisits per a l'acció eficaç en una gran varietat de contextos amb els quals s'enfronten els titulats superiors, formulades de tal manera que siguin equivalents pel que fa als significats en tots aquests contextos.» (Allen i altres, 2003)

En el projecte Tuning (2003), les competències representen una combinació dinàmica d'atributs, amb relació a coneixements, habilitats, actituds i responsabilitats, que descriuen els resultats de l'aprenentatge d'un programa pedagògic o el que els alumnes són capaços de demostrar al final d'un procés educatiu.

AQU Catalunya (2004), al *Marc general per a la integració europea*, defineix la competència com «la combinació de sabers tècnics, metodològics i participatius que s'actualitzen en una situació i en un moment particulars».

ANECA (2004) defineix el terme *competència* com «el conjunt de coneixements, habilitats i destreses relacionats amb el programa formatiu que capacita l'alumne per dur a terme les tasques professionals recollides en el perfil de graduat del programa».

«La competència és la capacitat de respondre amb èxit a les exigències personals i socials que ens planteja una activitat o una tasca qualsevol en el context de l'exercici professional. Comporta dimensions tant de tipus cognitiu, com no cognitiu. Una competència és una mena de coneixement complex que sempre s'exerceix en un context d'una manera eficient. Les tres grans dimensions que configuren una competència qualsevol són: *saber* (coneixements), *saber fer* (habilitats) i *ser* (actituds).» (Rué, 2005)

2. ASPECTES GENERALS DE LA TASCA QUE HEM DUT A TERME

Les consideracions generals del capítol 1 deixen ben clar que encetem un període de renovació en els ensenyaments universitaris caracteritzat per una atenció més gran en la tasca docent, que sovint havia estat menys valorada que la tasca investigadora. Aquest canvi s'esdevé en un moment en el qual diverses ciències (humanes, socials i de la comunicació.) aporten nous coneixements que permeten comprendre millor que l'emergència del coneixement humà es produeix gràcies a una activitat complexa en la qual tenen una gran importància les interaccions socials i els valors que les regulen i permeten avaluar-la. En conseqüència, ara disposem de molts més recursos per comprendre els processos d'aprenentatge i per gestionar-los de manera eficaç, per tal que els nostres estudiants esdevinguin professionals amb un criteri per poder innovar. Alhora, podem identificar les causes que interfereixen en aquest procés i que ens caldria arribar a controlar per minimitzar-ne els efectes.

L'elaboració d'aquesta guia ha proporcionat al nostre grup l'ocasió per dur a terme una reflexió sobre la nostra docència que ha donat com a resultat els treball que presentem en els capítols següents.

Segons hem vist en el capítol anterior, l'aprenentatge requereix l'activitat de part de l'estudiant, que ha de ser genuïna i coherent amb als objectius «competencials» que es vulguin assolir. Un dels aspectes més importants d'aquesta activitat és el diàleg-interacció amb el professor i, des del nostre punt de vista, aquest es produeix quan cal resoldre problemes» escollits amb la intenció de facilitar l'emergència dels nous conceptes i de les noves maneres de fer i de comunicar que hi van associats (Baig, *et al.*, 2005). Hem vist que, si bé ensenyem ciències i matemàtiques perquè siguin apreses, encara estem lluny d'aconseguir-ho de manera completa i ens hem adonat més que mai de la complexitat de la tasca docent.

La tasca docent de qualitat mai no s'ha reduït a una exposició d'informació sense esperar un retorn dels estudiants, que es pot produir fins i tot si les classes són magistrals; per això, perquè una classe pot ser bona seguint metodologies diferents (no hi ha cap estratègia docent que porti associada l'èxit), un nombre important de professors no s'adonen de la necessitat d'explorar noves maneres de fer classe. Però la situació actual a les nostres aules, la rapidesa amb la qual canvien actualment els coneixements i les incerteses respecte a la mena de coneixements que cal seleccionar en els programes han fet canviar les relacions entre estudiants i alumnes i ha fet molt difícil mantenir la necessària interacció entre els uns i els altres en les classes tradicionals i actualment augmenta el desinterès dels estudiants per les assignatures i el desànim dels professors, que reconeixen la dificultat de fer classe a estudiants desmotivats.

L'èmfasi actual en les competències, en l'activitat que finalment ha de ser capaç de dur a terme l'estudiant de la manera més autònoma possible, ens retorna a allò que és més propi de la docència i obre el camí cap a noves maneres d'ensenyar per tornar a apropar els estudiants i els professors en els casos en què s'hagi produït un distanciament. Ens obre noves perspectives de treball docent que són interessants i que els professors hem de concretar en grup, perquè els canvis força importants que s'han d'introduir en les pràctiques d'ensenyament tradicionals no arrelaran sense un mínim de sintonia entre tots els membres de la comunitat universitària. Això fa que «fer de professor» sigui una «professió» que s'ha de fonamentar de manera adient, perquè el resultat de les innovacions que es dissenyen i s'introdueixen es pugui justificar i avaluar.

Hem pogut reestructurar algunes de les nostres classes i dissenyar-ne de noves. Cada un dels capítols d'aquesta guia es dedica a les unitats docents elaborades pels membres del grup i que han estat discutides entre tots en sessions de treball quinzenals. Hem partit de l'anàlisi de classes que ja eren «competencials» per identificar-ne les competències i les hem refet seguint les fases previstes en el document marc (capítol 1). Hem tingut en compte les competències que apareixen en els nous graus de ciències, alguns dels quals ja aprovats i d'altres en fase d'aprovació, i les hem incorporat a la nostra proposta, tot procurant integrar-les per no perdre el sentit global de l'activitat humana competent que volem assolir.

A causa de la característica dels estudis als quals ens dediquem i al nostre desig de considerar les competències de la manera més integrada possible, creiem que totes les competències que s'assoleixen en l'ensenyament/aprenentatge de les ciències i les matemàtiques **corresponen a «l'activitat científica»: una activitat d'intervenció experimental en el món que es porta a terme en un marc teòric fonamentat i que genera llenguatges específics en la comunitat científica.** Aquesta competència es diversifica ja que **és capaç d'identificar problemes (qüestions científiques); d'utilitzar evidències o proves científiques; de donar una explicació científica dels fenòmens (que permeti prendre decisions).** I, per assolir-la, els estudiants han d'aportar les seves capacitats humanes: instrumentals (presa de decisions, comunicació, organització...), interpersonals (treball en equip, compromís, automotivació, negociació...) i sistèmiques (creativitat, iniciativa, preocupació per la qualitat...).

Retornant a la definició de competències que ofería en el capítol 1 Delors (1999), podem avançar que la principal novetat que s'ha d'introduir en les classes és el fet que els estudiants actuin: que aportin el seu ser i conviure amb els altres al saber fer disciplinaris que ja preveuen els programes. Com totes les activitats humanes racionals, l'activitat dels estudiants ha de tenir una finalitat amb la qual s'identifiquin i s'ha de desenvolupar d'acord amb determinats valors socials i epistèmics compartits que permetin avaluar-la de manera transparent.

La diferència d'una docència per competència i una altra de memorística es fa evident en la manera d'avaluar, perquè els resultats esperats en tots dos casos no són els mateixos. Les competències es mostren i poden ser avaluades en l'acció contextualitzada, en situacions imprevistes. El valor formatiu de les activitats docents «competencials» es mostra en l'avaluació dels alumnes que les han fet. Docència i avaluació van estretament relacionades; el canvi radical en l'una ho és també en l'altra.

Amb això, fins i tot el saber fer dels programes es posa en crisi i s'ha de pensar de nou quins són els temes imprescindibles i quins caldrà eliminar de les programacions.

En els apartats següents desenvoluparem aquestes idees:

- les característiques d'unitats docents per desenvolupar l'activitat científica
- l'avaluació i els instruments d'avaluació
- els exemples que proposem
- reflexions finals

2.1. LES CARACTERÍSTIQUES D'UNITATS DOCENTS PER DESENVOLUPAR COMPETÈNCIES D'ACTIVITAT CIENTÍFICA

Un estudiant competent és aquell que és capaç de mobilitzar els sabers en contextos en els quals hi ha persones, en situacions imprevistes i de manera responsable. Ha de «saber» tant els coneixements propis de les disciplines que ensenyem (ciències i matemàtiques, en el nostre cas) com els coneixements sobre els contextos i les persones, adquirits prèviament al llarg de l'escolaritat i que són propis d'una persona culta; i ha de saber aplicar tots aquests coneixements. La capacitat de mobilitzar i aplicar els sabers **no és una conseqüència «automàtica» del domini de coneixement** que s'ha adquirit en un format enciclopèdic; per fer-lo viu, aplicable, cal recuperar els problemes reals que resolen amb ell. És per això que considerem que, si l'objectiu és que els estudiants esdevinguin competents, cal promoure l'activitat científica a les aules, que té alguns aspectes que la caracteritzen i que considerem a continuació.

- Les classes es fan en un centre docent i no en una empresa; una gran part de les competències que desenvolupen els estudiants són, encara, competències com a «estudiants» i incideixen directament en l'«aprendre a aprendre ciències», que els ha de permetre continuar desenvolupant competències professionals quan treballin. Per això, un primer aspecte que s'ha de considerar és la selecció dels continguts de l'ensenyament; no es poden limitar als que configuren les professions a les quals accedeixen els llicenciats / graduats en ciències i matemàtiques o que poden sol·licitar les empreses que els contracten, sinó que abasten també els que es requereixen per a la recerca o la docència i també els que ajuden a comprendre les característiques del pensament científic: com emergeix a partir de la recerca, la seva relació amb llenguatges abstractes (teòrics), com es modifica quan és divulgat, com es reconeixen els problemes que han de ser investigats...
- Aquesta capacitat multidimensional de mobilitzar els sabers es correspon amb la capacitat de gaudir amb els coneixements quan es reconeixen finalitats humanes en la interacció transformadora amb el món, que és pròpia de les ciències i que es pot avaluar mitjançant sistemes de valors complexos, entre els quals destaquen valors epistèmics

per reconèixer quines entitats permeten interpretar els fenòmens i relacionar-los. La competència científica no es pot adquirir al marge de coneixements científics i matemàtics específics. *Ens esforçarem per seleccionar els continguts més adients perquè, en les nostres classes, els estudiants actuïn com a científics que intervenen de manera responsable i racional (amb objectius humans i com a futurs professionals) en el món natural, en la mesura que les aules ho permeten, procurant que la dimensió de coneixement (saber), la metodològica (saber fer), la participativa (saber estar, conviure) i la personal (ser) es donin lloc en qualsevol exemple dels que elaborem.*

- Hem vist que «fer classe amb l'objectiu d'assolir competència» desdibuixa la diferència entre ensenyar i avaluar; són dos aspectes diferents d'un procés dinàmic que acaba al final de curs, però que, si s'ha fet bé, pot continuar més enllà, en altres cursos o ja en l'exercici de la professió, perquè s'ha après a aprendre. L'excel·lència acadèmica no es mesura per l'acumulació de coneixements, sinó per l'elaboració personal que en fa l'estudiant, que li ha de permetre accedir amb eficàcia i eficiència a nous escenaris de coneixement. Si els coneixements específics són insuficients, no proporcionaran la competència desitjada; però tampoc no ho faran si no van acompanyats d'una capacitat de reflexionar sobre la mateixa elaboració, és a dir, sobre el mateix procés d'aprenentatge (metacognició).
- Per això, les activitats docents dissenyades per «esdevenir competent» han de ser transparents per a l'alumne: han de mostrar-los clarament les operacions mentals que s'han d'activar per resoldre amb èxit tant les activitats teòriques com les pràctiques; ambdues requereixen capacitats cognitives superiors (pensar, comunicar, experimentar). Segons Perkins, 1986, aquest disseny inclou el plantejament de bons problemes (inèdits i significatius en el camp professional) i l'acompanyament de l'alumne que els ha de resoldre amb bones preguntes que facilitin l'accés al coneixement estructurat (teòric i pràctic), amb exemples de referència adequats, demanant argumentacions amb les quals les preguntes es responguin de manera justificada i havent estat debatudes amb altres persones.

2.2. ELS NOSTRES EXEMPLES

En aquest apartat expliquem a grans trets el procés que hem seguit per dissenyar les nostres unitats. Com acabem de veure, ensenyar amb l'objectiu de desenvolupar competència requereix un disseny específic de les unitats docents (contingut i mètode) i una nova manera d'avaluar. En els apartats següents expliquem cada unitat amb detall.

Vam partir d'unitats docents pensades per assolir «objectius cognitius» i ens calia veure quina relació podíem establir entre aquests objectius i les competències de pensament científic que volíem promoure. Vam començar seleccionant la que ens semblava més apropiada per a l'avaluació de competències i la vam presentar al grup, per tal d'analitzar-la conjuntament i identificar la competència i els components que en podíem avaluar.

A continuació expliquem amb més detall:

- a. El procés seguit per transformar la programació per objectius en programació per competències.
- b. Les dificultats que hi hem trobat.
- c. Les activitats i els instruments d'avaluació.

a. Dels objectius d'aprenentatge als components de les competències en el disseny de les unitats docents

Una unitat docent és el conjunt d'accions previstes que es donen per escrit i que tenen la finalitat de promoure aprenentatges. Algunes de les nostres classes, sessions de pràctiques o de problemes, malgrat que han estat dissenyades segons uns objectius cognitius corresponents a l'assoliment dels conceptes científics (*saber i fer* disciplinaris), disposàvem també d'una participació important dels alumnes i per tant es podien avaluar des de la perspectiva de les competències. Podiem, per tant, transformar-les en unitats docents «competencials».

Per transformar els objectius cognitius en «competències» calia mostrar amb més claredat les activitats que es demanaven als alumnes i que corresponien a «ser» i a «conviure» que havien d'aportar ells en una classe en la qual es treballen saber i saber fer científics. La novetat ha estat, per tant, afegir i donar més èmfasi a les activitats d'aprenentatge proposades als alumnes, perquè volem fer-los participar activament en les classes i fer-los capaços de regular els seus aprenentatges. Així, hem pogut establir el «patró» que havien de tenir en comú les activitats que presentem i que les fan aptes per formar part d'aquesta guia; i hem dissenyat noves unitats docents segons aquest patró.

Segons aquest esquema o patró, una **unitat docent que permeti desenvolupar competències ha de proposar «coses a fer» que facin pensar i donin l'ocasió de treballar en grup, relacionar temes i col·laborar amb persones diferents. Les activitats que s'hi proposen han de ser problemàtiques i interactives i s'han de generar en els contextos adequats.**

Aquest canvi ens obliga a incorporar nous elements a les classes tradicionals perquè caldrà ensenyar a fer algunes de les activitats que es reclamen dels estudiants i que s'avaluaran a final de curs. Per exemple, si donem importància a llegir i a escriure (un component de la competència científica) hem d'ensenyar a llegir i a escriure textos científics; si no es fa així, no serà correcte avaluar aquesta dimensió. De la mateixa manera, no podem avaluar components de les competències que no ens veiem capaços d'ensenyar.

Hem modificat la unitat docent per augmentar l'activitat autònoma dels alumnes, la qual cosa ens va suggerir nous instrument/activitats d'avaluació i establir els indicadors/descriptors d'assoliment de les competències, i ponderar-los, per poder avaluar. L'avaluació ens ha forçat a determinar amb més precisió els resultats d'aprenentatge que esperem aconseguir i a assignar indicadors de qualitat en la nostra docència, perquè podem valorar en quin grau els resultats obtinguts corresponen als esperats.

b. Identificació de les competències que podem avaluar i dels seus components

Hem de reconèixer que inicialment ens van desconcertar les diferent llistes de competències que circulen. Tot i l'interès per promoure un aprenentatge competencial (la idea ens semblava clara) ens costava concretar-la en les nostres unitats docents i fer-ho de manera que no es trenqués la unitat de la competència científica, d'una banda, ni la confluència de les quatre dimensions de l'activitat humana segons Delors, de l'altra.

En les unitats didàctiques en què presentem les competències de pensament científic, aquestes es manifesten en l'activitat que fan els estudiants i en el diàleg que mantenen amb els professors. Hem identificat els objectius d'aprenentatge i les activitats que volem que realitzin els estudiants. Considerem que si establim relacions entre els uns i els altres podem identificar competències que seran avaluables, perquè es manifesten en els resultats assolits pels estudiants en acabar la unitat docent.

Hem utilitzat taules de doble entrada per representar aquesta confluència que dona lloc a accions avaluables. La primera fila indica els objectius que cal assolir segons l'antiga redacció (objectius d'aprenentatge) o l'actual (competències, que es poden considerar capacitats, components de les competències o subcompetències). Són, per exemple, actituds (esperit crític), capacitats (argumentar, plantejar hipòtesis, relacionar fets, interpretar, relacionar fets i teoria) i coneixements. La primera columna indica les activitats d'aprenentatge que es treballen en aquesta unitat docent a fi d'aconseguir els objectius que planteja. Als encreuaments de la taules s'indiquen les eines d'avaluació que han de servir per establir si els objectius realment s'han assolit (vegeu les pàgines 52, 64, 76, 88, 102, 110, 122, 132, 144 i 157). Cal recordar que estem treballant en un context universitari i que tots nosaltres estem compromesos en què els estudiants aprenguin ciències. Per tant, el «saber» i el «fer» corresponen a un disciplina i són fonamentals

Tenint en compte tot el que hem anat dient, la competència científica global es pot definir com ho fan Cañas, Martín i Nieda (2008) en funció dels seus elements, que són:

- El context, que són les situacions de treball rellevants des del punt de vista de la disciplina proposades (corresponen a cada una de les activitats docents que presentem i les caracteritzen).
- Les capacitats, que corresponen a pensar (identificació de preguntes científiques), a comunicar (explicació científica dels fenòmens) i a fer (utilització de proves científiques).

Es diversifiquen en funció de l'activitat docent concreta que avaluem. (Són, en gran part, transversals i contribueixen a caracteritzar l'activitat científica, sinònim de capacitat de resoldre problemes i d'explicar-los.)

- Les actituds, que «tiben» i impulsen la creació de coneixement. (Són, en gran part, transversals i contribueixen a caracteritzar l'activitat científica, sinònim de capacitat de resoldre problemes i d'explicar-los.)
- Els continguts o sabers específics del món natural o de la mateixa ciència sobre els quals s'apliquen les capacitats. (Corresponen a cada una de les activitats docents que presentem i les caracteritzen.)

Així, la competència que entre tots hem avaluat es pot enunciar com la «capacitat d'utilitzar el coneixement científic per *identificar preguntes i obtenir conclusions o explicacions a partir d'evidències amb la finalitat de comprendre* i ajudar a *prendre decisions* sobre el món natural i els canvis que la *intervenció humana* hi produeix», i és sinònim d'activitat científica i de resolució de «problemes que es poden explicar». Hi ha moltes maneres de mostrar-la, perquè l'activitat científica és molt complexa i hi ha moltes situacions diferents en les quals es concreta. Per això, per identificar una competència (que només es veu i s'avalua en l'activitat) ens referirem al context, als conceptes clau, a les capacitats que calen per dur a terme l'acció i a les actituds. En l'annex 1 veurem un extracte de la web de Bolonya de la UAB en la qual aquestes capacitats apareixen com a competències però d'una manera clara i senzilla.

c. Instruments d'avaluació i activitats d'avaluació

Les 10 taules de què disposem ens han permès identificar algunes dimensions competencials transversals i altres d'específiques, totes avaluable amb instruments específics.

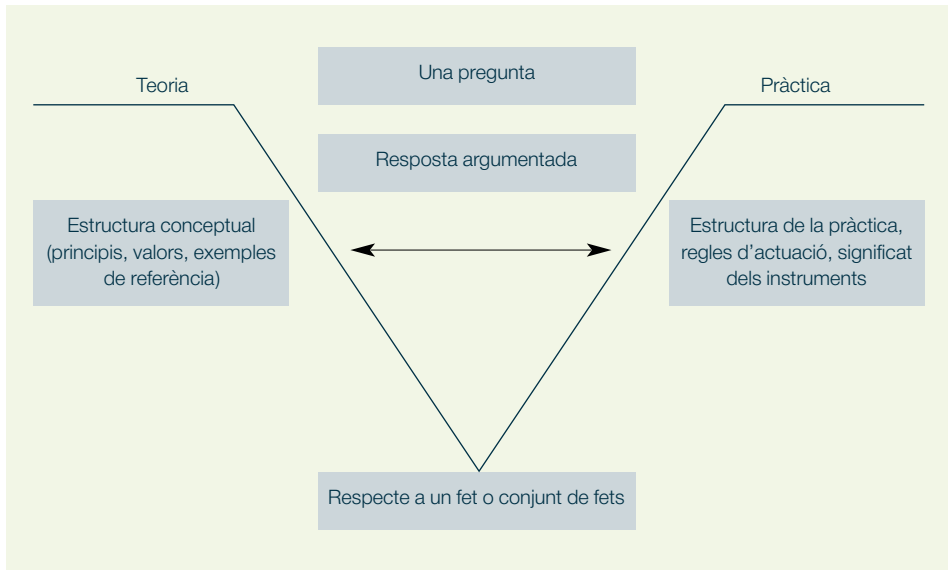
Tot això ens ha fet veure la importància dels canvis que s'introdueixen respecte a l'avaluació quan es treballa des de la perspectiva de la competència. Sense cap mena de dubte, aquest és el canvi més important que cal introduir en la docència universitària que n'arrossega necessàriament molts altres: requereix noves accions docents que siguin al mateix temps activitats d'avaluació i nous instruments didàctics que contribueixin a fer «transparent» el procés d'ensenyar, per tal que l'estudiant pugui regular els aprenentatges que en derivin. Amb això, com ja s'ha dit, l'avaluació passa a ser un aspecte més de la tasca diària a classe i compromet alhora el professorat i l'alumnat. Es converteix en una acció continuada que vol la qualitat i que mai no l'assoleix del tot, perquè implica la reflexió crítica sobre la docència que la retroalimenta i la fa canviar constantment, per adaptar-se a uns alumnes que són diferents cada any i a demandes socials que també canvien.

Tot això ens porta molt lluny, més del que podríem suposar inicialment. Per començar, se'ns fa necessari identificar els valors que ens permeten avaluar i que identifiquem a partir d'aquests models (de ciència, de professorat), que fan que en la nostra tasca docent i científica (la nostra recerca) conflueixin i que, en conjunt, considerem que són propis de

l'activitat científica que volem promoure. Per exemple, valorem que els estudiants puguin llegir i escriure de manera autònoma, planificar la feina que s'ha de fer, autoavaluar-se, reflexionar sobre els propis coneixements i sobre les fites que es volen assolir: que es puguin establir relacions significatives del conjunt dels fets, de les teories i dels llenguatges que els alumnes han de conèixer.

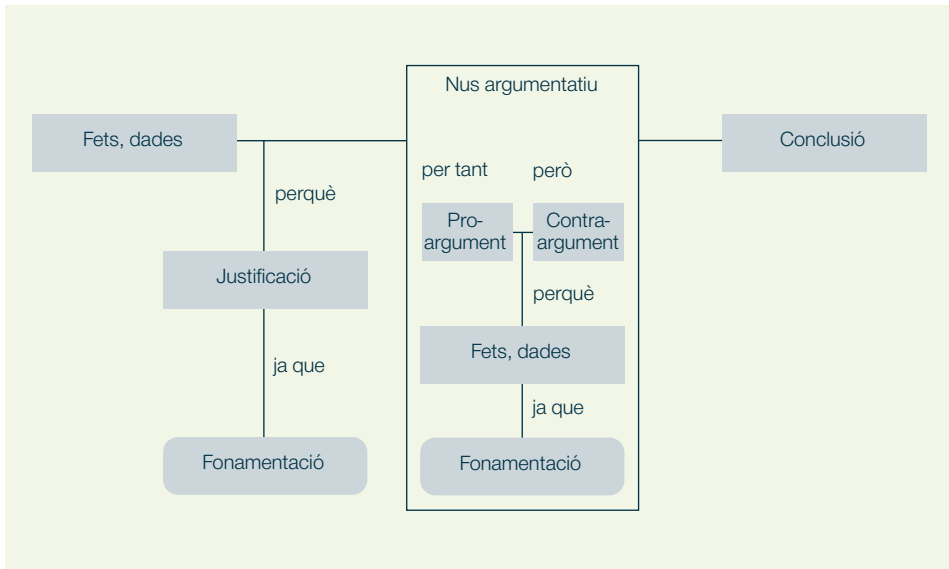
En diversificar i enriquir els aspectes de les activitats docents que valorem hem diversificat també els instruments d'avaluació que hem emprat, que no són neutres ni passius, perquè no solament permeten avaluar, sinó que ells mateixos són instruments de transformació dels coneixements i de les capacitats dels estudiants.

Figura 4. La v de Gowin



Per exemple, la v de Gowin (vegeu la figura 4) proposa una determinada manera de distribuir les informacions: en preguntes amb significat en un context determinat (a); en coneixement estructurat, pràctic i teòric, que prové de la disciplina (b); en exemples de referència (c); en argumentació, que permet respondre la pregunta utilitzant el coneixement estructurat i els exemples de referència (d). D'aquesta manera la v esdevé una representació del que considerem que ha de ser l'activitat científica genuïna per als nostres estudiants.

Figura 5. Base d'orientació, segons Sardà, et al.



Les bases d'orientació guien la feina dels estudiants i els indiquen quins són els aspectes que es valoren del seu treball. Com a exemple, adjuntem una base d'orientació relativa a l'argumentació (figura 5).

En les taules dels apartats corresponents a les diferents assignatures que hem avaluat presentem els instruments d'avaluació utilitzats, els indicadors als quals es refereixen i la seva valoració i ponderació respecte de la nota final. En alguns dels exemples, aquesta nota final és un comentari global, que pot ser una recomanació i que pot formar part de l'avaluació continuada.

2.3. RESULTATS QUE HEM OBTINGUT

Segons les aportacions de les ciències cognitives (Guidoni, 1985), un saber dinàmic, significatiu, requereix que cooperin les diferents dimensions del sistema cognitiu humà, les que ens fan capaços de pensar, d'actuar i de comunicar per respondre una pregunta (o resoldre un problema) que «ens tiba» i ens proporciona la finalitat per a l'activitat cognitiva. Això, aplicat a les nostres classes, vol dir que les teories científiques i les seves pràctiques experimentals i els llenguatges especialitzats s'aprenen alhora; i que cal una pregunta, un problema, per implicar l'estudiant en aquesta activitat cognitiva completa, que és genuïna quan la fa a consciència i no perquè algú li digui que l'ha de fer. I és així que l'estudiant esdevé competent, perquè ha après alhora les preguntes rellevants, les maneres de respondre-les i té capacitat de metacognició, és a dir, pot i sap reflexionar sobre el seu propi aprenentatge.

Hem analitzat unitats docents que corresponen als àmbits següents: Química (inorgànica, física, analítica i general), Física per a la geologia, Biologia, Matemàtiques i Informàtica. Ho hem fet des de la perspectiva de la competència científica i hem pogut identificar l'aspecte competencial que resultava més propi de l'activitat i de les subcompetències que el caracteritzaven.

Són les següents:

- Resoldre problemes d'ecologia mitjançant pràctiques de camp (indagació segons la metodologia científica).
- Resolució de problemes experimentals en un laboratori integrat de biotecnologia (resolució d'un problema pràctic complex en què es combinen el treball individual i el treball de grup).
- Avaluació de competències en un laboratori de química (comprensió i gestió dels fenòmens químics mitjançant la interacció d'alumnes i professors).
- Avaluació per competències en l'assignatura de Química bàsica. Canvi de paradigma en la interpretació d'un fenomen (construcció d'un «fet científic» segons les lleis del canvi químic i explicació d'això mitjançant una maqueta).
- Activitat d'aprenentatge basat en problemes en la titulació de Biologia de la UPF (contribució del portafoli en la metacognició dels estudiants).
- Avaluació de la competència en l'ús de llenguatge de matemàtiques.
- Avaluació de competències en Informàtica: l'estudi i la resolució d'un cas sobre fonaments de computadors (en Informàtica per a no informàtics).
- Avaluació de la competència d'aprenentatge autònom en Química analítica mitjançant el treball cooperatiu.
- Avaluació de competències en una classe de Termodinàmica.
- Activitats de demostració, observació i explicació (DOE) a l'aula, per a l'assignatura Física per a la geologia (grau de Geologia).

A partir de l'anàlisi hem vist la complexitat de l'ensenyament de les ciències i els diversos aspectes que cal tenir en compte quan es vol que els estudiants esdevinguin «competents» en la disciplina. Ensenyar a pensar segons les «regles del joc de la disciplina», de manera creativa per participar en problemes globals d'interès per aquest camp específic del saber, és difícil, però és gratificant aconseguir-ho.

Hem vist que la competència científica que tots promovem en les nostres propostes docents es pot formular de moltes maneres, amb èmfasis diferents que corresponen a les activitats d'avaluació i als instruments concrets de què disposem i que no hem unificat perquè, si ho fèiem, perdiem els matisos propis de cada un dels exemples que presentem. Això ens fa veure que no és bo fer una formulació massa rígida de les competències i que és millor tenir clar què vol dir «ser competent» i procurar promoure accions/activitats en les quals es donin

les quatre dimensions que proposa J. Delors (saber, saber fer, ser, conviure) i donar pistes als estudiants perquè puguin regular ells mateixos els seus aprenentatges.

De la mateixa manera, els instruments d'avaluació són diversos malgrat que, certament, alguns dels que han sorgit en algunes de les activitats docents poden utilitzar-se en d'altres.

Veiem que una de les principals diferències que sorgeixen quan es compara una classe «enciclopèdica» (en la qual l'examen és un punt final que classifica els alumnes) amb una classe en què es treballa «per competències» (en la qual els instruments d'avaluació són més transparents i permeten reflexionar sobre el procés d'aprenentatge i gestionar-lo millor) és que alguns d'aquests nous instruments d'avaluació poden ser considerats instruments d'aprenentatge.

L'avaluació per competències requereix ensenyar i aprendre activament, perquè les competències es demostren en l'acció. Ara bé, si s'ha treballat durant el curs d'aquesta manera és possible també proposar problemes i preguntes «de paper i llapis» (en un examen final tradicional, per exemple) amb les quals avaluar competències. Aquestes preguntes no demanen que l'estudiant repeteixi coneixements memorístics, sinó que li proposen situacions problemàtiques que ha de resoldre de manera teòrica i amb sentit pràctic.

L'enfocament de l'ensenyament per competències ens ha fet revisar la nostra feina com a professors: no ens podem considerar mediadors entre uns sabers científics rígids i uns estudiants que els han d'aprendre, sinó que hem de fer emergir coneixement que els alumnes puguin aplicar, desenvolupant per això les diverses capacitats humanes que els permetin actuar i la seva capacitat d'autoregulació dels aprenentatges. Podem intuir ja des d'ara, a partir d'aquesta reflexió i de la identificació de les competències/subcompetències que es poden desenvolupar a classe, que la manera d'ensenyar no serà la mateixa en el futur, perquè l'avaluació tampoc no ho és. Per tant, esperem identificar millor les estratègies docents que hagin emprat els professors en les activitats analitzades i que poden ser molt útils al conjunt de professors, si es divulguen i es presenten relacionades amb una avaluació que posa en evidència l'adquisició de competències. També caldrà treballar més per poder documentar els resultats dels alumnes i comprovar que, efectivament, l'instrument funciona perquè ha funcionat també l'adquisició de la competència.

Creiem que els professors generem coneixements inèdits en l'acte d'ensenyar: les grans fites de creació de nou coneixement han estat vinculades molt sovint a la tasca docent innovadora de científics que feien recerca i veien la necessitat de presentar-la de manera raonada i raonable als seus alumnes. Per això hem anat veient que no es pot avaluar la competència sense modificar alhora els programes, que han de permetre dedicar més temps a la feina creativa vinculada a activitats problemàtiques reals entre les quals n'hi haurà algunes que seran interdisciplinàries. La finalitat actual (desenvolupar competència en els estudiants) ens ofereix noves possibilitats d'intervenció docent i ens convida a dissenyar unitats docents a partir de problemes reals, més rics i vinculats a valors humans, com són, en general, les situacions que haurà de resoldre l'estudiant quan esdevingui un professional que ha de prendre decisions i intervenir, en conseqüència, en determinats esdeveniments i/o fenòmens.

Hem intentat aplicar el mandat d'avaluar per competències a les nostres classes, però reconeixem que estan immerses (com les de tots els professors) en un conjunt de condicions que les determinen en gran part: les hores de classe, les aules, els horaris, els programes, els llibres, els recursos, les acreditacions que ara es demanen per poder ser professor —que no sembla que considerin la importància de la docència per esdevenir professor universitari—, etc. Tot això ha d'anar canviant, però aquesta transformació no es podrà fer d'un dia per l'altre, sobretot perquè els mateixos alumnes no valoren prou el canvi que els obliga a ser actius a classe.

Creiem que explicar bé la feina que hem fet al llarg d'aquest any de preparació de la guia és més útil als professors que la guia mateixa. La feina conjunta amb professors que treballen amb objectius ens ha fet més conscients de les dificultats específiques de la nostra professió de docents i creiem que aquest és un element imprescindible que cal tenir en compte per a l'avaluació de la qualitat de l'ensenyament. Cal partir, doncs, de la confiança en els professors i en la tasca que fan aquells que reflexionen sobre la seva docència i es comprometen a millorar-la constantment.

En analitzar les nostres classes des de la perspectiva de les competències (i recordant les quatre dimensions, segons Delors, 1997) ens hem adonat que la docència universitària atén dues d'aquestes dimensions —el saber i el saber fer— que configuren el contingut de la disciplina i, en el millor dels casos, que disposen també de les finalitats i el context d'aplicació dels coneixements. En canvi, el ser i el saber estar i el conèixer dels estudiants (i la seva capacitat de metacognició) no es té en compte perquè, en general, no han estat considerats els protagonistes de la ciència que es desenvolupa o emergeix a la classe. Ara veiem clar que, fent-ho així, s'empobreix la ciència que s'ensenyava i, a més a més, els alumnes esdevenen passius i tenen dificultats a l'hora d'aplicar els coneixements. El nou estil de docència, que s'organitza en crèdits ECTS, permet atendre aquestes altres dues dimensions, de manera que es poden arribar a identificar actuacions «competents» en les quals conflueixen les quatre dimensions.

3. RESOLDRE PROBLEMES D'ECOLOGIA MITJANÇANT PRÀCTIQUES DE CAMP

Anselm Rodrigo

3.1. INTRODUCCIÓ

Des que va començar la carrera de Biologia a la Universitat Autònoma de Barcelona a través de la Unitat d'Ecologia del Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia s'ha donat una gran importància a les pràctiques de camp en la formació del biòleg en el camp de l'ecologia. Això s'ha reflectit en què les pràctiques de camp de l'assignatura d'Ecologia sempre han tingut un pes molt important en la docència, i això es va traslladar a les pràctiques d'Ecologia de la llicenciatura de Ciències ambientals quan va aparèixer aquesta llicenciatura.

Aquestes pràctiques estan concebudes, tant en la seva realització com en la seva avaluació, com una eina d'aprenentatge tant per competències pròpies de l'Ecologia com per competències de caràcter científic general més enllà de la mateixa disciplina.

3.2. CONTEXT DOCENT

Titulacions: llicenciatura de Biologia (BIO) i de Ciències ambientals (CCAA)

Assignatura: pràctiques de l'assignatura d'Ecologia

Curs: assignatura troncal de segon curs en ambdues llicenciatures; en el cas de BIO és anual i en el cas de CCAA és semestral i s'imparteix el segon semestre.

Crèdits: en BIO, l'assignatura globalment té 10,5 crèdits, 6 de teoria i 4,5 en aquestes pràctiques. En CCAA, l'assignatura consta de 12 crèdits, 6 de teoria, 1,5 de problemes i també 4,5 en aquestes pràctiques:

Estudiants: en total 280 a BIO i 120 a CCAA, aproximadament, tot i que per a les pràctiques es fan grups de 22-25 estudiants que van amb un professor, cosa que representa al voltant de 16 grups de pràctiques.

Professors: intervenen cinc o sis professors, aproximadament, alguns dels quals fan també part de la teoria.

Tipus d'activitat: resolució pràctica d'un problema o pregunta sobre ecologia.

3.3. OBJECTIUS QUE S'HAN D'ASSOLIR

Tots els objectius d'aprenentatge que es pretenen assolir amb aquestes pràctiques es poden agrupar en una sola competència, que és:

«Ser capaç de resoldre un problema o pregunta d'ecologia a partir de l'obtenció de dades de camp.»

Aquesta competència per tant es resol en un context concret: el de l'ecologia des del punt de vista conceptual i el del mostreig de dades de camp o d'observació des del punt de vista metodològic.

A continuació concretem aquesta competència de dues maneres.

Primer concretem aquesta competència separant-la en objectius d'aprenentatge més concrets (o subcompetències), i per tant més fàcilment avaluable, que es poden agrupar en coneixements, capacitats i actituds:

a. Coneixements

- Interpretar els problemes o les qüestions ecològiques tenint en compte l'escala temporal i espacial dels processos implicats.
- Utilitzar alguns continguts ecològics més o menys concrets en la resolució dels problemes.

b. Capacitats

- Ser capaç d'utilitzar algunes tècniques de mostreig de camp pròpies de l'ecologia: transectes de punts, al·lometries, etc.
- Aprendre a utilitzar el mètode científic per resoldre problemes o qüestions científiques que es concreta en:
 - Plantejar hipòtesis raonables i raonades a partir dels coneixements o d'informacions complementàries.
 - Dissenyar una metodologia de camp adequada per testar les hipòtesis.
 - Portar a terme un treball de camp segons la metodologia proposada i recollir les dades en bases de dades ben construïdes.
 - Analitzar les dades mitjançant diferents mètodes estadístics o matemàtics bàsics.
 - Discutir els resultats segons les hipòtesis plantejades.
 - Treure conclusions que permetin acceptar les hipòtesis inicials.

- Ser capaç de reflectir tot el procés científic en un text escrit (en format article) i sintètic que implica:
 - Fer un resum breu i informatiu.
 - Escriure una introducció correctament.
 - Fer una descripció de l'àrea d'estudi i de la metodologia precisa i sintètica.
 - Presentar les dades correctament i de forma entenedora en taules i figures.
 - Expressar correctament els resultats de forma precisa (incloent els estadístics).
 - Discutir els resultats d'acord amb les hipòtesis inicials i sintetitzar-les en unes conclusions breus.

c. Actituds «Actuar com un científic»

- Fer el plantejament dels mostreigs o experiments rigorosament.
- Prendre les dades de forma ordenada i rigorosa.
- Tenir una actitud de curiositat i d'observació durant les diferents parts del procés.
- Expressar les opinions o judicis basant-se en dades o observacions contrastables.

D'altra banda resulta interessant recollir aquí que aquesta gran competència inclou a la vegada de manera parcial o total algunes competències generals proposades per la Universitat Autònoma de Barcelona per a les noves titulacions de grau i en especial amb algunes d'específiques que inclou la proposta del nou grau de Biologia ambiental de la UAB. A continuació relacionem aquestes competències que es poden avaluar totalment o parcial amb la proposta recollida en aquest capítol:

a. Competències comunes per a tots els graduats de la UAB

- Desenvolupar el pensament i el raonament crítics i saber-los comunicar de manera efectiva, tant en llengües pròpies com en una tercera llengua (en aquest cas no inclouria una tercera llengua)
- Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom

b. Competències del Grau de Biologia ambiental

Competències específiques

- Mostrejar, caracteritzar i manipular poblacions i comunitats.
- Dissenyar models de processos biològics.
- Descriure, analitzar, avaluar i planificar el medi natural.

c. Competències transversals

Instrumentals

- Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i síntesi.
- Obtenir informació, dissenyar experiments i interpretar els resultats.
- Comunicar-se eficaçment oralment i per escrit (en aquest cas només valorem el cas escrit).
- Aplicar recursos d'informàtica relatius a l'àmbit d'estudi.
- Resoldre problemes.

Personals

- Treballar individualment i en equip (de fet, en aquest cas es treballa en equip però no s'avalua).
- Raonar críticament.
- Desenvolupar el treball autònom.
- Aplicar els coneixements teòrics a la pràctica.
- Motivar-se per a la qualitat.

3.4. ACTIVITATS D'APRENTATGE

Les pràctiques impliquen un treball presencial durant cinc dies, que ocupen tot el dia, que en general coincideixen amb una setmana, i posteriorment els estudiants fan un treball autònom en grup i una sessió de tutoria presencial. Se'n poden descriure sis fases:

Plantejament del problema (el primer dia de pràctiques en una sessió presencial de dues hores)

- Breu introducció al mètode científic.
- Presentació del problema per resoldre, a partir d'algun document o escrit, que es basa en una pregunta general.
- Organització dels 25 estudiants en equips de 3-5 estudiants.
- Discussió equip per equip de quines hipòtesis es plantegen per resoldre la pregunta. A continuació es discuteixen amb tot el grup i el professor i en tria tres o quatre.
- De nou per equips petits es proposa la metodologia de camp per obtenir les dades que permetin corroborar o no les hipòtesis triades en l'apartat anterior. Posada en comú amb tot el grup i establiment del protocol de treball de camp.

Obtenció de les dades de camp o laboratori (la resta del primer dia, el segon dia i el tercer dia, activitats presencials amb el professor)

- Realització dels mostreigs de camp o manipulació de materials al laboratori segons la metodologia dissenyada.

Anàlisi i discussió dels resultats (el quart i cinquè dies a la sala d'ordinadors, sessions presencials de matí i tarda)

- Creació de les bases de dades.
- Anàlisi estadística i representació gràfica dels resultats.
- Discussió per equips i després en el grup general de com interpretar els resultats.
- El darrer dia, el professor explica l'estructura que ha de tenir un article científic, especificant què ha d'anar a cada apartat.

Redacció de la primera versió de la memòria (treball en petit equip de forma autònoma)

- Redacció d'una memòria en format article científic amb la presentació dels resultats i les conclusions obtinguts.
- Correcció del professor de l'article. (Extensió limitada.) Primera nota del treball.

Tutoria en equip petit (activitat presencial)

- Amb cada equip es fa una tutoria d'aproximadament una hora en què el professor comenta les correccions del treball i els suggeriments de millora. Els estudiants, de forma voluntària, poden presentar una nova versió incorporant-hi les correccions.
- Durant aquesta tutoria es fa un petit examen individual de quatre preguntes curtes amb continguts relacionats amb l'article i les pràctiques en general.

Redacció de la segona versió de l'article

- Dues setmanes després de la tutoria, els estudiants poden presentar la versió definitiva de l'article que el professor haurà de revisar i avaluar.

3.5. ACTIVITATS D'AVALUACIÓ

L'avaluació per tant es fa a través dels elements següents:

La valoració de l'article científic

Aquest treball es presenta en petit equip, el mateix que ha fet les pràctiques en el termini de quatre setmanes. Es demana en format d'article científic (l'estructura del qual s'explica el darrer dia de pràctiques), si bé no es demana encara que hi inclogui referències bibliogràfiques. El treball és limitat a 10 pàgines de text (el resum a un màxim de 250 paraules), extensió que no inclou ni taules ni figures.

Permet avaluar aspectes relacionats especialment amb la comprensió de continguts (objectius 1 i 2), amb la utilització de diferents mètodes propis de l'ecologia (objectiu 3), amb el desenvolupament del mètode científic (objectiu 4) i amb la manera d'explicar aquest procés en una memòria escrita (objectiu 5). La gran virtut, doncs, de la correcció d'aquest treball és que permet valorar conjuntament diversos aspectes de la competència general, però té la mancança de no poder delimitar clarament si hi ha un problema en l'adquisició dels continguts o de la metodologia, o bé si no hi ha una bona capacitat d'expressar el resultat d'aquest aprenentatge per escrit.

El professor valora la memòria de l'1 al 10 d'acord amb una sèrie d'objectius d'aprenentatge concrets (vegeu l'annex 2.1.) i anota les correccions que proposa a l'equip en el mateix document del treball.

Amb aquest document el professor cita al equip a una tutoria que es fa en aproximadament una hora presencial amb cada un dels equips per separat. El professor analitza críticament la memòria presentada i mostra als estudiants els encerts i errades que ha detectat en el treball a la vegada que suggereix millores i correccions. Té doncs un objectiu formatiu i no tan certificador de l'aprenentatge, serveix perquè els estudiants s'adonin dels problemes i entenguin com millorar-lo. Pot permetre també al professor i als mateixos estudiants distingir fins a quin punt els problemes identificats al treball tenen a veure amb la mateixa comprensió dels continguts i/o processos implicat en la resolució del problema o com això s'expressa en el format concret o bé la barreja d'ambdues coses.

La segona versió del treball, en què els estudiants incorporen les correccions del professor i que lliuren en dues setmanes, el professor l'avalua de manera similar a la primera, si bé en aquest cas ja no hi ha retorn en l'estudiant. La valoració que es dona en forma de nota modifica la nota de la primera versió però no la substitueix, ja que és important que l'estudiant entengui que l'esforç gran s'ha de fer en la primera versió i aquesta segona es per corregir errades no per fer el treball de nou. En l'annex 2.1. es presenta com millorar l'assoliment de diversos objectius d'aprenentatge en aquesta segona versió respecte a la primera.

Una prova escrita

Es tracta d'una prova amb quatre preguntes de resposta breu però que cal redactar. Es fa en començar la tutoria. Es respon de manera individual. Les preguntes seran diferents per cada equip, tot i que poden tenir alguna pregunta en comú. En general estan orientades segons la correcció del treball o les observacions fetes pel professor durant les pràctiques. No s'espera una resposta concreta, sinó més aviat es potencia la capacitat de relacionar diferents aprenentatges i fer raonar l'estudiant.

La idea d'aquestes preguntes és aprofundir aquells aspectes que els estudiants semblen haver assolit bé per tal de poder individualitzar millor l'avaluació. No es tracta de preguntar allò que han fet malament en la memòria, ja que òbviament ho respondran malament, sinó veure fins a quin punt tots els membre de l'equip han assolit el que en la memòria està més o menys ben resolt. També és adient incloure alguna pregunta sobre les metodologies de mostreig de camp o d'anàlisi de dades utilitzades. En l'annex 2.2. s'inclou una petita mostra de com poden ser aquestes preguntes.

L'observació que fa el professor del treball desenvolupat pels estudiants

Aquesta eina d'avaluació es basa en l'observació de com treballen els estudiants durant tot el procés. La idea és obtenir una valoració, individualitzada per a cada estudiant, especialment dels aspectes més relacionats amb les qüestions més actitudinals (objectius 7, 8, 9 i 10). Evidentment, el format d'aquestes pràctiques resulta especialment útil per a aquesta observació ja que seguim de forma intensiva i durant una setmana el treball que fan. Resulta una avaluació difícil de fer i amb un gran perill que esdevingui subjectiva i molt parcial, ja que fàcilment ens fixem només en estudiants que destaquen per alguna cosa, ja sigui positiva o negativa.

Hi ha alguns elements que poden ajudar a fer aquesta observació. Per una banda es poden utilitzar alguns documents o feines que es van generant durant les pràctiques, com per exemple els fulls de dades de camp, en què es pot valorar com estan d'ordenades i intel·ligibles les dades preses al camp, o els fitxers d'ordinador. Però un element que pot ser força útil és una guia d'observació. Aquesta guia implica la fixació d'una sèrie d'ítems o element per observar cada alumne. Ens pot ajudar a fer una observació més eficient i objectivable, ja que ens obliga a fixar prèviament el conjunt d'elements que observarem i en què es basarà la nostra valoració, per tant, concretar com valorem aquestes competències més transversals, A més a més té la virtut que ens obliga a observar tots els estudiants. La idea no és omplir totes les caselles de forma exhaustiva però sí assegurar-nos de tenir diverses observacions per a tots i cadascun dels estudiants. En l'annex 2.3. hi ha un exemple de com podria ser una guia d'aquest tipus. En general, la quantificació de cada observació és una valoració qualitativa.

Quantificació dels diferents elements d'avaluació

És difícil fer una proposta generalitzable de com ponderar cada part en l'avaluació acreditativa de l'assignatura. Cal considerar no solament la mateixa assignatura, sinó també les altres que l'estudiant cursa a la vegada així com les pròpies preferències i capacitats del professor i els estudiants. Tanmateix proposem aquí la manera d'avaluar-les que utilitzem en el nostre cas:

La nota de la memòria

La primera versió de la memòria es valora amb una nota sobre 10 a partir de la valoració dels diferents ítems tal com s'indica en l'annex 2.1. La segona versió es torna a avaluar de manera similar, si bé la nota final no pot superar en més de tres punts la primera versió i mai la baixa. Aquesta limitació de la millora de nota es fa per tal de remarcar que l'esforç més gran s'ha d'esmerçar en la primera versió. Aquesta nota és òbviament comuna per a tots els membres de l'equip que han fet la memòria.

La nota de la prova escrita

Valorada sobre 10 a partir de quatre preguntes de resposta relativament curta (mitja pàgina cadascuna), i evidentment és una nota individual.

La valoració derivada de la guia d'observació

També és una nota individual que en aquest cas és valorada amb un modificador de la nota que va entre -2 i +2 punts de la nota global.

La valoració final per a cada estudiant és, doncs:

Un 80% de la nota és la nota de la segona versió de la memòria, un 20% la nota de la prova escrita i s'afegeix el modificador de nota procedent de l'observació. Òbviament, la nota té un màxim de 10.

Consignes als estudiants

Les consignes als estudiants durant tot el procés són sobretot orals i es van donant durant tot el procés, tanmateix cal remarcar dos moments clau en què aquestes consignes han de ser clares i ben estructurades:

La fase 1 o sessió de presentació del problema (vegeu l'apartat d'activitat de l'aprenentatge)

En aquest punt inicial cal comunicar clarament als estudiants quin és el procés de les pràctiques. Que es treballarà seguint un procés de recerca científica, que ells protagonitzaran juntament amb el professor. Depenent del contingut concret de cada pràctica es pot donar als estudiants una sèrie de materials per ajudar a plantejar les hipòtesis sobre les quals es plantejarà el problema. Aquest material serà diferent segons el contingut de la pràctica i no té sentit adjuntar-lo en aquest document. Tanmateix, diversos exemples

d'aquests materials, junt amb altres casos d'estudi centrats en temes d'ecologia, es poden trobar a <http://www.creaf.uab.es/aprenecologia/>.

A la part final de la fase 3 (per a l'anàlisi i la discussió dels resultats, vegeu l'apartat d'activitat de l'aprenentatge)

En acabar la darrera sessió de discussió dels resultats, el professor explica les diferents parts de què consta un article (títol, resum, introducció, material i mètodes, resultats, i discussió) i dóna algunes orientacions de com fer-ho. A més, indica les limitacions d'espai i pacta amb els estudiants les dates de lliurament, de la tutoria i del lliurament de la segona versió.

Taula resum. Taula resum en què es relacionen els diferents objectius d'aprenentatge inclosos en la competència general i agrupats segons si es tracta de continguts, capacitats o actituds. Els quadres en blau clar indiquen que l'objectiu o subcompetència de la columna corresponent es treballa en l'activitat d'aprenentatge d'aquella fila; a l'interior del quadre s'indica també amb quina metodologia podem avaluar el grau d'assoliment d'aquest objectiu mitjançant l'activitat concreta. Els objectius, les activitats d'aprenentatge i els mètodes d'avaluació s'expressen de forma abreujada i en els apartats corresponents del text hi ha la descripció complerta de tots.

Taula resum. Ser capaç de resoldre un problema o una pregunta d'ecologia a partir de l'obtenció de dades de camp

Estratègies d'aprenentatge	Objectius				Capacitats	
	Continguts		Ecologia		Utilitzar tècniques de mostreig de camp	Utilitzar el mètode científic
Plantejament del problema	Memòria		Memòria			
Obtenció de les dades de camp					Observació Memòria	
Anàlisi i discussió dels resultats	Observació					Observació
Redacció de dues versions memòria	Correcció memòria		Correcció memòria			Correcció memòria
Tutoria en grup	Examen		Examen			

		Actituds			
Saber escriure un article		Plantejar els mètodes amb rigor	Presca de dades correcta	Tenir curiositat	Opinar basant-se en dades
		Observació		Observació	Observació
			Observació	Observació	
				Observació	Observació
	Correcció memòria				
	Examen				Observació

3.6. REFLEXIONS FINALS

En aquest capítol s'ha fet una proposta de com treballar i avaluar una competència molt general com és: «Ser capaç de resoldre un problema o pregunta d'Ecologia a partir de l'obtenció de dades de camp.» La vocació, doncs, de la proposta aquí recollida és que encara que compartim la idea que els estudiants universitaris han d'assolir competències globals i integradores, podem facilitar la tasca del docent universitari si podem aportar experiències que permetin concretar de forma senzilla i avaluable aquestes competències generals. A la vegada, aquesta proposta volia mostrar com el fet d'utilitzar diversos mecanismes d'avaluació és una bona «praxis» per valorar els diferents aspectes de les competències, fins i tot els que tenen a veure amb actituds.

4. RESOLUCIÓ DE PROBLEMES EXPERIMENTALS EN EL LABORATORI INTEGRAT DE BIOTECNOLOGIA

Pau Ferrer

4.1. INTRODUCCIÓ

La pràctica de Laboratori integrat de biotecnologia és una assignatura obligatòria de la llicenciatura de Biotecnologia de la Universitat Autònoma de Barcelona, impartida per primera vegada el curs acadèmic 2000-2001. És una pràctica amb un pes relativament important dins els estudis de Biotecnologia, ja que no forma part d'una assignatura teòrica, sinó que és una assignatura independent. A més, diversos aspectes experimentals concrets de la pràctica també es tracten per separat en pràctiques d'altres assignatures de la llicenciatura. Per tant, Laboratori integrat de biotecnologia és una assignatura amb un gran component de **síntesi** i **interdisciplinarietat**, i no solament de suma o aportació i aplicació de nous coneixements.

És una activitat dividida en dos grans blocs, centrats en les diferents tecnologies implicades en el desenvolupament de processos de producció de proteïnes recombinants, com un exemple del procés biotecnològic. Així, la primera part (part A) està centrada en l'aplicació de tècniques d'enginyeria genètica (o tecnologia del DNA recombinant) per a l'obtenció d'un microorganisme productor de la proteïna d'interès i l'aplicació de tècniques de caracterització de proteïnes. La segona part (part B) se centra en l'aplicació de l'enginyeria de bioprocessos, concretament de processos de cultiu en bioreactors i processos de separació (purificació de proteïnes).

La part B, objecte d'anàlisi d'aquest treball, es planteja com la resolució pràctica d'un problema de (re)disseny d'un procés biotecnològic, és a dir, d'**anàlisi** i **síntesi** d'aquest procés.

4.2. CONTEXT DOCENT

Aquesta pràctica es du a terme dins el marc de la llicenciatura de Biotecnologia, en l'assignatura de Laboratori integrat. Es tracta d'una assignatura troncal de tercer curs i és semestral (s'imparteix el segon semestre).

L'assignatura té sis crèdits (és a dir, 60 hores presencials), distribuïts en dues parts de tres crèdits cadascuna (part A i part B). Les pràctiques es distribueixen en sessions diàries d'una durada aproximada de quatre hores.

El nombre total d'alumnes de l'assignatura sol oscil·lar entre els 80 i els 100, que es reparteixen en quatre torns, cadascun amb una capacitat màxima de 25 alumnes.

Normalment, hi intervenen uns cinc o sis professors (dels quals, tres o quatre ho fan a la part B). La part A la imparteixen professors de la Facultat de Biociències de la UAB, mentre a la part B ho fan professors de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la UAB. Tant en la part A com en la B, en cada torn de pràctiques intervenen dos professors. Ocasionalment, també hi col·laboren estudiants de darrer curs de la llicenciatura (que han cursat les pràctiques anteriorment) com a ajudants.

El tipus d'activitat és l'aplicació al laboratori de la seqüència bàsica d'etapes que intervenen en el procés d'obtenció d'un producte biotecnològic. Es treballa la resolució pràctica d'un problema de (re)disseny d'un procés biotecnològic, es a dir, a partir de l'anàlisi del bioprocés dut a terme experimentalment al laboratori, els alumnes han de proposar millores del disseny.

4.3. OBJECTIUS DE LA UNITAT DOCENT

Els objectius d'aprenentatge d'aquesta pràctica es poden reformular segons la competència següent:

- Aplicar al laboratori la seqüència bàsica d'operacions o etapes que intervenen en l'obtenció d'un producte biotecnològic, desenvolupant el concepte de disseny del seu procés de producció, treballant en grup.

Atès que actualment la UAB està elaborant el nou pla d'estudis del grau de llicenciatura de Biotecnologia en el marc de l'EEES, l'anàlisi i l'avaluació de les competències de l'assignatura de Laboratori integrat realitzades en aquest estudi ens permet identificar quines competències específiques i transversals del nou grau de Biotecnologia es poden desenvolupar en l'assignatura de Laboratori integrat.

Així, aquestes pràctiques permetrien desenvolupar la competència específica (CE) següent:

- Aplicar les principals tècniques associades a la utilització de sistemes biològics: DNA recombinant i clonatge, cultius cel·lulars, manipulació de virus, bacteries i cèl·lules animals i vegetals, tècniques immunològiques, tècniques de microscòpia, proteïnes recombinants i mètodes de separació i caracterització de biomolècules.
- Dissenyar i executar un protocol complet d'obtenció i purificació d'un producte biotecnològic.

D'altra banda, el conjunt de competències transversals (CT) que es desenvolupen a la pràctica i que es poden identificar en l'esborrany del nou grau de llicenciatura en Biotecnologia són:

- Interpretar resultats experimentals i identificar elements consistents i inconsistents.
- Dissenyar experiments de continuació per resoldre un problema.
- Aplicar recursos informàtics per a la comunicació, la recerca d'informació, el tractament de dades i el càlcul.
- Raonar de manera crítica.
- Treballar de manera individual i en equip.
- Pensar d'una manera integrada i abordar els problemes des de perspectives diferents.

Aquestes competències s'assoleixen mitjançant una sèrie d'objectius d'aprenentatge específics (o subcompetències), en ser contextualitzats, i es poden agrupar en coneixements (saber), capacitats (saber fer) i actituds (saber ser i conviure).

a. Coneixements (saber)

- Analitzar com es combinen i s'integren la tecnologia del DNA recombinant i la química de proteïnes amb els principis d'enginyeria en el disseny de processos biotecnològics. Per a això, cal integrar els resultats obtinguts a la part B (centrada en l'enginyeria de bioprocessos) amb els de la primera part de la pràctica (part A, centrada en l'enginyeria genètica i de proteïnes) com a exemplificació de la interacció entre etapes que integren un procés i de l'impacte d'aquesta interdependència en el seu disseny.
- Relacionar i integrar coneixements apresos en les diferents assignatures (classes de teoria, problemes de «paper i llapis», i altres pràctiques) que es cursen a la llicenciatura en la situació exemple (és a dir, en el context) concret que es planteja a la pràctica.

b. Capacitats (saber fer)

- Ser capaç d'aplicar les metodologies per a l'adquisició, el processament i la interpretació qualitativa i quantitativa de les dades experimentals i treure'n informació útil/rellevant per a l'anàlisi i la millora d'un bioprocés. Aplicar l'anàlisi estadística, de probabilitats i d'incertesa a dades experimentals.
- Partint de l'anàlisi dels resultats obtinguts en els experiments duts a terme al laboratori, de les preguntes guia formulades en el guió de la pràctica, de la bibliografia seleccionada i dels coneixements adquirits en altres assignatures de la llicenciatura, donar resposta a la pregunta central de la pràctica. A tot això cal aplicar el mètode científic: plantejar millores de disseny del procés en aquelles etapes que els alumnes hagin identificat com a limitants (poc eficients), tenint en compte les interdependències entre aquestes.
- Ser capaç d'elaborar un informe escrit que inclogui un resum breu sobre el treball realitzat i la metodologia emprada, fer una presentació de dades experimentals de manera adequada (és a dir, que permeti treure informació útil per a la discussió i l'elaboració d'hipòtesis i conclusions finals), discutir els resultats basant-se en les preguntes inicials i treure'n una conclusió final que sintetitzi aquesta discussió.
- Desenvolupar competències cognitives/metodològiques transversals, com ara la

discussió d'hipòtesis (entre alumnes i entre professor i alumnes); el rigor a prendre dades experimentals; la recopilació, l'ordenació i el tractament de dades experimentals; la presentació de resultats experimentals i la seva interpretació (formulació d'hipòtesis basades en observacions experimentals).

c. Actituds (saber ser)

- Desenvolupar competències transversals com ara la responsabilitat, el treball en equip, la cerca i la selecció d'informació i l'expressió escrita.

4.4. ACTIVITATS D'APRENTATGE

Tal com s'ha esmentat en la descripció del context de la pràctica, aquesta es distribueix en sessions seguides d'unes quatre hores per dia, aproximadament. La part A es desenvolupa durant les primeres set sessions, i va seguida (sense interrupcions temporals, exceptuant els dies festius) de les set sessions de la part B. Posteriorment, s'ha de fer un treball autònom en un grup centrat en l'elaboració de l'informe o memòria de les pràctiques. Tant durant el procés d'elaboració de l'informe com després que el professor l'hagi corregit, els alumnes poden sol·licitar una sessió o dues de tutoria presencial.

En la primera sessió de cada part es fa una introducció de la pràctica. Pel que fa a la part B, cal destacar que durant aquesta sessió introductòria es fa una presentació del plantejament general de la pràctica, formulada com a resolució experimental d'un problema, i també dels objectius d'aprenentatge (què és el que n'esperem) i com seran avaluats.

Els alumnes d'un torn de pràctiques es divideixen en grups d'entre quatre i cinc persones, supervisats per dos professors. Els grups i els professors es mantenen durant tota la part B. Tant la distribució per grups com els professors són diferents respecte a la part A de la pràctica.

Procediment experimental

Durant els dies 1 i fins al 4, els alumnes preparen un petit cultiu del microorganisme productori de la proteïna d'interès (que prèviament han construït a la part A de la pràctica). Aquest petit cultiu, fet amb Erlenmeyer, els serveix per inocular un bioreactor (fermentador) d'1,5 litres de capacitat, que han de posar a punt (preparar el medi de cultiu, esterilitzar-lo, adequar-lo i calibrar els diversos elements de seguiment i control del cultiu de què disposa el reactor, com ara els elèctrodes de pH, oxigen, bomba d'addició de base o àcid). Una vegada iniciat el cultiu en el reactor (operat en discontinu), els alumnes han de fer un seguiment de l'evolució dels seus paràmetres principals (creixement cel·lular, consum de substrat o aliment, acumulació de subproductes del metabolisme cel·lular en el medi de cultiu, estabilitat genètica de l'organisme, i seguiment de l'acumulació del producte a l'interior de les cèl·lules).

Durant els dies 5 i 6, els alumnes han d'extreure el producte (proteïna d'interès) a partir de les cèl·lules recuperades mitjançant operacions de centrifugació, trencament cel·lular i microfiltració, i purificar-lo mitjançant tècniques de cromatografia. En cada etapa del procés de recuperació i purificació, han d'estimar la quantitat de producte que han obtingut, així com el grau de puresa i l'activitat biològica.

El darrer dia, es fa una sessió d'anàlisi, d'interpretació i de discussió global dels resultats obtinguts, amb una pauta de preguntes guia (en el guió de pràctiques) per orientar la solució de la pregunta central plantejada a l'inici de la pràctica.

- **Plantejament de la pràctica i disseny dels experiments.** Durant el primer dia de la pràctica es planteja la pregunta/problema central: es duu a terme un procés d'obtenció d'una proteïna recombinant a escala laboratori en condicions d'operació subòptimes o bé utilitzant estratègies experimentals que no poden ser directament escalades (aplicades) a un procés industrial. Per tant, a partir de l'**anàlisi** del procés implantat a les pràctiques, s'hauran de plantejar **millores de disseny** en aquelles etapes que s'hagin identificat com a **limitants** (poc eficients), tenint en compte les interdependències entre si. Per això, cal que el disseny d'experiments permeti donar resposta a la **pregunta central**. Així, cada grup fa l'experiment sota **condicions diferents**. Per exemple, es dóna l'opció d'utilitzar diferents fonts de carboni per al creixement microbià i la producció de proteïna recombinant, o diferents opcions de control de l'aeració del bioreactor. D'aquesta manera, la realització d'un experiment diferent per grup, variant algun paràmetre clau del procés, permet il·lustrar fàcilment com es pot incidir sobre el comportament d'un procés, així com la importància del **disseny d'experiments en el procés de desenvolupament i optimització d'un procés biotecnològic**. D'altra banda, permet identificar la interrelació entre les diferents etapes de desenvolupament d'un procés, des de la construcció de l'organisme productor fins a l'estratègia de purificació del producte. Així doncs, en realitzar els experiments desenvolupem tant les capacitats de saber aplicar tot un conjunt de tècniques que, combinades, permeten obtenir un producte biotecnològic, com l'activació de coneixements apresos en les diferents assignatures de la llicenciatura, i les de tipus metodològic (rigor en la presa de dades experimentals, per exemple).
- **Obtenció i tractament de les dades experimentals al laboratori.** Cal fer ressaltar que es facilita un **espai de temps i eines** (ordinadors en el mateix laboratori, pàgina al Campus Virtual) per ordenar les dades, presentar-les, interpretar-les i comparar-les entre grups per tal de facilitar la discussió i la resposta posterior a la pregunta problema central de la pràctica. D'aquesta manera, perseguim que el tractament de dades es faci en paral·lel a la realització de l'experiment al laboratori, en què els professors poden incidir directament, proporcionant informació i fent preguntes addicionals per orientar els alumnes. L'experiència dels darrers anys ens permet afirmar que amb aquesta activitat potenciem la capacitat de saber tractar, analitzar i interpretar els resultats experimentals per tal de donar resposta a la pregunta central que es planteja en iniciar la pràctica, és a dir, saber aplicar el mètode científic. Així mateix, es vol fomentar l'autoavaluació (comprovant la consistència/coherència de les dades obtingudes i, si és possible, oferint la possibilitat de repetir un assaig concret) i el treball (solució de problemàtiques) en equip. Creiem que el foment de l'autoavaluació contribueix al desenvolupament del sentit de la responsabilitat de l'alumne.

- **Anàlisi i discussió final per grups i general dels resultats.** Té lloc el darrer dia de pràctiques. Les dades tractades de cada grup es dipositen al Campus Virtual per tal que tots els grups hi tinguin accés. Aquest dia, el professor també explica l'estructura que ha de tenir l'informe de la pràctica. Aquesta activitat facilita l'elaboració de l'informe escrit seguint unes pautes per a la presentació adequada de dades experimentals, discussió de resultats basant-se en les preguntes formulades i bibliografia seleccionada (disponible al Campus Virtual), i formulació de conclusions finals que sintetitzi aquesta discussió.

4.5. INSTRUMENTS D'AVALUACIÓ

L'avaluació, per tant, es fa a través de tres elements:

- **Informe escrit de pràctiques en grup** (un per grup, elaborat en equip). El darrer dia de pràctiques s'explica la seva estructura i les pautes d'elaboració. Té una extensió total limitada a unes 20 pàgines i un termini de lliurament acotat (un mes). Es corregeix i es retorna als alumnes. Així mateix, el professor valora l'informe de l'1 al 10 d'acord amb els objectius d'aprenentatge de coneixements i capacitats esmentats (reflectits en una taula de puntuació perquè sigui més fàcil valorar-los) i anota les correccions i propostes de millora de la memòria.

Si els alumnes ho demanen, es fa una tutoria d'una durada aproximada d'una hora presencial en grups petits (grup de treball de la pràctica) per resoldre dubtes, tant durant l'elaboració de l'informe com després que el professor l'hagi corregit, per resoldre els dubtes sobre les correccions.

Cal destacar que les correccions fetes pel professor tenen un caràcter formatiu important. Es pretén que els alumnes identifiquin **els errors i les deficiències en la presentació i la discussió de resultats** (incloses les propostes de redisseny del bioprocés) i es donen guies per millorar. S'insisteix als alumnes que llegeixin i entenguin les correccions i les propostes de millora de l'informe, ja que en una segona fase (examen escrit) s'incidirà en aquests aspectes.

- **Examen escrit individual.** Es fan una sèrie de preguntes de reforç que incideixen en aspectes bàsics (segons els objectius d'aprenentatge) que, particularment, i d'acord amb les correccions dels informes, és on cal incidir i insistir més per consolidar els coneixements adquirits. Els alumnes poden consultar el guió de pràctiques i el seu informe durant l'examen. Per tant, permet també estimar indirectament la contribució relativa de cada membre de cada grup per a l'elaboració de l'informe escrit, és a dir, facilita la individualització de l'avaluació. L'examen es fa a final de curs.
- **Valoració de l'actitud dels alumnes durant les pràctiques i l'elaboració de l'informe.** Es basa en l'observació directa de com treballen els estudiants, individualment, i en grup. Tot i que és una valoració difícil i amb certa subjectivitat, es pretén valorar una sèrie d'elements fàcilment identificables, centrats principalment en el desenvolupament de l'autoaprenentatge (i responsabilitat). Aquest últim és la capacitat de verificar les accions realitzades, la preocupació per la qualitat dels resultats (per

exemple, són coherents els resultats que he obtingut?, si no ho són, en què em puc haver equivocat? És factible corregir l'error durant la pràctica, per exemple, repetint una anàlisi?), la gestió de la informació (la recerca i la utilització d'informació per a la discussió de resultats de les pràctiques), la gestió del treball en equip i del temps (la puntualitat, l'ordre i la neteja dels espais de treball, la distribució de resultats entre equips de treball —Campus Virtual— per possibilitar la comparació i l'anàlisi global de dades experimentals a partir de les quals es fan les propostes de millora del bioprocés), i la iniciativa i l'esperit emprenedor en els aspectes semioberts de les pràctiques. Per tal de poder fer aquesta observació, es demana als alumnes que les dades adquirides al laboratori es tractin i s'analitzin durant la pràctica, en el mateix laboratori, on es proporcionen ordinadors i disposen de «temps morts» per anar introduint i tractant les dades segons les pautes donades pels professors (tant en el guió com oralment). Això facilita molt la interacció professor-alumnes i entre els membres de l'equip de treball. Finalment, alguns experiments tenen un cert grau d'obertura (per exemple, l'esquema d'operació de l'etapa de cromatografia permet algunes variacions en el protocol proposat), fet que permet valorar en cert grau la iniciativa i la capacitat emprenedora dels alumnes.

Actualment, els professors no disposen d'una taula d'observació per anotar *in situ* les valoracions sobre la feina dels alumnes al laboratori, però aquest treball contribuirà a construir-la.

La combinació d'aquests tres instruments permet avaluar les principals competències desenvolupades en l'assignatura, tal com es descriu a la taula del final del capítol.

Quantificació dels diferents elements d'avaluació

- **L'informe té un pes del 30% en la nota global.** Per corregir l'informe, els professors tenen una taula de puntuació en què valoren diversos aspectes d'aquest.
- **L'examen té un pes del 60% en la nota global.** La part B consta d'unes quatre preguntes, en les quals es combinen preguntes en què cal fer tractament de dades experimentals (càlculs, gràfics...) i interpretar-les, i altres preguntes de redacció curta. El temps màxim de durada de l'examen és de dues hores (a més, a la part A de la pràctica es fa un examen independent de dues hores més de durada). Tal com s'ha dit anteriorment, els alumnes poden tenir tant el guió com el seu informe de pràctiques durant l'examen de la part B.
- **La valoració de l'actitud dels alumnes té un pes del 10% en la nota global.** La nota global de la part B es valora de l'1 al 10. La part A i B de les pràctiques contribueixen amb el mateix pes (50%) a la nota final de l'assignatura. Cal destacar que el pes específic dels tres elements d'avaluació esmentats és el mateix per ambdues parts de les pràctiques.

Consignes concretes

El **guió de pràctiques** de la part B, disponible en el Campus Virtual de l'assignatura, inclou una descripció detallada dels procediments experimentals que cal seguir durant la pràctica. També inclou taules model per guiar l'adquisició de dades experimentals durant la realització dels experiments (vegeu-ne un exemple en l'annex 3.1.), i per al seu tractament i anàlisi, amb una taula comparativa de paràmetres clau del bioprocés entre grups de treball (vegeu l'annex 3.2.), element bàsic per resoldre la pregunta plantejada inicialment a la pràctica, així com preguntes guia per a la discussió i la resolució de la pregunta central de la pràctica (vegeu-ne un exemple en l'annex 3.3.).

Al **Campus Virtual**, també s'hi troba informació bibliogràfica addicional, tant d'aspectes genèrics (bioseguretat al laboratori), com d'aspectes específics, com ara informació sobre el sistema biològic que utilitzem per produir la proteïna d'interès, i dos articles científics de revisió rellevants per a la discussió de resultats i la resolució de la pregunta central de la pràctica. D'aquests articles, se'n fa referència explícita en les preguntes guia del guió de pràctiques i es demana explícitament que es considerin com a font d'informació útil per resoldre les preguntes plantejades en la pràctica i per fer les propostes de (re)disseny del bioprocés.

A més, es recorda que el Campus Virtual és una eina bàsica per al dipòsit de les dades experimentals dels diferents grups i per facilitar-ne l'anàlisi i la comparació (vegeu l'annex 3.3.).

Finalment, en iniciar la part B de la pràctica també s'indica als estudiants que tenen **disponibilitat d'ordinadors en el laboratori** per recopilar i tractar les dades experimentals *in situ*, a mesura que es vagin generant.

Taula resum. Es relacionen els diferents objectius d'aprenentatge inclosos en la competència general i agrupats segons si es tracta de continguts, capacitats o actituds. Els quadres en blau clar indiquen que l'objectiu o subcompetència de la columna corresponent es treballa en l'activitat d'aprenentatge d'aquella fila. A l'interior del quadre s'indica també amb quina metodologia podem avaluar el grau d'assoliment d'aquest objectiu mitjançant l'activitat concreta (informe de pràctiques, examen individual, observació/valoració in situ de les activitats al laboratori). Els objectius, les activitats d'aprenentatge i els mètodes d'avaluació s'expressen de manera abreujada i en els apartats corresponents del text se'n fa una descripció completa.

Taula resum. Aplicar al laboratori la seqüència bàsica d'operacions o etapes que intervenen en l'obtenció d'un producte biotecnològic, desenvolupant el concepte de disseny del seu procés de producció

	Objectius			
	Continguts (saber)		Capacitats (saber fer)	
Estratègies d'aprenentatge	Combinació i integració de les tecnologies implicades		Conceptes i principis de la biotecnologia	
			Experimentació al laboratori; tractament, anàlisi i interpretació de dades experimentals	
Realització d'experiments i adquisició de dades experimentals			Observació informe	
Anàlisi i discussió dels resultats	Informe examen		Informe examen	
Resolució del problema experimental	Informe		Informe examen	
Redacció de l'informe	Correcció informe		Correcció informe	
Tutoria en grup (voluntària)				

		Actituds (saber ser)		
Plantejar una proposta de (re)disseny d'un bioprocés	Saber escriure un informe científicotècnic	Rigor en la presa, recopilació i el tractament de dades	Autoaprenentatge: gestió de la informació, del treball (individual i en grup) i del temps; preocupació per la qualitat; tenir iniciativa	Formulació i discussió d'hipòtesis basades en dades experimentals
		Observació	Observació	
			Informe	Observació informe
Informe examen			Informe	Observació informe
Correcció informe	Correcció informe			
		Observació	Observació	Observació

4.6. REFLEXIONS

En aquest estudi es mostra com podem realitzar una anàlisi de les assignatures dels plans d'estudi actuals en termes de competències i de la seva avaluació. Creiem que és un exercici útil per replantejar i millorar els objectius i continguts d'aquestes assignatures i, si s'escau, com adaptar-los al nou context de l'EEES. Per exemple:

- En aquest estudi queda també palès que, tot i que les pràctiques permeten desenvolupar una competència científica, els instruments d'avaluació actualment implantats no permeten avaluar totes les subcompetències que la constitueixen (almenys amb el mateix grau de rigor), sobretot pel que fa a les competències transversals, per la qual cosa creiem que caldria buscar noves eines d'avaluació.

- D'altra banda, la poca flexibilitat dels horaris actuals de les assignatures limiten de manera significativa el potencial de pràctiques com les de Laboratori integrat, ja que es condiciona el tipus d'experiment per realitzar (sovint es fa en condicions subòptimes o poc rellevants des del punt de vista aplicat/professional). A més, una major flexibilització horària facilitaria un grau d'obertura més elevat per als experiments realitzats, és a dir, donaria més iniciativa a l'estudiant per dissenyar els experiments per realitzar per tal d'adreçar la pregunta inicial de la pràctica.

En conjunt, podem dir que les subcompetències desenvolupades en la pràctica de Laboratori integrat poden encaixar en les competències acordades per al nou pla d'estudis del grau de Biotecnologia de la UAB. No obstant això, en l'anàlisi presentada aquí no hem fet cap estimació de les hores de treball no presencials dels alumnes, per això no podem fer tampoc una estimació acurada dels ECTS que aquesta assignatura hauria de tenir en el nou pla d'estudis, ni de la compatibilitat (pel que fa al nombre de crèdits) amb les altres assignatures del nou pla, ni de les necessitats del professorat.

5. AVALUACIÓ DE COMPETÈNCIES EN UN LABORATORI DE QUÍMICA

Joan Suades

5.1. INTRODUCCIÓ

Un dels objectius bàsics del professorat de Química és apropar la tasca del laboratori a la feina real d'un professional de la química. Per aquest motiu, intentem que els alumnes afrontin els diferents problemes que poden sorgir durant la tasca al laboratori i que davant dels dubtes consultin el professor. Evitem que el professor vagi «relatant» tot el que ha de passar per incentivar la seva capacitat d'observació. Un aspecte clau és el fet que tots els professors implicats considerem que l'alumne ha d'entendre en el laboratori què és el que està fent i per què ho fa d'aquesta manera i no d'una altra. Així, un objectiu essencial és evitar que els alumnes es dediquin a «cuinar» al laboratori sense que ni tan sols intentin entendre què estan fent i per què.

5.2. CONTEXT

Aquesta unitat s'ha desenvolupat en una assignatura del segon cicle de la llicenciatura de Química i està organitzada amb la intenció que l'estudiant faci les pràctiques de la manera més autònoma i reflexiva possible. El laboratori engloba els continguts de dues assignatures: Laboratori de química inorgànica (cinc crèdits) i Ampliació del laboratori de química inorgànica (quatre crèdits). Consisteix en una assignatura experimental de nou crèdits que es va dividir en dues per problemes d'homologació del pla d'estudis vigent. Aquests crèdits no són ECTS, això vol dir que correspon a 90 hores de docència, de les quals aproximadament unes 80 són de treball al laboratori. S'aconseja als estudiants que aquesta assignatura es faci els darrers cursos (el tercer o quart any) perquè requereix coneixements de diferents assignatures teòriques. El programa consisteix en un conjunt de set pràctiques, en què els alumne han de demostrar les seves competències per afrontar els problemes que es plantejaran. Se'ls donen unes explicacions generals bàsiques per poder abordar les pràctiques i ells han de complementar aquesta informació amb documentació original a fi d'aconseguir la preparació de diferents substàncies.

Actualment, aquesta assignatura està organitzada en tres grups, cada grup està format per uns 22-25 alumnes i en el laboratori hi ha un professor responsable i un professor ajudant que acostuma a ser un becari.

Malgrat que aquesta assignatura no està estructurada dins del marc dels nous plans d'estudi, els mètodes d'avaluació dels objectius són perfectament aplicables a l'avaluació de competències d'una assignatura experimental.

5.3. OBJECTIUS DE LA UNITAT DOCENT

Com s'ha comentat en l'apartat anterior, tot i que aquesta assignatura no està organitzada en crèdits ECTS, els objectius proposats són augmentar les competències dels estudiants en un laboratori de química. Ho podríem resumir en «**entendre i gestionar els fenòmens del laboratori globalment**» per tal de **saber fer i saber estar** al laboratori. A fi de desenvolupar aquests conceptes generals en el marc de l'avaluació de competències, s'ha escollit el conjunt de competències més directament relacionades amb els objectius d'aquest laboratori de la proposta del nou pla d'estudis. Aquest plantejament permet abordar l'avaluació d'aquestes competències basant-nos en procediments dels quals es té una àmplia experiència i que han estat útils en l'avaluació d'objectius docents similars.

La proposta del nou pla d'estudis del grau de Química a la UAB ja ha estat aprovada per la Junta de Secció i la Junta de Facultat, això vol dir que disposem d'un conjunt de competències que han estat consensuades per tota la comunitat universitària. La relació següent mostra una selecció de les competències que coincideixen amb objectius que hem avaluat tradicionalment en aquest laboratori (la relació és en castellà, tal com està escrita en la proposta del nou pla d'estudis):

- CE1. Demostrar conocimientos y comprensión de conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales de las diferentes áreas de la química.
- CE2. Aplicar estos conocimientos y comprensión a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa en ámbitos familiares y profesionales.
- CE4. Desarrollar trabajos de síntesis y análisis de tipo químico en base a procedimientos previamente establecidos.
- CE5. Manejar instrumentos y material estándares en laboratorios químicos de análisis y síntesis.
- CE6. Interpretar los datos obtenidos mediante medidas experimentales, incluyendo el uso de herramientas informáticas, identificar su significado y relacionarlos con las teorías químicas, físicas o biológicas apropiadas.
- CE7. Manipular con seguridad los productos químicos teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas.
- CE9. Reconocer los términos relativos al ámbito de la química en lengua inglesa y utilizar eficazmente el inglés en forma escrita y oral en su ámbito laboral.
- CT1. Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
- CT2. Gestionar la organización y planificación de tareas.
- CT3. Resolver problemas y tomar decisiones.
- CT9. Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.

5.4. ACTIVITATS D'APRENTATGE

Aquestes pràctiques impliquen un treball presencial al laboratori durant quatre setmanes, cada tarda de 15 h a 19 h. Es fan només dues sessions teòriques, el primer dia i després de dues setmanes. Es treballa en parelles, i cada parella disposa d'una programació de les pràctiques que ha de fer durant les quatre setmanes. En funció de les pràctiques, al laboratori hi ha un 25% o un 50% dels alumnes que fan simultàniament la mateixa pràctica. Això permet organitzar el laboratori perquè puguin manipular ells directament els aparells sense haver de fer cua. Les pràctiques consisteixen essencialment en la preparació de diferents tipus de compostos i la seva caracterització posterior per diferents mètodes. En funció del tipus de pràctica que fan, les activitats d'aprenentatge són força variades. No obstant això, podem considerar les activitats generals següents:

- **Lectura i comprensió del que ha de fer l'alumne** (mètode de síntesi del compost, proves complementaries, mètodes de caracterització). Aquesta tasca s'ha de fer sobre documentació original abans d'entrar al laboratori. Es fa un èmfasi especial en el fet que els professionals no disposen de documentació adaptada a les seves necessitats. Per aquest motiu, han d'habituar-se a treballar amb aquesta documentació.
- **Organització de la feina en funció del temps de què disposa l'alumne.** El professor orienta l'alumne, però aquest té un marge de maniobra per organitzar-se la feina. És especialment important el ritme de treball, que el fixa l'alumne. No ha de córrer, perquè això li podria fer perdre molts detalls rellevants, però tampoc no ha d'anar excessivament lent perquè no podria assolir els objectius proposats.
- **Treballar, observar, entendre, anotar.** És el nucli central de la feina al laboratori. Un dels objectius docents primordials és que l'alumne intenti entendre què està fent en el moment en què ho fa. És essencial que compregui que si ho entén *in situ* pot captar molta més informació que si ho entén *a posteriori*. Un segon objectiu és que tota aquesta experiència que està adquirint la sàpiga reflectir en la llibreta de laboratori.
- **Utilitzar correctament el material de laboratori.** En assignatures del primer cicle s'ensenya a l'alumne a manipular correctament el material de laboratori. En aquesta assignatura es demana que demostrï tot el que ha après i es corregeixen els errors en els mètodes de treball.
- **Manipulació d'instruments.** S'utilitzen diferents instruments per caracteritzar els productes que ha sintetitzat. En alguns casos, l'alumne pot manipular directament l'aparell (espectrofotòmetres UV i IR), en altres casos, ha de veure com un tècnic ho fa davant seu (RMN, difracció raigs X). Posteriorment, farà el tractament de les dades obtingudes.
- **Debat amb el professor.** La darrera hora de la pràctica es fa un debat conjunt entre tots els alumnes que han fet la mateixa pràctica i el professor. L'objectiu és posar en comú totes les experiències i aclarir els possibles dubtes. El professor evita en aquest debat «explicar» la pràctica. L'objectiu és resoldre dubtes, però sempre a partir de les preguntes dels alumnes.

- **Avaluació.** Els darrers 45 minuts es dediquen a fer una prova escrita individual. Les preguntes estan orientades a esbrinar aspectes com: (a) si ha entès el que ha fet, (b) per què ha treballat de la manera en què ho ha fet, (c) si seria capaç d'aplicar el que ha après en un context diferent.

5.5. INSTRUMENTS D'AVALUACIÓ

L'avaluació es porta a terme mitjançant tres elements:

a. Prova escrita

És un dels instruments essencials del procés d'avaluació. Un aspecte important és la immediatesa, és a dir, que la prova es faci en el moment d'acabar la pràctica. Això obliga l'alumne a estar al laboratori amb la màxima atenció durant el període de pràctiques. A més a més, les preguntes no estan relacionades exclusivament amb els continguts que han treballat en altres assignatures teòriques. Es fan moltes preguntes relacionades amb aspectes pràctics, que són rellevants per entendre el que s'ha fet al laboratori, i que moltes vegades són molt més properes a la física que a la química. Fer aquest tipus de preguntes provoca un efecte sinèrgic. Els alumnes en la pràctica següent es fixen molt més en el que estan fent i intenten treure el màxim d'informació de les seves observacions. Això els acostava a l'actitud d'un professional i els allunya de la rutina de les pràctiques dirigides.

A fi de limitar el temps destinat a la prova escrita, les preguntes són breus i es demana a l'alumne que les respostes també ho siguin.

Amb aquesta prova es poden avaluar les competències CE1, CE2, CE6, CE7, CT1 i CT3. Seguidament, es mostra un exemple de pregunta utilitzat per avaluar cadascuna d'aquestes competències, excepte la competència CT1 (comunicar-se de manera oral i escrita), que està implícita en totes les preguntes de l'examen:

Pregunta 1 (CE1). *Escriviu la reacció de formació del magnesià, mostrant l'estructura del compost. Indiqueu quins àtoms guanyen o perden electrons en aquesta reacció.*

Aquesta pregunta està relacionada amb coneixements previs de l'alumne que ha d'aplicar a la síntesi que ha fet al laboratori. Es demanen tres coses molt concretes: la reacció, l'estructura del compost i quins han estat els processos redox implicats. Malgrat que és un pregunta que es podria fer en un curs de teoria, el seu coneixement és absolutament imprescindible per poder entendre correctament el mètode de treball al laboratori i les propietats del producte que ha preparat.

Pregunta 2 (CE2). *Proposeu un mètode de preparació de $\text{Si}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$ a partir del vostre magnesià. Indiqueu els aspectes pràctics més significatius d'aquesta preparació (precaucions, ordre d'addició dels reactius, quantitats de reactius, etc.). Supposeu que ja sou químics i heu de donar instruccions concretes a un laborant per preparar aquest producte. Aquí es tracta d'aplicar tots els coneixements de l'alumne (els teòrics i els experimentals que ha adquirit durant el treball al laboratori) per preparar un producte diferent del que ha fet al*

laboratori. El procediment per preparar aquest producte és similar al que ha fet servir, però hi ha d'introduir algunes diferències. Es valora molt positivament la capacitat de concreció perquè obliga l'alumne a prioritzar les instruccions. És molt important que l'alumne sàpiga escollir quines són les instruccions bàsiques per operar correctament. Aquesta qüestió valora indirectament la capacitat de l'alumne per desenvolupar treballs de síntesi (CE4) i per resoldre problemes (CT3).

Pregunta 3 (CE6). *Un alumne ha enregistrat l'espectre IR del producte obtingut en la síntesi de la trifenilfosfina i observa que l'espectre és molt similar al d'un producte de referència, però el seu producte mostra clarament una banda addicional a 1.180 cm^{-1} . Quines conclusions pot treure d'aquest fet experimental?*

En aquesta qüestió intentem avaluar la capacitat de l'alumne per interpretar dades experimentals i saber quina informació rellevant en pot treure. En aquest cas es vol esbrinar si fixar-se en aquesta dada li aporta informació sobre la puresa del producte obtingut.

Pregunta 4 (CE7). *Suposeu que sou en un laboratori que disposa de tres recipients per eliminar residus (dissolvents clorats, dissolvents no clorats i dissolucions àcides). Si teniu un residu de triclorur de fòsfor d'uns 10 ml, com actuaríeu per transferir-lo als bidons de residus?*

Aquesta qüestió vol avaluar si l'alumne ha assolit que no es poden llençar els residus considerant només la seva composició química, ja que també cal tenir en compte les seves propietats. El triclorur de fòsfor és un líquid que reacciona vigorosament amb aigua formant àcid clorhídric, per aquest motiu cal descompondre'l abans d'abocar-lo al recipient de residus. Indirectament, aquí també s'avaluen les competències CE2 (capacitat d'aplicar coneixements), CT3 (resoldre problemes i prendre decisions) i CE1 (demostrar coneixements).

Pregunta 5 (CT3). *Suposem que heu fet la reacció de síntesi de la trifenilfosfina amb les quantitats de reactius següents:*



Comenteu breument si considereu que treballar amb aquestes quantitats ens portaria a un resultat millor o pitjor que el que heu obtingut vosaltres al laboratori (les quantitats utilitzades per vosaltres en el laboratori són: C_6H_5Br : 31,4 g; Mg: 4,9 g; PCl_3 : 7,1 g). Raoneu-ne breument la resposta.

Aquesta és un tipus de pregunta que hem fet sovint en aquestes pràctiques: proposar un canvi en el procediment que els alumnes han fet servir en el laboratori i demanar que raonin si els resultats esperats serien millors o pitjors que els que han obtingut. Aquest tipus de preguntes els indueixen a qüestionar-se per què fan servir unes condicions en lloc d'unes altres. Aquesta pregunta incideix en la competència CT3 (resoldre problemes i prendre decisions) i també, indirectament, en la CE2 (capacitat d'aplicar coneixements), la CE1 (demostrar coneixements) i la CE4 (capacitat de desenvolupar treballs de síntesi).

b. Taules d'observació

Són complementàries de les proves escrites, però són fonamentals per a una avaluació correcta de les competències perquè hi ha alguns aspectes, com les competències CE5, CE7, CT2 i CT9, que són difícils d'avaluar en les proves escrites. En aquestes taules es fixen una sèrie de paràmetres que el professor ha d'avaluar al final de cada pràctica. Com que el nombre d'alumnes que estan fent una mateixa pràctica és reduït (pot oscil·lar entre sis i dotze) i es disposa d'un temps relativament llarg en cada pràctica per poder fer la valoració (entre dos i quatre dies), és possible disposar al final de la pràctica d'un criteri força contrastat per dur a terme la valoració. Seguidament es mostra un exemple d'una d'aquestes taules d'observació:

Observació 1. *Ha arribat puntual al laboratori?*

S'intenta valorar l'actitud i el grau de responsabilitat amb el compromís de fer aquesta pràctica de laboratori. La puntualitat és bàsica per desenvolupar correctament el treball i incideix clarament en el treball en equip (CT9).

Observació 2. *Quan ha entrat al laboratori, s'havia llegit la bibliografia i sabia què havia de fer?*

Avalua també el nivell de responsabilitat i, com que la documentació és en llengua anglesa, incideix en la competència CE9 (reconèixer els termes relatius a l'àmbit de la química en llengua anglesa). Indirectament, també està relacionada amb la competència CE1 (demostrar coneixements).

Observació 3. *Durant la pràctica ha participat en les discussions per entendre els fenòmens observats?*

Aquesta observació està directament relacionada amb la competència CE1 (demostrar coneixements), la CT1 (comunicar-se de forma oral) i la CT9 (treball en equip).

Observació 4. *Utilitza el material de laboratori de manera correcta?*

És una observació imprescindible perquè intenta valorar la qualitat del treball al laboratori. No es freqüent, però hi ha casos d'alumnes excel·lents quant a comprensió dels fenòmens químics, però que després treballen molt malament al laboratori. Es valoren essencialment les competències CE5 (ús d'instruments i material), CE7 (manipulació amb seguretat dels productes químics) i indirectament la CE4 (desenvolupar treballs de síntesi), perquè si no fan servir el material correctament no poden sintetitzar productes adequadament.

Observació 5. *Organitza la feina correctament en funció del temps de què disposa?*

Incideix essencialment en el ritme de treball (ni excessivament ràpid ni excessivament lent), però també en altres aspectes, com organitzar correctament la preparació dels productes i la seva caracterització. Està directament relacionada amb la competència CT2 (gestionar l'organització i la planificació de tasques).

Observació 6. *Intenta entendre els fenòmens que observa al laboratori?*

És una qüestió clau pel que fa al mètode de treball. Està relacionada essencialment amb les competències CE1 (demostrar coneixements) i CE2 (aplicar els coneixements), però també amb la CT3 (resoldre problemes i prendre decisions).

Observació 7. *Relaciona els fenòmens que observa al laboratori amb els coneixements previs i la bibliografia?*

Està molt relacionada amb l'anterior, però amb un matís una mica diferent perquè ara no fa tant d'èmfasi en l'actitud al laboratori i es busca més si relaciona el que veu amb el que hi ha a la bibliografia. Incideix també en les competències CE1 (demostrar coneixements), CE2 (aplicar els coneixements) i CT3 (resoldre problemes i prendre decisions), però hi ha més implicació de la competència CE9 (reconèixer els termes relatius a l'àmbit de la química en llengua anglesa).

Observació 8. *Deixa net i endreçat l'espai de treball?*

Es una qüestió totalment metodològica, però que cal tenir en compte. Està relacionada amb la competència CE5 (ús d'instruments i material) i CT9 (treball en equip).

Aquestes vuit observacions són totalment generals i aplicables a qualsevol pràctica. Les taules es complementen amb tres observacions específiques de cada pràctica. Per fer la proposta més coherent, seguidament indiquem les observacions específiques de la pràctica de preparació de la trifenilfosfina, la mateixa que s'ha fet servir com a mostra en els exemples de les preguntes de l'examen escrit.

Observació 9. *Ha actuat correctament durant la preparació del magnesià?*

És una pregunta específica relacionada directament amb les competències CE5 (ús d'instruments i material) i CE4 (desenvolupar treballs de síntesi) perquè la preparació del magnesià és una etapa que requereix treballar amb especial cura al laboratori per obtenir els resultats desitjats.

Observació 10. *Ha preparat adequadament la pastilla i ha manipulat correctament l'espectrofotòmetre IR?*

Aquesta pregunta específica està relacionada amb la competència CE5 (manipulació d'instruments i material de laboratori).

Observació 11. *L'aspecte de la trifenilfosfina és correcte?*

És una manera indirecta d'avaluar la qualitat del treball al laboratori. L'experiència ha demostrat que l'aspecte final del producte (color, grau de cristallí, aspecte del sòlid...) es pot relacionar parcialment amb com s'ha treballat i especialment es pot saber si el procés de cristallització del producte s'ha fet correctament. Una vegada més valorem les competències CE5 (ús d'instruments i material) i CE4 (desenvolupar treballs de síntesi).

c. Llibreta de laboratori

És el darrer instrument de valoració. És un bon element, però és difícil valorar globalment tots els estudiants perquè requereix moltes hores de dedicació del professor. Actualment es valoren totes les llibretes dels alumnes que es troben en la zona fronterera entre dues qualificacions després d'aplicar els dos criteris anteriors. Això fa que els alumnes treballin la seva llibreta adequadament i és un excel·lent element per determinar si un alumne mereix una qualificació superior o inferior. Es valora essencialment que la llibreta contingui totes les anotacions complementàries a la informació que l'alumne tenia abans de fer la pràctica. La llibreta ha de reflectir l'experiència que ha adquirit l'alumne durant les hores que ha estat al laboratori. En cap cas no ha de ser una simple «traducció» a la llengua de l'alumne de les informacions que hi ha en la documentació en anglès que se li ha lliurat.

La taula resum ens mostra de forma esquemàtica el conjunt d'activitats que l'estudiant porta a terme en el laboratori (files) i les corresponents competències que volem avaluar en aquesta activitat (columnes). Les caselles ens indiquen una possible forma d'avaluació de cadascuna de les competències. Així, es pot veure que la competència CE5 (manipular instruments i materials) s'avalua essencialment mitjançant les taules d'observació del treball dels alumnes al laboratori. En canvi, la competència CE6 (interpretar les dades obtingudes) s'avalua també mitjançant les taules d'observació del professor, però en aquest cas es pot avaluar en la prova escrita en unes preguntes en les quals l'alumne haurà de demostrar que sap interpretar dades obtingudes en casos similars als tractats en el laboratori.

5.6. REFLEXIONS

Aquesta unitat mostra com es poden aplicar els mètodes d'avaluació desenvolupats en el marc dels anteriors plans d'estudi en l'avaluació de competències. És evident que encara que no es feia servir el terme *competències*, l'aparició l'any 1993 d'assignatures que són essencialment crèdits experimentals va portar a un replantejament dels objectius en aquestes assignatures. Com que són assignatures experimentals, l'alumne forçosament ha d'aprendre a «saber fer coses» a més a més de tenir coneixements. Això porta a buscar instruments d'avaluació de la capacitat de saber aplicar els coneixements teòrics a situacions pràctiques.

Disposar d'una relació de competències és útil perquè ajuda el professor a no deixar de banda aspectes importants, encara que siguin obvis. Un exemple clar d'aquest fet pot ser la competència CE7 (manipular amb seguretat els productes químics tenint en compte les seves propietats físiques i químiques). És evident que és una competència important, però que probablement molts professors no la consideraven una part del programa. Això vol dir que a partir d'ara caldrà fer atenció en aquest aspecte i avaluar-lo convenientment. Cal assenyalar que això no vol dir preguntar «normes de seguretat», perquè per poder manipular correctament els productes químics cal disposar dels coneixements i aplicar-los correctament.

Finalment, cal no oblidar que «el sentit comú docent» ens diu que hi ha objectius molt rellevants que probablement no queden reflectits d'una manera directa i clara en la relació de competències definida en el Pla d'estudis. Un exemple pot ser la capacitat d'observació i de relacionar els fets experimentals amb els coneixements teòrics. La capacitat d'observació no és explícitament en la relació de competències aprovada, però tots els professors estaríem d'acord en la idea que és una competència important en un laboratori. Això tampoc no vol dir que hagi estat oblidada, simplement està inclosa de forma indirecta en altres competències com «desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom» o «raonar de manera crítica».

Taula resum. Trobar evidències i comunicar-les

	CE1 Demostrar coneixements	CE2 Aplicar aquests coneixements	CE4 Desenvolupar treballs de síntesi	CE5 Manipular instruments i material	CE6 Interpretar les dades obtingudes	
Lectura i comprensió del que ha de fer l'alumne	PE, TO	TO				
Organització de la feina en funció del temps						
Treballar, observar, entendre, anotar	PE, TO, LL	PE, TO, LL	PE, TO		PE, LL	
Utilitzar correctament el material de laboratori			TO	TO		
Manipulació d'instruments				TO	PE	
Debat amb el professor	TO					

PE = prova escrita, TO = taules d'observació, LL = llibreta de laboratori

CE7 Manipular amb seguretat els productes químics	CE9 Reconèixer els termes relatius a l'àmbit de la química en llengua anglesa	CT1 Comunicar-se de manera oral i escrita	CT2 Gestionar l'organització i la planificació de tasques	CT3 Resoldre problemes i prendre decisions	CT9 Treballar en equip
	TO				
			TO		TO
PE, TO	TO, LL	PE; LL		PE, TO, LL	
TO					TO
		TO			TO

6. AVALUACIÓ PER COMPETÈNCIES EN L'ASSIGNATURA DE QUÍMICA BÀSICA. CANVI DE PARADIGMA EN LA INTERPRETACIÓ D'UN FENOMEN

Mercè Izquierdo

6.1. INTRODUCCIÓ

La unitat docent que s'analitza en aquest apartat forma part del programa de l'assignatura de Química bàsica (o Química pas a pas, com també l'anomenem), que s'ofereix de manera optativa a totes les especialitats de la diplomatura de Mestre de Primària/Infantil. Les assignatures optatives de ciències (Física, Química, Biologia, Geologia) configuren un itinerari que proporciona una certa especialització al perfil essencialment generalista de la titulació. Les competències que han de desenvolupar els mestres que estudien aquestes assignatures es relacionen amb la seva futura tasca educativa del pensament científic en els nivells escolars bàsics.

De manera coherent amb les finalitats dels estudis de Mestre, que han d'introduir el pensament abstracte, científic, als infants, a partir de fets que els resultin significatius, procedim en un ordre diferent del que és habitual en l'ensenyament de la química. Seleccionem canvis químics en els quals els estudiants poden intervenir experimentalment, que tenen un impacte social i en la vida personal d'avui i que, alhora, permeten introduir els conceptes químics mitjançant un procés de «modelització», en el qual fer-pensar-comunicar permeti donar significat al fenomen. Els temes del programa es trien de manera que permetin, alhora, tractar els conceptes més bàsics de la química i poder explicar, amb ells, fenòmens químics de la vida quotidiana.

L'avaluació per competències proporciona estratègies metacognitives de progressió que deixen llibertat a l'alumnat per cercar i elaborar informació, per actuar experimentalment en fenòmens casolans i per resoldre problemes relacionats amb les dificultats conceptuals que han de superar i que se'ls ofereixen en un web de l'assignatura. En l'avaluació de l'assignatura es dona importància a l'autoavaluació que forma part de la competència «aprendre a aprendre». En concret, es fa a partir de les activitats de classe, del portafoli que preparen els alumnes i d'un treball experimental individual que es fa a final de curs i que els alumnes trien a partir d'una llista que se'ls presenta.

6.2. CONTEXT DOCENT

El repte principal de l'assignatura de Química bàsica és que els estudiants puguin aplicar els conceptes i les maneres de treballar pròpies de la química en els fenòmens que s'estudien en els nivells educatius de primària i infantil; i això ho hem d'aconseguir en molt poc temps, unes 30 hores de classe. Resulta difícil, tant per als alumnes que ja han estudiat química a batxillerat com per als que no han estudiat química des de l'ESO. La química al batxillerat es presenta de manera teòrica, substituint les substàncies reals per fórmules; i els alumnes que només han fet química a l'ESO i que tenen només algunes nocions d'aquest mateix bagatge teòric. L'enfocament que proposem és útil per a tots els estudiants, tot i que la seva formació prèvia sigui diferent. Es fa èmfasi en el canvi químic i en les preguntes fonamentals que planteja, que són les que han donat lloc als principis i conceptes propis de la química: la desaparició i l'aparició de substàncies en el canvi químic, la conservació dels elements identificat a àtoms amb massa, les proporcions fixes en la reacció i el mol, la conservació de l'energia... Les teories químiques s'introdueixen el moment que són necessàries, per donar suport a les intervencions experimentals i explicar les regularitats que s'observen. Els alumnes han de copsar la singularitat del canvi químic en relació amb altres canvis que coneixen i situar-se en la perspectiva dels químics, els quals s'han interessat per identificar, controlar i dissenyar canvis químics i alhora han buscat els principis que els expliquen.

La unitat docent que presentem, *Es pot transformar la fusta en carbó?* Es dedica a la carbonització i combustió de la fusta i d'altres materials orgànics. Consta de quatre sessions que s'estructuren segons un cicle d'aprenentatge: una sessió experimental que s'introdueix amb una narració que ha de generar preguntes (etapa d'exploració), dues sessions de classe amb discussió (introducció dels conceptes), una sessió de construcció d'una maqueta amb la qual han de representar o interpretar els canvis que s'han produït en els materials i explicar el fenomen que s'estudia, la piròlisi de la fusta (etapa d'estructuració dels nous coneixements). Finalment, apliquen els coneixements adquirits a d'altres fenòmens que no han estat estudiats de manera explícita a classe i ho fan escrivint una carta al destinatari que ells trien. En la carta han d'explicar l'experiència, al llarg de les quatre sessions, que els ha permès interpretar la carbonització de diversos materials i, també, la combustió de la fusta (les flames en una llar de foc), justificant que es tracta d'un canvi químic i les relacions que es poden establir amb altres canvis similars (etapa d'aplicació dels coneixements).

L'assistència a classe és obligatòria i cal disculpar-se si no s'hi pot assistir.

6.3. OBJECTIUS DE LA UNITAT DOCENT

Es pot transformar la fusta en carbó?

Es pretén introduir els conceptes bàsics de la química: element, diferenciat de substància simple; les proporcions de massa per identificar/introduir el concepte de mol, la identificació de les substàncies per les seves propietats (reconeixent que moltes són invisibles); la

conservació de l'energia en les reaccions exotèrmiques i en les endotèrmiques. Tots aquests conceptes fan que un fet «exemplar» (la «carbonera») que els alumnes coneixen parcialment arribi a ser interpretat de manera teòrica al llarg de les sessions docents previstes i esdevingui un exemple de Canvi Químic.

Les competències específiques i les competències transversals de la Facultat i les que es preveuen en el futur grau de Mestre de Primària/Infantil (i segons els mòduls establerts en l'Ordre ministerial ECI/3857/2007) a l'assoliment de les quals pot contribuir a la unitat docent que analitzem són:

- E-1 Revisar els models clau de les ciències per tal d'interpretar fets de la vida quotidiana i aplicar-los a l'explicació de fenòmens similars que tenen lloc en contextos diversos.
- E-3 Augmentar el nivell de reflexió sobre el procés d'aprenentatge científic.
- E-4 Comprendre els marcs teòrics que possibiliten el desenvolupament d'accions responsables i sostenibles.
- MP 25 Comprendre els principis bàsics i les lleis fonamentals de les ciències experimentals.
- MP 27 Plantejar i resoldre problemes associats a les ciències en la vida quotidiana.
- TF 3 Treballar en equip i amb equips.
- TF 8 Mantenir una actitud de respecte vers el medi natural, social i cultural.

Pel que fa als coneixements, els estudiants han de saber aplicar els conceptes d'element i substància simple i composta; comprendre les característiques dels àtoms químics, especialment des d'un punt de vista quantitatiu: el mol; relacionar les estructures de les substàncies i les seves propietats; desenvolupar una visió patògena de la química, amb el concepte d'estructura molecular. Amb això han de donar significat als principals tipus de canvis químics amb els quals s'inicia el curs: les combustions i la transformació que es produeix en escalfar les substàncies orgàniques.

Com podem comprovar fàcilment, la «competència» que treballem està formada per elements de totes les que s'exposen aquí: es treballa en un context (la carbonera, la barbacoa, la llar de foc, les espelmes), s'introdueixen uns coneixements determinats que podem formular recurrent a determinats verbs, unes actituds pròpies del coneixement científic (atenció a l'experimentació vinculada a un model teòric) i de l'emergència de coneixement en general, i unes capacitats que són pròpies de les ciències, tot i que també es poden aplicar a d'altres coneixements. Aquestes capacitats (segons Martín Díaz, Niedo i Cañas, 2008) són: identificació de qüestions científiques, explicació científica dels fenòmens, utilització de proves científiques.

A partir d'aquestes consideracions, i fent un esforç per formular la competència de la manera més globalitzada possible, considerem que, en aquesta unitat docent, desenvolupem i avaluem la competència de l'explicació científica dels fenòmens: el domini del pensament

abstracte químic gràcies al qual es poden relacionar fenòmens, intervenir-hi, controlar-los amb l'ajuda d'instruments i artefactes i la capacitat de discutir-los entre iguals i d'explicar-los i representar-los per poder-los explicar a altres persones.

Delors (1999) considera que una «acció competència» ha de tenir quatre dimensions: un coneixement, un saber fer, ser i conviure. Creiem que les dues primeres ja es donen habitualment i estan previstes en els programes de ciències, que sempre procuren tenir un aspecte pràctic; però les dues altres dimensions, que requereixen el compromís dels estudiants en l'aprenentatge i la col·laboració entre ells han de ser introduïdes amb activitats d'aprenentatge dissenyades amb aquesta finalitat: que els alumnes intervinguin amb autonomia i s'impliquin en els aprenentatges; són aquestes les que permeten transformar els objectius cognitius que sempre han format part de la programació de l'assignatura en «competències». Ho veurem en comentar la taula.

6.4. ACTIVITATS D'APRENTATGE

Totes les classes es fan al laboratori i sempre consisteixen en una activitat experimental presentada com un problema, en què s'ha d'intervenir de diverses maneres: modificant el llenguatge (introduint noves paraules, nous símbols), aprenent noves manipulacions (les «regles del joc» de la química), representant el fenomen en termes d'àtoms, molècules i estructures.

Es parteix de la pregunta *Es pot transformar la fusta en carbó?* Els alumnes escalfen serradures que han pesat prèviament i interpreten l'aparició de carbó i d'altres productes i la disminució de massa del sòlid que queda en el tub i les regularitats en els processos i mesures de tots els grups. Cerquen informació sobre la fusta, el procés de piròlisi i les combustions. Ho expliquen mitjançant una maqueta que representa l'estructura interna de la fusta (han d'imaginar-se com s'estructura la fusta, per què es conserva la massa i l'energia en un canvi químic) i han de poder respondre les preguntes experimentals que se'ls fan i relacionar aquest fet amb altres de semblants (una torrada que ens descuidem a la torrada, les restes en un bosc que s'ha cremat...) o que ho semblen però que no ho són. La maqueta permet desenvolupar el pensament abstracte analògic, relacionar fets i explicar com es controla el canvi (que no es cremi la fusta, per exemple).

Els alumnes treballen en grups de quatre, en la feina experimental i en la construcció de la maqueta, i també fan treball individual (lectura i resolució dels problemes).

Per tal d'analitzar la unitat des de la perspectiva de les competències que assolixen els estudiants ens fixem en les activitats que han de dur a terme, i alhora identifiquem els aprenentatges que se'n deriven. Procurem fer-ho des de la perspectiva de l'avaluació metacognitiva: apropiació dels objectius de l'activitat, planificació dels processos i anticipació dels resultats, utilització de bases d'orientació que esdevenen instruments per a l'autoavaluació. Amb això, comprometem els estudiants en els aprenentatges i els ajudem a «aprendre a aprendre», que és imprescindible en persones que s'han de dedicar professionalment a l'educació.

Les activitats són les següents (com podem veure, algunes de les quals són alhora activitats d'avaluació formadora o metacognitiva):

- **Lectura individual d'un text** sobre l'obtenció tradicional de carbó en les carboneres al Montseny, aprofitant que en alguns indrets se n'instal·len per recordar activitats artesanals antigues. N'han de treure les idees principals i connectar-les amb experiències prèvies. Amb la lectura es contextualitza l'experiment que es realitzarà a continuació en un escenari docent, fent un experiment de càtedra: s'escalfa una mica de serradures amb el bec de Bunsen, en un tub de vidre. Es fan comentaris en un grup gran sobre les «carboneres» i també sobre la combustió de la fusta. En aquesta conversa es van configurant els objectius de la unitat docent, *que els estudiants han de fer seus*. A continuació, els alumnes han de dissenyar un muntatge per obtenir més informacions sobre aquest procés.
- **Treball de grup**: els alumnes han de dissenyar un muntatge que permeti recollir els productes de la reacció i raonar l'eficàcia de cada un dels seus elements. Fan un dibuix esquemàtic de la proposta i avaluen la conveniència de dur-lo a la pràctica i els resultats que n'esperen (*anticipat el procés*).
- **Realització de la pràctica**: els estudiants preparen el muntatge. Escalfen serradures que han pesat prèviament, obtenen diversos productes i n'identifiquen alguns que queden en el tub: aigua, gasos no combustibles, gasos solubles en aigua de caràcter àcid, olis i carbó. Utilitzen com a *base d'orientació* les preguntes següents: què tinc, què faig, què passa, per què passa. Aquestes preguntes les responen de manera cíclica, cosa que dóna lloc a un document escrit que s'avalua un cop finalitzada la unitat (és a dir, es pot refer tantes vegades com calgui). Es discuteixen els resultats i es destaquen les regularitats (qualitatives i quantitatives). Es relaciona l'activitat amb la feina dels carboners del Montseny, que fa pocs anys era molt important des d'un punt de vista econòmic. Els estudiants *elaboren la v heurística*, que esdevé un instrument d'aprenentatge i d'avaluació alhora.
- **Elaboració d'una maqueta per grups**, com a suport de l'explicació del fenomen de la carbonització, que representa els components de la fusta i posa en evidència que la piròlisi és un canvi químic. Cal fer veure i poder explicar, amb aquesta, la conservació dels elements, les relacions de massa, la conservació de l'energia i el control que cal tenir per tal que la fusta no es cremi.
- Els alumnes de cada grup **presenten la seva maqueta** i *expliquen* què ha passat als altres grups, oralment. Responen les preguntes que els companys o els professors els fan. Les més rellevants es refereixen a la relació entre aquest fenomen i la combustió i a la identificació d'altres fenòmens similars que coneixen (per exemple, quan es descuiden pa a la torradora; la fusta que crema amb flames, on es produeix alhora piròlisi i combustió; o la combustió del carbó en una barbacoa, sense flames i amb formació de cendres). Han d'argumentar correctament

- A casa, els alumnes **escriuen individualment** una carta a alguna persona que han de caracteritzar (el germà petit, l'àvia, un amic, una amiga...) en la qual descriuen l'activitat i *justifiquen* els fenòmens que han estudiat i la manera de controlar-los, argumentant els diferents esculls amb què es poden trobar. En el document han d'utilitzar correctament els termes: substància simple i composta, element, àtom, enllaç. S'han de referir a la interacció entre substàncies en proporcions fixes i a la conservació de la massa i de l'energia en el canvi químic.

6.5. INSTRUMENTS I ACTIVITATS D'AVALUACIÓ

Utilitzem instruments d'avaluació formadora al llarg de tota la unitat, que ajuden els estudiants a adquirir els coneixements previstos i a regular el seu procés d'aprenentatge. Són els següents: una pauta de lectura, una base d'orientació per al treball experimental (les preguntes encadenades: què tinc, què faig, què passa, per què passa?) i per a l'argumentació (p. 39), la *v* heurística (p. 38). Podem posar també en aquest bloc els problemes de resolució voluntària i de discussió oberta entre els alumnes, al web (www.av.uab/química).

En l'avaluació de la unitat s'utilitzen els instruments següents: una pauta d'observació del treball experimental i de la participació en la discussió en grup (PTAI, figura 6); l'ús de la maqueta per explicar i per respondre preguntes (problemes); el text argumentatiu que presenten com a resultat de l'explicació amb la maqueta; la carta que escriuen, en què han de seleccionar tot allò que consideren rellevant amb relació a la resposta de la pregunta inicial *Es pot convertir la fusta en carbó?*

Els resultats es valoren de la manera següent:

- El text argumentatiu ha de tenir, com a mínim, un fet, unes dades, un nus argumentatiu (pros i contres) i una conclusió. A partir d'aquest mínim, hi ha tres nivells més de qualitat: la fonamentació de les dades, la de les dades i del nus argumentatiu i la justificació de les fonamentacions.
- La **carta** s'avalua en els aspectes següents, que es ponderen de l'1 al 4, i que ens ofereixen un «perfil» per a cada alumne i també, si escau, una nota.
 - a. Completesa: hi ha un nombre suficient de raons o causes.
 - b. Pertinença: les causes seleccionades són adequades (no hi ha errors conceptuals).
 - c. Precisió del llenguatge: utilitza les paraules adequades.
 - d. Veritat/Aplicabilitat: es relaciona el fenomen amb les seves aplicacions, amb senti crític.
 - e. Organització del text: hi ha una introducció, un desenvolupament i una conclusió.

- El PTAI és una pauta d'observació del treball experimental que ens proporciona informació sobre l'activitat al laboratori, que ha d'assolir un mínim, i per sota del qual l'alumne hauria de suspendre .
- La maqueta i les explicacions que se'n deriven es ponderen segons els aspectes següents:
 - a. Argumentacions, relació entre els fets i la teoria.
 - b. Control de canvis.
 - c. Capacitat de preveure nous fenòmens.
 - d. Aspectes retòrics, comparació amb altres fenòmens.

A cada un se li dóna una nota d'1 a 5, i es fa la mitjana. Si hi ha un error conceptual greu, l'alumne ha de repetir la feina.

Figura 6. PTAI. Inventari de resultats de laboratori (Tamir, 1991)

- 1.0. Planificació i disseny
 - 1.1. Formula una pregunta o defineix un problema que s'ha d'investigar.
 - 1.2. Prediu resultats experimentals.
 - 1.3. Formula hipòtesis.
 - 1.4. Dissenya un mètode d'observació o mesura.
 - 1.5. Dissenya un experiment.
 - 1.6. Prepara l'aparell necessari.

- 2.0. Realització
 - 2.1. Fa observacions i mesures.
 - 2.2. Fa servir aparells, inventa tècniques.
 - 2.3. Consigna resultats, dibuixa, descriu les observacions.
 - 2.4. Fa càlculs numèrics.
 - 2.5. Explica la tècnica experimental.
 - 2.6. Treballa segons la planificació.
 - 2.7. Supera obstacles.
 - 2.8. Cooperera amb els altres.
 - 2.9. Manté el laboratori endreçat.

- 3.0. Anàlisi i interpretació
 - 3.1. Recull els resultats dels formularis normalitzats.
 - 3.2. Interrelaciona, interpreta dades, treu conclusions.
 - 3.3. Determina l'exactitud de les dades experimentals.
 - 3.4. Defineix o examina les limitacions i/o les suposicions inherents a l'experiment.
 - 3.5. Formula o proposa una generalització o un model.
 - 3.6. Explica les troballes de la recerca i les interrelacions.
 - 3.7. Formula noves preguntes o defineix un problema basant-se en els resultats de la recerca.

- 4.0. Aplicació
 - 4.1. Fa prediccions basant-se en els resultats d'aquesta recerca.
 - 4.2. Formula hipòtesis basant-se en els resultats d'aquesta recerca.
 - 4.3. Aplica tècniques experimentals al nou problema o variable.
 - 4.4. Suggereix idees o maneres de continuar la recerca.

La taula resum que presentem a continuació permet visualitzar la integració entre el saber i el fer propis de la disciplina (aspectes dels quals apareixen en les files) i el ser i l'estar que els estudiants han d'aportar amb la seva participació conscient i motivada en les activitats que s'han dissenyat (en les columnes). En les cruïlles hi conflueixen les quatre dimensions i és aquesta confluència la que avaluem, si disposem de l'eina necessària. Per simplificar, hem situat en la cruïlla l'instrument que considerem que permet avaluar algun dels aspectes més fins de la competència general que es vol desenvolupar amb aquesta activitat, que és proporcionar una explicació científica d'un fenomen quotidià i poder comunicar-la de manera eficaç a diferents audiències amb intenció educativa.

Els aspectes cognitius que s'han seleccionat concreten el contingut de les competències dels graus i són els següents: 1. Relacionar fets i relacionar informacions; 2. Utilitzar instruments per controlar els canvis; 3. Imaginar entitats, resoldre dubtes (enigmes); 4. Interpretar indicis (relació entre fets i teoria); 5. Argumentar, explicar; 6. Formular i respondre preguntes.

Els aspectes personals i socials que es treballen en les activitats proposades són: 1. Expressar-se per escrit per fer-se entendre; 2. Adquirir informació a partir de narracions i aplicar les ciències a les professions; 3. Elaborar recursos materials (una maqueta) per aprendre i per explicar; 4. Treballar cooperativament al laboratori per experimentar i per construir artefactes; 5. Expressar-se oralment i fer preguntes.

Taula resum. El domini del pensament abstracte químic amb el qual poder relacionar fenòmens, intervenir-hi i controlar-los amb l'ajuda d'instruments i artefactes i la discussió amb iguals; i poder-los representar per fer-los entendre als altres

Proporcionar una explicació científica als fenòmens quotidians						
	Relació entre fets i informacions	Control i ús d'instruments	Explicar i imaginar entitats	Interpretar indicis	Argumentar	Formular i respondre preguntes
1			Carta		Pautes d'escriptura	Web
2	Pautes de lectura					
3	Explicació de la maqueta	Canvis de la maqueta	Carta		Argumentació	
4	Fer preguntes	PTAI Muntatge V de Gowin Base d'orientació		PTAI		
5			Organitzar el grup	Joc de rol	Joc de rol «carbonera»	Comentar articles de diari

6.6. REFLEXIONS FINALS

L'objectiu de la unitat és introduir el pensament químic de manera que resulti útil per interpretar el món quotidià. La tasca realitzada ens ha permès identificar millor els seus components, entre els quals els que podien ser avaluats perquè s'ensenyaven i es disposava d'instruments adequats.

Hem vist que la competència que s'espera que els estudiants hagin adquirit, formulada de manera més detallada, és el *domini del pensament abstracte químic amb el qual poder relacionar fenòmens, intervenir-hi i controlar-los amb l'ajuda d'instruments i artefactes i la discussió amb iguals; i poder-los representar per fer-los entendre als altres*. I que podem reinterpretar les subcompetències que apareixen en els documents oficials com els components d'aquesta competència global, que són:

- Revisar els models clau de les ciències per tal d'interpretar fets de la vida quotidiana i aplicar-los a l'explicació de fenòmens similars que tenen lloc en contextos diversos.
- Augmentar el nivell de reflexió sobre el mateix procés d'aprenentatge científic.
- Comprendre els marcs teòrics que possibiliten el desenvolupament d'accions responsables i sostenibles.
- Comprendre els principis bàsics i les lleis fonamentals de les ciències experimentals.
- Plantejar i resoldre problemes associats a les ciències en la vida quotidiana.
- Treballar en equip i amb equips.
- Mantenir una actitud de respecte al medi natural, social i cultural.

En l'examen final es pot recuperar l'aprenentatge fet en aquesta amb preguntes com les següents:

En una trobada d'amics al camp s'encén la llar de foc i es cou carn a la barbacoa. Es comenta que és difícil trobar un escura-xemeneies i que per això al veí se li va encendre la xemeneia fa uns quants dies. Algú comenta que li crida l'atenció que el carbó de la barbacoa no faci flames, com ho fa la fusta quan es crema, tot i que la fusta es va convertint en carbó.

- a. Quina relació hi ha entre les flames de la llar de foc i el perill d'incendi de la xemeneia?
- b. Quina relació hi ha entre la fusta i el carbó?
- c. Per què no hi ha flames quan es crema el carbó?

7. ACTIVITAT D'APRENTATGE BASAT EN PROBLEMES A LA TITULACIÓ DE BIOLOGIA DE LA UPF

Mar Carrió Llach

7.1. CONTEXT

L'aprenentatge basat en problemes als estudis de Biologia de la UPF és una activitat col·lectiva de tota la titulació. Es va introduir el curs 2003-2004 amb motiu del projecte pilot d'adaptació de la titulació de Biologia al model de Bolonya. Es duu a terme durant els quatre cursos dels estudis de Biologia, com una activitat integradora de les assignatures del curs. Una part de la docència de cadascuna de les assignatures (20%) s'imparteix a través d'aquestes activitats. Tot el professorat hi està implicat i està dirigida per un grup de treball que es va crear per coordinar i donar suport al professorat en la introducció de la nova activitat.

7.2. OBJECTIUS DE L'ACTIVITAT

Tots els objectius d'aprenentatge que es pretenen assolir en aquesta activitat es poden agrupar en la competència següent:

Ser capaç d'identificar i resoldre problemes complexos de la biologia que impliquen relacionar diferents àrees de coneixement.

- Desenvolupar la capacitat de resoldre problemes complexos i interdisciplinaris. Identificar les disciplines des de les quals es pot afrontar un problema.
- Formular bones preguntes que condueixin a possibles solucions. Identificar els coneixements necessaris per resoldre un problema.
- Donar resposta a les preguntes formulades basant-se en evidències.
- Relacionar i integrar coneixements apresos en les diferents assignatures que es cursen durant els estudis de Biologia en situacions contextualitzades.
- Desenvolupar competències transversals, com ara l'expressió oral i escrita, el treball en equip i la cerca crítica d'informació.

Descripció de l'activitat

Els alumnes es divideixen en grups d'entre vuit i deu persones i aquests són supervisats per un tutor. Els grups es mantenen durant cada curs acadèmic i els tutors solen ser diferents per a cada problema. Els membres del grup tenen tasques rotatòries durant el curs, com a coordinadors i editors.

L'activitat és interdisciplinària i, per tant, els problemes plantejats sempre tenen objectius d'aprenentatge de diverses assignatures. Els casos es presenten contextualitzats en situacions reals molt diverses i això fa que generalment siguin problemes complexos, que no presenten una única solució. Els contextos que es plantegen són molt diversos, des de casos de recerca en un laboratori, notícies relacionades amb la biologia, situacions problemàtiques en un context quotidià, casos clínics, etc. En l'annex 4.1. podem veure un dels problemes de primer curs de Biologia, que inclou continguts de botànica i bioquímica, i en què es presenta una situació quotidiana, en un format teatral.

Durant el curs, els estudiants han de resoldre nou problemes. El procés de resolució de cada problema dura entre dues setmanes o tres, excepte en aquells casos en què la resolució implica fer una part experimental, que llavors s'adapta a les necessitats específiques de l'activitat. Cada setmana, els grups es reuneixen dues vegades dues hores, una amb tutor i una sense tutor.

La dinàmica de les sessions és la següent:

Per a cada problema, els estudiants han de fer un treball de grup. Durant el primer curs fan un informe de tancament del problema molt pautat, en què han d'explicar l'anàlisi del cas, l'estratègia de resolució, el desenvolupament i les conclusions (més endavant ho descrivim amb més detall). A partir del segon curs, fan diferents tipus de treballs, en funció de cadascun dels problemes: exposicions orals, articles de recerca, articles de revisió, exàmens orals de grup, protocols, etc.

Sessions	Tutoria	Dinàmica de les sessions
Sessió 1	Sí	<ul style="list-style-type: none"> ■ Llegir i debatre el cas. ■ Identificar els aspectes rellevants del cas. Formular preguntes i fer una llista dels objectius d'aprenentatge. ■ Fer un pla de treball.
Sessió 2	No	<ul style="list-style-type: none"> ■ Posar en comú la recerca que s'ha fet individualment i intentar respondre les preguntes formulades.
Sessió 3	Sí	<ul style="list-style-type: none"> ■ Debatre amb el tutor les estratègies de resolució del problema i aclarir dubtes conceptuals o de la recerca bibliogràfica. ■ Aprofundir una segona part del problema. ■ Formular noves preguntes i identificar nous objectius d'aprenentatge. Fer un pla de treball.
Sessió 4	No	<ul style="list-style-type: none"> ■ Posar en comú la nova recerca que s'ha fet individualment i intentar respondre les noves preguntes formulades.
Sessió 5	Sí	<ul style="list-style-type: none"> ■ Debatre amb el tutor la resolució final del problema i fer un repàs de tot allò que s'ha après durant la resolució del problema.
Sessió 6	No	<ul style="list-style-type: none"> ■ Preparació del treball de grup.
Sessió 7	Sí	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sessió plenària que es realitza després del lliurament i de l'avaluació del treball per comentar com han resolt el problema els diferents grups i fer un tancament del cas.

7.3. INSTRUMENTS D'AVALUACIÓ

Primer curs

Treball de grup: informe de tancament d'un cas

Treball individual: anàlisi individual d'un cas

Segon curs

Treball de grup: informe de tancament d'un cas, presentacions orals

Treball individual: anàlisi individual d'un cas

Tercer curs

Treball de grup: redacció d'un article de recerca, presentacions orals

Treball individual: anàlisi individual d'un cas, manipulació al laboratori (pautes d'observació)

Quart curs

Treball de grup: redacció d'un article de revisió, examen oral, presentacions orals

Treball individual: anàlisi individual d'un cas

Durant tots els estudis

Cal presentar en finalitzar els estudis: portafoli

Els estudiants reben unes pautes per elaborar tots els treballs que es fan en aquesta activitat. Durant els primers cursos, aquestes pautes són molt més guiades i tancades, i els últims cursos, més obertes. També se'ls proporcionen unes pautes sobre com seran avaluats, de manera que ells puguin autoavaluar-se.

a. Informe de tancament d'un cas

Pautes per elaborar l'informe de tancament d'un cas

Durant el primer i part del segon cursos, els estudiants elaboren un informe de tancament de cas per a cadascun dels problemes que treballen.

L'objectiu d'aquest informe és explicar de forma breu quins han estat els objectius d'aprenentatge que s'han identificat en el procés de resolució del problema i com s'ha resolt.

Les pautes que es donen per fer aquest informe són les següents:

L'informe de tancament ha de tenir una extensió màxima de 15 pàgines i ha de contenir les parts següents:

- **Caràtula:** full en què s'ha d'incloure el títol i el número de l'ABP, el grup, el curs i l'any acadèmic (una pàgina).
- **Índex:** llista dels apartats de l'informe, en què s'han d'especificar les pàgines corresponents.
- **Document d'acceptació:** cada membre del grup ha de signar un full manifestant que ha participat en la redacció, que l'ha llegit i que està d'acord amb el contingut (aproximadament una pàgina).
- **Full de distribució de tasques:** full en què s'han d'especificar les tasques que ha desenvolupat cada membre del grup en cadascuna de les parts de l'informe. Per exemple, cal concretar qui ha estat el coordinador del grup, l'editor, la informació que ha buscat cada persona, etc. (aproximadament una pàgina).
- **Presentació:** explicació breu de quina és la situació que es planteja i quina importància té resoldre-la (aproximadament mitja pàgina).

- **Desenvolupament:** exposició de com s'ha enfocat el cas i quina estratègia de resolució s'ha seguit (aproximadament una pàgina).

- Anomenar les idees fonamentals que s'han identificat en el cas plantejat i els conceptes bàsics que s'han de saber per resoldre'l.
- Indicar les preguntes que s'han plantejat en les sessions de tutoria i de grup i/o les hipòtesis que han sortit.
- Explicar la planificació que s'ha fet per resoldre el problema: llistar tots aquells temes que s'han d'estudiar per entendre bé el cas i seleccionar el material que s'ha de cercar.

- **Anàlisi:** explicar breument les diferents dades que s'han utilitzat per analitzar la situació problemàtica, ja siguin coneixements teòrics, resultats experimentals, càlculs de dades, etc. (màxim sis pàgines).

El material que es presenta a l'anàlisi és el que s'ha d'utilitzar per argumentar les conclusions finals. Així, doncs, solament s'ha de mencionar la informació que s'ha utilitzat per discutir el problema, no tota la que s'hagi consultat durant l'ABP.

- **Conclusió:** donar una explicació ben argumentada de les preguntes que planteja el problema i les que han sortit en les sessions de discussió. Per això s'hauran de relacionar els diferents conceptes teòrics que s'han treballat i saber-los utilitzar en el context del problema. Cal també descriure les conclusions a què s'ha arribat sobre el problema durant les sessions d'ABP (màxim dues pàgines).

- **Bibliografia:** (aproximadament una pàgina). Dins d'aquest apartat hi ha els dos subapartats següents:

- Bibliografia utilitzada:
 - Les citacions hauran d'anar incloses en el text i s'hauran de citar segons les normes de Vancouver.
 - Si s'han utilitzat articles de revisió o de recerca, s'hauran d'annexar en el treball.
- Cerca crítica d'informació: explicar de manera breu i concisa els aspectes següents relacionats amb la cerca crítica d'informació.
 - Explicar l'estratègia de cerca que s'ha utilitzat.
 - Descriure els criteris que s'han utilitzat per avaluar la bibliografia seleccionada (utilitzar la pauta d'avaluació de les fonts d'informació).
 - Anomenar la bibliografia desestimada i justificar per què s'ha desestimat (utilitzar la pauta d'avaluació de les fonts d'informació).
 - Anomenar quina ha estat la font d'informació més rellevant per fer el treball (article, capítol d'un llibre, pàgina web, etc.).

Taula 5. Pautes per a la correcció de l'informe

Subcompetències	Criteris	Puntuació
Definició del problema (presentació)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Identificar el problema i exposar-lo de manera sintètica i clara ■ Identificar els conceptes que es necessiten per resoldre el problema 	0,1
Identificació dels conceptes bàsics i planificació de la resolució del problema (desenvolupament)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bona organització, distribució equitativa de tasques en el grup (vegeu la graella de distribució de tasques dels alumnes) 	
Continguts teòrics utilitzats per a la resolució del problema (anàlisi)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Qualitat i profunditat dels continguts ■ Claredat en la presentació dels continguts ■ Integració dels continguts de les diferents assignatures 	0,2
Anàlitzar la informació recollida (anàlisi)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Presentar les dades de manera sintètica i ordenada ■ Coherència entre les dades trobades i les conclusions finals ■ Interpretar correctament les dades experimentals 	0,1
Argumentació de la resposta (conclusions)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Donar una resposta al problema plantejat, de manera clara i concisa ■ Aplicar els coneixements que s'han après durant les sessions de l'ABP ■ Raonament crític 	0,1
Presentació del treball Recerca bibliogràfica	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bona redacció i correcció lingüística, ús del llenguatge científic ■ Bona presentació formal de l'informe ■ Complir les pautes descrites per a l'informe de grup ■ Criteris utilitzats en la cerca d'informació (pauta) ■ Ús correcte de les fonts d'informació 	0,1

b. Presentacions orals

Alguns dels problemes es tanquen amb una presentació oral dels membres del grup. A la comunicació, els estudiants han d'explicar com han treballat el cas i quins continguts han après durant el seu procés de resolució.

En aquest cas, les pautes que se'ls dona són força obertes, se'ls demana que presentin tots els temes que han treballat en una exposició de 15 minuts i que vagi acompanyada amb un suport en PowerPoint. Tots els membres del grup han d'estar preparats per fer la presentació, ja que el dia abans de fer-la se sorteja qui serà el portaveu del grup.

Un cop acabada la presentació, els avaluadors fan preguntes sobre el treball realitzat a tots els membres del grup i es discuteix sobre el tancament del cas i el treball fet.

En l'avaluació es tenen en compte el procés de resolució el cas, la qualitat dels continguts, l'estructura dels continguts a la presentació, la gestió del temps i el suport gràfic utilitzat.

c. Redacció d'articles científics

En els problemes que es resolen experimentalment (tercer i quart cursos) es demana als estudiants que escriguin un article de recerca comunicant els seus resultats i la seva contribució a la comunitat científica. Un cop han acabat l'activitat (el treball experimental, l'anàlisi dels resultats obtinguts al laboratori i la discussió de les conclusions amb el tutor), cada grup ha d'escriure un article, tal com ho hauran de fer en un futur aquells estudiants que es dediquin a la recerca biomèdica.

Les pautes que se'ls dóna segueixen la normativa real d'una revista especialitzada.

S'han establert uns criteris d'avaluació, en què es valoren positivament els aspectes següents:

- Que el títol sigui curt i representatiu dels resultats obtinguts.
- Que el resum sigui concret i indiqui els principals resultats i les conclusions.
- Que la descripció dels materials i mètodes sigui concisa fins al punt que permeti reproduir els experiments.
- Que les figures estiguin ben dissenyades i siguin clares.
- Que els resultats dels experiments estiguin ben descrits i siguin comprensibles.
- Que les conclusions no siguin una enumeració dels resultats, sinó el comentari dels aspectes més innovadors o més controvertits i les seves implicacions.
- La bibliografia sigui adient i es basi en les asseveracions fetes.

d. Redacció d'articles de revisió

En altres casos, en què els estudiants han de fer una recerca bibliogràfica sobre l'estat actual d'un tema determinat, es demana que escriguin articles de revisió. L'escriptura de textos destinats a explicar un tema específic és una eina que s'utilitza amb freqüència tant en l'àmbit de la recerca com en altres activitats professionals relacionades amb la biologia. Per aquesta raó es considera necessari que els estudiants comencin a familiaritzar-se amb el procediment i les dificultats d'aquesta redacció. Les pautes que se'ls dóna per escriure aquest tipus d'articles també estan d'acord amb la normativa real d'una revista especialitzada en l'àmbit de coneixement que correspon.

Els criteris d'avaluació establerts tenen en compte igualment els aspectes de contingut i de forma (cal recordar que els continguts també són avaluats en els exàmens tradicionals):

Aspectes de contingut:

- Qualitat de la informació aportada
- Claredat en la presentació dels continguts

Aspecte formals:

- Adaptació del treball a la normativa editorial de la revista
- Qualitat de redacció
- Elaboració de bibliografia

e. Anàlisi individual d'un cas

En finalitzar el trimestre, els estudiants fan un exercici d'anàlisi d'un cas contextualitzat. A vegades se'ls demana que identifiquin preguntes, formulin hipòtesis, que donin una explicació al fenomen que descriu el cas o bé que prenguin una decisió d'acord amb els coneixements i les dades que tenen.

Exemple de l'anàlisi d'un cas

Identifica quatre preguntes de botànica en el text següent i explica'n una breument en funció dels coneixements que tens de l'assignatura.

Durant el mes de febrer de 1547, una caravel·la espanyola surt rumb a Flandes. La travessa havia de durar més d'un mes. Durant la càrrega de la nau el capità indica al cap de cuina: «Emmagatzemi els sacs de pomes al costat dels de patates, lluny dels llums de gas, es conservaran millor les patates. Vagi en compte amb les pomes, pugi al menjador les que estiguin madures, són més nutritives, i si n'hi ha alguna de podrida llenci-la ràpidament a la brossa. Emmagatzemi tres sacs de blat en un lloc sec, els guardarem per fer pa, i conservi'n un altre en el lloc més fred i humit de la bodega, els anglesos volen aquestes llavors per cultivar el seu propi blat i poder fer la collita aquest estiu».

f. El portafoli

El portafoli de l'estudiant és una recopilació d'informació i documentació representativa d'un procés d'aprenentatge. Es tracta d'un instrument de formació que inclou l'anàlisi i la reflexió sobre l'actuació feta i el disseny de plans de millora, elements bàsics que capaciten per a l'autoaprenentatge i la formació continuada en el futur professional.

És a la vegada un instrument d'acreditació, ja que permet al qui aprèn mostrar què ha après i com ho ha après, d'una manera molt personal i completa, tot documentant-ho amb material representatiu.

Durant els cinc anys dels estudis de Biologia de la UPF, els estudiants han d'elaborar un portafoli de quatre competències transversals:

- Comunicació oral davant d'un auditori
- Comunicació escrita
- Cerca d'informació i ús de les noves tecnologies
- Treball en equip

Com s'estructura el portafoli de l'estudiant?

- El portafoli s'estructura en quatre parts, una per cada competència. En cada apartat hi ha dues parts:
- Un informe escrit d'una pàgina sobre l'experiència viscuda en cada competència durant els anys de la carrera. Hi ha de constar:
- Què s'ha après i com s'ha après. Fa referència als aspectes concrets de cada competència apresada durant aquests anys (a la universitat i/o fora d'aquesta) i a l'activitat o activitats que han facilitat aquest aprenentatge.
- Els punts forts o aspectes que han estat més assolits de cada competència.
- Els intents de millora practicats. Les millores es planifiquen en les diferents reunions amb el tutor del portafoli. Quan es planifica la millora és bo de preveure com es pot documentar.
- En una segona part s'ha d'aportar material representatiu per documentar les afirmacions fetes en l'informe de cada competència. Cal relacionar els punts forts i les millores referides amb el material representatiu que ho constati. Aquest material pot ser en format de paper, una gravació de vídeo o qualsevol altra evidència que l'alumnat consideri oportuna.

Qui dóna suport a l'elaboració del portafoli?

Cada estudiant té un tutor, que està a la seva disposició en l'elaboració del portafoli i que supervisa el seu treball.

Qui avalua el portafoli i com?

El portafoli és avaluat per les persones responsables del projecte (Oficina de Coordinació i Avaluació Acadèmica). Hi ha dues qualificacions possibles:

- Superat: el portafoli es presenta el dia establert, i està complet, amb tots els apartats demanats i amb els mínims requerits.
- No superat: si no es presenta el portafoli el dia establert o no assoleix els mínims requerits.

Contingència a la nota dels diferents tipus d'avaluació

L'avaluació de l'activitat d'ABP és conjunta per a totes les assignatures i representa el 10% de totes i cadascuna de les assignatures del trimestre.

Per a cadascun dels problemes, els alumnes són avaluats de dues maneres:

- Treball de grup (informe de tancament d'un cas, presentacions orals, elaboració d'articles, exàmens orals, etc.): 60%.
- Anàlisi individual d'un cas: 40%.

A banda d'això, a través del portafoli, s'avalua els alumnes de manera qualitativa, i com han anat millorant en les competències transversals al llarg dels quatre cursos de la titulació. Les competències transversals que s'acrediten són:

- Expressió oral.
- Expressió escrita.
- Treball de grup.
- Ús de les noves tecnologies i cerca crítica d'informació.

Taula resum. En la primera fila de la taula es recullen els objectius d'aprenentatge (que considerem «elements de la competència») i en la primera columna es dona una llista de les activitats que fan els estudiants. En les cruïlles especifiquem els instruments que han permès avaluar els diferents elements de la competència; aquests instruments són també, en molts casos, instruments d'aprenentatge.

7.4. REFLEXIONS FINALS

L'avaluació és una de les àrees que presenten més dificultat a l'ABP, ja que es pretén avaluar la capacitat d'identificar i resoldre problemes complexos que impliquen relacionar diferents àrees de coneixement en grup, però també la capacitat de dirigir el propi aprenentatge i adquirir coneixements de manera autònoma.

Per això creiem que és molt important en l'avaluació de l'ABP combinar un sistema d'avaluació grupal amb un d'individual. En el nostre cas, s'ha optat per utilitzar l'elaboració de treballs de caràcter professional per a l'avaluació grupal i l'anàlisi d'un cas contextualitzat per a l'avaluació individual, en què els estudiants han de demostrar tant els coneixements adquirits en l'activitat, com la capacitat de transferir aquests coneixements en diferents contextos. D'altra banda, els coneixements que s'adquireixen a través de l'ABP també són avaluats en les avaluacions sumatòries de les diferents assignatures.

D'altra banda, l'experiència d'utilitzar el portafoli per a l'avaluació de les competències transversals ha estat molt positiva i considerem que és un instrument molt adequat per donar suport al seu desenvolupament, ja que ajuda a reflexionar sobre l'evolució personal en una competència determinada amb la intenció de millorar-la i s'adquireixen eines per a l'autoaprenentatge. Al mateix temps, el portafoli també permet acreditar, a través de documents representatius, el grau d'assumpció de la competència en qüestió.

Taula resum. Ser capaç d'identificar i resoldre problemes complexos de la biologia que impliquen relacionar diferents àrees de coneixement

	Relacionar teories amb contextos reals	Adquisició continguts teòrics	Formular preguntes	Formular hipòtesis	Analitzar dades	
Sessions de tutoria	X	X	X	X	X	
Estudi individual		X A/EC			X	
Sessions de treball de grup	X	X	X	X	X	
Elaboració d'informe	X		X A/PA	X A/PA	X A/PA	
Elaboració d'articles de revisió	X					
Elaboració d'articles de recerca	X				X A/PA	
Presentacions orals	X					
Examen oral	X					
Anàlisi d'un cas	X AC	X AC	X AC	X AC	X AC	

A = avaluació

P = portafoli

PA = pautes d'avaluació dels treballs

CCI = pauta de cerca crítica d'informació

EC = exàmens convencionals (PEM i assaig)

AC = avaluació de l'anàlisi d'un cas

Sintetitzar	Argumentar	Expressió oral	Expressió escrita	Treball en equip	Cerca crítica d'informació	Gestió del temps
	X	X A/P		X		X
X					X	X
X	X	X		X A/P	X	X A/P
X A/PA	X A/PA		X A/PA/P		X A/CCI	X
X A/PA			X A/PA/P		X A/CCI	X
X A/PA	X A/PA		X A/PA/P		X A/CCI	X
X A/PA	X A/PA	X A/P			X A/CCI	X A/PA
X A/PA	X A/PA	X A/PA/P			X A/CCI	X
X AC	X AC					

8. AVALUACIÓ DE LA COMPETÈNCIA EN L'ÚS DEL LLENGUATGE DE LES MATEMÀTIQUES

Jaume Moncasi

8.1. INTRODUCCIÓ

Molts estudiants de primer curs de titulacions de ciències i d'enginyeries sovint perceben les matemàtiques com una matèria de dificultat insuperable i l'abandonen al cap de poques setmanes després d'haver començat el curs. Les causes són diverses i motiu de debat en les titulacions. Probablement, la primera, encara que segurament no la més important, és la diferència de llenguatge expositiu respecte a l'ensenyament secundari. El llenguatge en què s'expressa la teoria matemàtica és molt específic, propi de la disciplina, en què els termes volen dir exactament allò que diu la seva definició, ni més ni menys. Partim del fet que l'estudiant, en començar el curs, està preparat per manipular algebraicament expressions simbòliques, però ha d'aprendre a llegir i interpretar correctament els enunciats matemàtics, amb demostracions, o no, segons els objectius de la titulació, i, en un segon pas, ha d'expressar de manera apropiada els seus raonaments. Tenint en compte les particularitats de cada titulació, aquest hauria de ser un objectiu dels primers cursos i, per tant, avaluable.

En les titulacions en què les matemàtiques tenen un paper vehicular cal aconseguir que l'estudiant analitzi i interpreti el sentit de les fórmules i les expressions, les posi a prova en casos concrets i s'adoni de quina manera el poden ajudar a fer prediccions. Es tracta de no «saltar-se» la part matemàtica dels textos científics, sinó, al contrari, saber-la llegir i interpretar, i utilitzar el llenguatge per expressar amb precisió els arguments propis. Per llegir i interpretar no cal conèixer totes les demostracions, segurament amb algunes, les més formatives o les que aportin eines per treballar en casos pràctics, n'hi ha prou, però s'hauria d'evitar convertir el curs en un simple receptari, que només portaria a un ús d'esma de les matemàtiques.

Per a l'estudiant de la titulació de Matemàtiques, en canvi, el domini del llenguatge, entès també com la utilització correcta d'arguments lògics, és una qüestió essencial, d'ofici, que cal afrontar des del primer moment. En el nou grau de Matemàtiques de la UAB, aquesta competència s'ha assignat especialment en l'assignatura de Fonaments de matemàtiques, que és la que tractarem aquí.

8.2. CONTEXT DOCENT

L'assignatura de Fonaments de matemàtiques és una assignatura del nou títol de grau de Matemàtiques de la UAB, que ha començat aquest curs 2008-2009. És una assignatura obligatòria del primer quadrimestre del primer curs, de nou crèdits ECTS. Comença amb 10 hores setmanals de docència presencial durant cinc setmanes (cinc hores de teoria, tres de problemes i dues de seminari), per tal de fer els conceptes bàsics que s'utilitzen en totes les altres matèries. La resta del quadrimestre, la presència baixa a quatre hores setmanals (dues de teoria, una de problemes i una de seminari).

8.3. OBJECTIUS

A més de treballar perquè l'alumne assoleixi els coneixements de contingut (essencialment, llenguatge de conjunts i aplicacions, conjunts infinits, aritmètica d'enters i de polinomis), en l'assignatura es treballen també algunes de les competències del nou títol de grau. Entre les competències generals hi ha:

- G4: capacitat de transmetre coneixements, procediments, resultats i idees matemàtiques.
- G5: desenvolupament d'habilitats d'aprenentatge necessàries per emprendre estudis posteriors amb autonomia.

I entre les subcompetències específiques:

- E1: comprendre i utilitzar el llenguatge matemàtic.
- E2: identificar les idees essencials de les demostracions d'alguns teoremes bàsics i saber-les adaptar per obtenir altres resultats.
- E4: calcular i reproduir determinades rutines i processos matemàtics amb agilitat.
- E6: formular hipòtesis i imaginar estratègies per confirmar-les o rebutjar-les.
- E7: distingir en un problema o situació allò que hi ha de substancial del que només és circumstancial.
- E10: demostrar una capacitat elevada d'abstracció.
- E11: demostrar de manera activa una preocupació elevada per la qualitat en el moment d'argumentar o exposar les conclusions dels treballs.
- E12 : treballar en equip.
- E13: aplicar esperit crític i rigor per validar o rebutjar arguments propis o d'altri.

Encara que aquestes competències es treballaran durant tot el grau, a primer curs cal tenir especial cura de E1, E2 i E4 perquè del seu assoliment dependrà en bona mesura el posterior progrés. La diferència entre el mètode de treball de les matemàtiques a les aules de secundària on l'alumne sobretot calcula i «fa» i el mètode expositiu dels cursos de teoria del grau, amb l'exigència d'entendre, raonar i explicar, provoca sovint desorientació i inseguretat en alumnes que havien destacat en les assignatures de matemàtiques anteriors. L'activitat de tutoria que es descriu a continuació és una activitat de titulació ja que es fa en totes les assignatures de primer curs del grau de Matemàtiques de la UAB i va dirigida a estudiants que comencen el grau.

8.4. ACTIVITATS D'APRENENTATGE

Discutir, corregir, criticar el treball, en definitiva, parlar amb l'alumne és l'eina d'aprenentatge més eficaç d'una matèria teòrica. Una pràctica útil per aconseguir que l'estudiant s'atreveixi a pensar i a escriure exercicis és el lliurament i una entrevista posterior sobre alguns d'aquests. L'alumne, individualment o en grup, lliura els exercicis i se'n queda una còpia per preparar l'entrevista, que proporciona l'oportunitat d'explicar i corregir allò que ha pensat i ha escrit. D'aquesta manera, el llenguatge esdevé més familiar i adquireix contingut, i ajuda a superar les primeres dificultats. Naturalment, el tipus d'exercicis que es proposa a l'alumne depèn del moment del curs. En l'assignatura de Fonaments de matemàtiques (com en totes les de primer curs), l'alumne fa dos lliuraments de quatre o cinc exercicis cadascun durant el quadrimestre, el primer individualment, i el segon, en grup. En el primer, com dèiem abans, incidim sobretot en les qüestions de llenguatge, d'argumentació lògica, d'ús correcte dels símbols matemàtics, mentre que en el segon, els exercicis són de contingut més específic i es requereix més imaginació per resoldre'ls. La correcció de l'exercici davant de l'alumne permet discutir amb ell els seus arguments i fer-li palès tot allò que considerem important per a una bona exposició.

A manera d'exemple, en el primer lliurament de l'assignatura de Fonaments de les matemàtiques, tractem sobre els punts següents:

a. Exercicis d'inducció matemàtica

Es tracta d'entendre com utilitzar el mètode d'inducció en demostracions, imitant els exemples que s'han fet en la teoria.

b. Exercicis sobre conjunts i aplicacions

Es tracta d'utilitzar correctament el llenguatge de conjunts i d'aplicacions: sentit correcte de les implicacions, relacions de pertinença i contingut, distinció entre aplicacions injectives i exhaustives, etc. Proposem enunciats que l'alumne ha de decidir si són certs o falsos i demostrar-ho, aprenent el sentit d'un contraexemple (per exemple: la imatge d'una intersecció de conjunts per a una aplicació és la intersecció de les imatges? o l'antiimatge d'una unió de conjunts per a una aplicació és la unió de les antiimatges?).

c. Exercicis sobre permutacions

El concepte de correspondència bijectiva per comparar conjunts, de composició d'aplicacions i d'ordre i transformacions cícliques es treballa a través d'exercicis en què l'alumne ha d'adaptar els resultats de teoria (per exemple: resoldre equacions amb potències de permutacions que cal discutir segons els possibles ordres de les permutacions).

d. Exercicis sobre relacions d'equivalència i conjunt quocient

La idea de classificar objectes segons una propietat i identificar tots els que pertanyen a la mateixa classe es treballa en casos concrets. Entendre el conjunt quocient requereix una certa capacitat d'abstracció, que és difícil per a l'estudiant que comença (per exemple: a partir d'una relació d'equivalència concreta, es demana definir aplicacions del conjunt quocient a un altre conjunt, argumentant especialment si l'aplicació està ben definida).

8.5. INSTRUMENTS D'AVALUACIÓ

Els instruments d'avaluació són el text lliurat per l'alumne i l'entrevista amb el professor sobre aquest. Pel que fa a la qualificació de l'assignatura, la nota obtinguda amb aquestes dues pràctiques representa el 25% de la nota total.

Alguns dels aspectes que tenim en compte durant la tutoria són:

■ Comprensió d'enunciats matemàtics.

Com dèiem en la introducció, la comprensió d'enunciats escrits en el llenguatge habitual de les matemàtiques sol ser el primer cop que l'alumne ha de fer-ho i, segurament, és la primera dificultat en què es troba. Durant la tutoria esbrinem si ha entès correctament l'enunciat (quina és la pregunta, quines són les condicions...) i també si ha entès els enunciats de teoria que utilitza en la resolució dels exercicis.

■ Resolució dels exercicis

Mirem, a més de si els exercicis estan ben resolts, si s'han distingit les idees essencials en la solució que es proposa i si l'expressió (ús de la notació matemàtica, ordre lògic en l'exposició dels arguments) és correcta.

8.6. REFLEXIONS FINALS

En els punts anteriors hem parlat de les competències del títol de grau de Matemàtiques de la UAB que es treballen en l'assignatura de Fonaments de matemàtiques. Algunes són competències bàsiques per a l'aprenentatge i la comunicació, com ara la competència E1 —comprendre i utilitzar el llenguatge matemàtic—, altres són part de la formació, d'allò que en podríem dir l'ofici, i requereixen més temps i més assignatures, com ara la E6 —formular hipòtesis i imaginar estratègies per confirmar-les o rebutjar-les—, o la E7 —demostrar una capacitat elevada d'abstracció.

L'avaluació de les competències, però, cal fer-la dins dels continguts i en el context del curs. L'objectiu és que l'alumne «apregui» la teoria i «resolgui» problemes. No serveix de res que un problema estigui ben escrit si està mal resolt: avaluarem positivament que estigui matemàticament ben escrit sempre que el problema estigui ben resolt. Encara que no està formulat en forma de competència, la correcta expressió matemàtica sempre s'ha exigit i buscat en els cursos de la titulació de Matemàtiques, però això només té sentit d'avaluar-ho en el context del que s'ha après. Aprendre a treballar en grup segurament serà interessant per a l'activitat professional que desenvoluparà el graduat, però no és un objectiu essencial d'un curs de matemàtiques.

Enunciar competències ha de servir per treballar els continguts científics buscant, a més del saber, el saber fer, els components que es refereixen a l'activitat dels estudiants i a la seva capacitat de reflexionar sobre el que fan, amb les sessions de tutoria.

Taula resum. L'ús del llenguatge de matemàtiques

	G4	E1	E2	E4
Capacitat d'entendre enunciats		Text/ Entrevista		
Comunicació escrita	Text	Text		Text
Comunicació oral		Entrevista		
Autoavaluació: anàlisi i revisió				
Treball de grup (si escau)				
Debat amb el professor		Entrevista	Entrevista	

	E6	E7	E10	E11	E12	E13
	Text/ Entrevista					
	Text		Text			
				Text/ Entrevista	Entrevista	
		Entrevista				Entrevista

9. AVALUACIÓ DE COMPETÈNCIES EN INFORMÀTICA: ESTUDI I RESOLUCIÓ D'UN CAS SOBRE FONAMENTS DE COMPUTADORS

Dolores Rexachs

9.1. INTRODUCCIÓ

En molts plans d'estudi de matemàtiques i ciències trobem les assignatures Introducció a la informàtica, o Informàtica, però és important tenir en compte que és necessari contextualitzar l'assignatura en cada grau.

Aquesta assignatura normalment incorpora un bloc dedicat a analitzar els fonaments dels computadors.

Un dels objectius del professor és motivar els estudiants per a una matèria que no veuen pròpia del seus estudis, de manera que compreguin que els serà útil. L'activitat que es presenta està relacionada amb els dos primers temes que permeten tenir una visió global de conceptes generals dels sistemes de còmput i dels problemes que es plantegen per a la representació de la informació en suport digital. És important que l'estudiant sàpiga com triar i aplicar la millor solució per a cada tipus de problema o àmbit.

9.2. CONTEXT DOCENT

Aquesta proposta es pot dur a terme en el marc de l'assignatura d'Introducció a la informàtica. Es tracta d'una assignatura de primer curs d'entre 3,5 crèdits (llicenciatura de Ciències ambientals) i 12 crèdits (llicenciatura de Matemàtiques). El nombre d'alumnes és molt variable segons la titulació, i els professors que hi intervenen poden ser aproximadament dos o tres, que es responsabilitzen de la part teòrica, de la part pràctica o de totes dues.

La funció que té aquesta assignatura dins la titulació és conèixer el funcionament del computador, el programari relacionat amb l'ús del computador que s'utilitza en la titulació. En les titulacions que tenen més crèdits, també es fa una introducció a la programació.

Les característiques de la unitat docent són: introducció al funcionament del computador, tipus de computadores, representació de la informació al computador (dades numèriques, text alfanumèric, gràfics, imatges, so, vídeo). I el tipus d'activitat són les introductòries per facilitar conèixer el funcionament del computador, com representa la informació i quins són els components fonamentals que influeixen en les prestacions i en el cost.

Les pràctiques es duen a terme en una aula d'informàtica i es proposa als alumnes que treballin en grup (dos o tres estudiants, en funció dels recursos). Aquestes pràctiques ofereixen a l'alumne la possibilitat de desenvolupar una activitat que reflecteixi les seves competències, aptituds i coneixements. Per al desenvolupament i l'avaluació de les pràctiques es presenta tota una metodologia amb l'objectiu que els alumnes siguin capaços d'exposar el que han après. Els alumnes disposen d'un portafoli de pràctiques en què es recullen totes les activitats pràctiques que han de fer, amb la descripció dels objectius, el nombre de sessions previstes, el material disponible i quin ha de ser el contingut dels lliuraments. Una vegada acabades les pràctiques, els estudiants fan una exposició del treball realitzat (presentació del problema, anàlisi, metodologia de la feina del grup de pràctiques, desenvolupament, resultats obtinguts), que es discuteix a l'aula, i preparen el portafoli final.

9.3. OBJECTIUS DE LA UNITAT DOCENT

L'objectiu d'aquest tema introductori és que l'estudiant tingui criteris per conèixer els principis dels computadores i pugui avaluar les diferències i la seva influència en els costos i en les prestacions. Com a objectius d'aprenentatge concrets destaquen:

- Analitzar el tipus d'informació necessària per seleccionar un computador, tenint en compte uns criteris adequats al seu ús.
 - Adquirir coneixements bàsics de funcionament dels computadores i de la programació i utilitzar-los com a criteri per seleccionar-los. Diferenciar els diferents tipus de computadores
 - Analitzar la informació comercial de sistemes de còmput i intentar relacionar-los amb els conceptes estudiats en la teoria. Identificar què significa la informació que ens donen, quina informació addicional ens fa falta, com influeix en les prestacions i en el cost.
- Analitzar la representació dels diferents tipus d'informació que s'utilitza al computador, identificar quines són les necessitats principals en el context, i com influeixen els requisits de representació de la informació que s'utilitza.
 - Analitzar els processos de digitalització de la informació, com processar-la i quina capacitat d'emmagatzematge requereix.
 - Identificar, diferenciar i aplicar les diferents alternatives de representació d'informació que fa servir el computador, en funció de la naturalesa de les dades que cal processar i emmagatzemar.

La competència que s'espera que els estudiants hagin adquirit realitzant les activitats proposades en la unitat docent és:

Prendre decisions fonamentals i saber explicar-les.

La classe de problemes es basa en la realització d'exercicis de recerca, anàlisi i comprensió de la informació (treball individual) i en l'estudi de casos (treball de grup).

L'activitat proposada s'emmarca en les classes de problemes dels dos primers temes. S'hi dediquen tres sessions d'aula. Es parteix d'un treball previ dels estudiants. Se'ls proporciona un portafoli amb tota la informació: enunciat, metodologia, organització de les sessions, documents que s'han de lliurar (inclou formats i plantilles), planificació, criteris d'avaluació i bibliografia.

- L'objectiu dels exercicis i de les fitxes és que l'alumne treballi individualment i integri els conceptes teòrics mitjançant la realització de problemes que treballen aspectes concrets i que l'alumne conegui també el mercat actual dels computadors i els dispositius perifèrics utilitzats en el seu context de treball.
- L'objectiu de l'estudi de casos és que l'alumne treballi en grup, aprofundeixi el coneixement dels computadors i els dispositius perifèrics utilitzats en el seu camp de treball, i que treballi els criteris per seleccionar els components i els dispositius informàtics més adequats en funció dels requisits de cada aplicació, tenint en compte com influeixen en el cost i en les prestacions.

La metodologia per fer aquests exercicis és que el treball individual es du a terme fora de l'aula, com un procés d'aprenentatge dirigit, i el treball de grup, a l'aula.

9.4. ACTIVITATS D'APRENTATGE

Com a activitat d'aprenentatge s'ha seleccionat l'estudi de casos, un mètode d'aprenentatge sobre una situació complexa. Es basa a comprendre la situació esmentada a través de la descripció i l'anàlisi de la situació, que es pren com a conjunt i dins del seu context.

Per a cada cas, l'estudiant ha de fer un treball individual i un treball de grup.

Es proposa al grup un cas concret, relacionat amb el primer bloc temàtic. Se li planteja la necessitat de seleccionar un sistema de còmput per treballar en un entorn concret relacionat amb l'activitat professional i que requereix un determinat tipus d'informació (dades numèriques per a còmput, text, imatges, gràfics, vídeo...). És una convocatòria d'una empresa dedicada a una activitat professional relacionada amb els estudis de grau que necessita adquirir un computador. Els alumnes han de preparar i presentar la seva oferta i canviar de rol en l'última fase per assessorar la presa de decisió.

Cada alumne ha de buscar informació sobre computadors, tenint en compte tots els conceptes analitzats en la teoria, ha d'omplir una fitxa per a cada computador (mínim tres fitxes), i afegir-hi una avaluació del computador i de la seva adequació per utilitzar-lo en el cas proposat (oferta).

Es pretén que l'alumne aprengui a buscar informació sobre els dispositius i sàpiga analitzar els diferents sistemes alternatius que existeixen valorant les característiques i les prestacions dels dispositius.

Amb la utilització del material elaborat pels alumnes de manera individual (ofertes), el grup ha d'elaborar i presentar l'informe que resol el cas (presa de decisió). El material elaborat pels alumnes és el que s'utilitza a l'aula per treballar el cas en grup.

El grup es forma i treballa a l'aula. A l'aula, els alumnes es divideixen en grups de tres. Els grups no han de mantenir-se al llarg del curs, però sí durant les tres sessions de l'activitat.

El grup ha de presentar una proposta que indiqui els criteris per seleccionar el sistema i especificar com integrar els components del sistema de còmput amb unes bones relacions de qualitat, preu i prestacions.

Resoldre el cas implica:

- Buscar i seleccionar informació sobre components. Per a això, com a primer pas, els estudiants han treballat individualment buscant informació sobre diferents components, elaborant fitxes que recullen la informació i faciliten la comparació. Aquesta feina es fa individualment, fora de l'aula.
- Presentar, com a final d'aquesta fase, un document amb una sèrie d'ofertes justificades. Es presenta un informe amb les fitxes fetes, que concreten característiques que s'han de tenir en compte en l'anàlisi d'aquests sistemes, s'analitzen i s'avaluen tenint en compte el cas, i se'n presenten unes conclusions (recomanacions), en què es destaquen els avantatges i els inconvenients que té cada un dels sistemes per utilitzar-lo en el cas proposat (document per a l'avaluació individual).
- Reunir-se en grup per seleccionar els sistemes més adequats per al cas que es planteja, tenint en compte les ofertes realitzades. Aquesta feina es fa a l'aula en una sessió.
- Presentar, en acabar, una valoració crítica del grup que justifiqui els dispositius seleccionats. Aquesta feina incorpora tots els informes individuals (ofertes) fets per cada un dels membres del grup.
- Presentar els resultats mitjançant una comunicació oral i un informe escrit. La comunicació oral es presenta a classe en la segona sessió.
- Avaluar, durant la segona sessió, les exposicions dels altres grups, fer-ne una observació sistemàtica (basada en unes pautes d'observació) i fer en grup un informe en què es comparin les propostes d'aquests amb les seves.

- Utilitzar una tercera sessió per elaborar l'informe final. En finalitzar la sessió hi ha una discussió amb tot el grup, dirigida pel professor, en què se selecciona el computador que s'ajusta millor a la convocatòria que es proposava en el cas.

El treball individual requereix comprendre, analitzar i sintetitzar informació de textos tècnics i comercials per poder omplir les diferents fitxes sobre els components del sistema de còmput. Implica relacionar els coneixements teòrics amb els textos tècnics i comercials. Això ajuda que els alumnes es familiaritzin amb el tema (conceptes, vocabulari...) i facin una feina prèvia al treball de grup.

El treball de grup implica un debat per seleccionar les característiques més importants que ha de tenir el sistema per adequar-se al cas presentat, fer una proposta, avaluar-la i justificar-la. L'avaluació requereix aplicar els conceptes que permeten avaluar el rendiment i el cost.

Presentar la proposta requereix un treball de transmissió oral, el repartiment dels recursos (selecció de qüestions fonamentals per a la presentació i gestió del temps d'aquesta), i la utilització d'eines informàtiques per a la presentació.

L'informe escrit requereix el treball per fer una comunicació escrita.

Es pretén que l'alumne vegi les diferències fonamentals que s'han de tenir en compte per seleccionar un sistema de còmput en funció de l'aplicació a què es dedicarà. Ha de tenir en compte diversos conceptes i comprendre que és diferent seleccionar un computador, per exemple, per a un sistema multimèdia, o per dedicar-lo al còmput científic, per a un servidor o un sistema d'arxiu d'informació. A partir de l'enunciat, l'alumne ha de superar diferents fases:

- Recerca d'informació: l'alumne ha de buscar informació, individualment, sobre els sistemes que hi ha al mercat.
- Tractament de la informació: l'alumne, individualment, ha de fer fitxes amb informació rellevant per als components que permetin unificar la informació perquè sigui comparable.
- Classificació de la informació: l'alumne, en grup, ha de classificar la informació. Per a això ha d'identificar les idees fonamentals que sorgeixen en el cas plantejat i els conceptes bàsics que s'han de saber per resoldre'l. I ha de considerar qüestions com el tipus de suport físic (per exemple, en el cas dels discs, si és magnètic, òptic...), la degradació del suport, el cost, el manteniment, la capacitat d'ampliació i l'obsolescència tecnològica (cal analitzar l'evolució dels components).
- Criteris de selecció: fer una proposta tenint en compte el cas proposat i les variables analitzades. S'ha de donar pes a les diferents variables.
- Anàlisi de diferents sistemes: comparar les solucions i fer preguntes o reflexions que es farien si no es disposés de tota la informació necessària.
- Proposta d'un sistema de còmput (justificació de la proposta).

- Exposició oral: la resta del grup fa una valoració tant de l'exposició com de la proposta.
- Informe final.

Durant l'exposició es discuteix la proposta i es plantegen qüestions relatives sobre com canviaria la proposta per a una aplicació diferent del sistema de còmput.

Conclusió: donar una explicació ben argumentada de les preguntes que planteja el problema i les que han sortit en les sessions de discussió. Per això s'hauran de relacionar els diferents conceptes teòrics que s'han treballat i saber-los utilitzar en el context del problema.

9.5. ACTIVITATS D'AVALUACIÓ

S'avaluen les diferents activitats realitzades, tant individuals com en grup. S'utilitzen per a l'avaluació diferents instruments i indicadors.

a. Recerca, selecció i classificació de la informació

Avaluació individual realitzada a partir del document amb les ofertes.

- La recerca d'informació s'avalua mitjançant la presentació de l'informe (document amb les ofertes) que inclou les fitxes. És una feina individual.

L'objectiu és avaluar els criteris per a la selecció dels components. Requereix familiaritzar-se amb la informació, amb les característiques tècniques analitzades en la teoria i amb la informació existent al mercat, després d'estudiar els conceptes a l'aula. Amb això pretenem:

- Desenvolupar una metodologia per buscar informació.
- Tenir exemples actualitzats dels sistemes que hi ha al mercat.
- Descriure amb detall les característiques tècniques dels sistemes.
- Adquirir capacitat crítica en l'elecció d'un sistema.
- Obtenir criteris per seleccionar i integrar els components d'un sistema informàtic amb unes bones relacions de qualitat, preu i prestacions.

Instrument: elaboració de **fitxes** tècniques en les quals s'analitzen els components del sistema.

Una fitxa tècnica consisteix en un document escrit que conté la informació tècnica d'un sistema comercial que hi ha al mercat. Aquesta informació s'obté a partir dels manuals tècnics que acompanyen el sistema (moltes vegades publicats a Internet), o alternativament, de la propaganda i dels anuncis a Internet o en revistes.

Les característiques tècniques rellevants de cada component es presenten seguint la proposta de taules que estan al portafoli de l'assignatura. Aquestes fitxes han d'incloure:

- Les característiques del dispositiu.
- Una foto.
- Comentaris o conclusions.

S'utilitzen per elaborar el document d'ofertes del dispositiu per a l'estudi del cas proposat.

El camp de conclusions ha d'especificar les seves valoracions i qüestions, com justificar els sistemes seleccionats i la seva adequació al cas proposat. Si no s'han pogut omplir tots els camps, cal justificar per què falten dades, quines dades s'afegirien, la valoració sobre l'adequació a les aplicacions per a les quals s'utilitzaria aquest dispositiu o la relació cost-prestacions.

Es fa un esquema que faciliti fer un estudi comparatiu, en funció de les característiques dels diferents tipus de components d'un sistema i de les característiques estudiades. És important tenir en compte qüestions i valorar tant el cost del sistema com els fungibles o el manteniment.

Avaluació: sap distingir les característiques i buscar la informació adequada?

Indicadors per a l'avaluació: qualitat de la informació buscada. Criteris de selecció (utilitza els continguts teòrics per donar la informació precisa). Adequació a les necessitats plantejades pels usuaris (explicades en el cas). Exposició de conclusions, llenguatge. Valoració de la informació.

Aquest treball inicial es corregeix i es lliuren els suggeriments a l'alumne, perquè pugui modificar-lo i sigui una eina útil per a l'estudi de casos.

b. Anàlisi de la informació, presa de decisions

Avaluació de grup feta a partir del document amb la proposta elaborada a partir de l'estudi del cas.

És una activitat relacionada amb els objectius i les competències: adquirir capacitat crítica en l'elecció d'un sistema; obtenir criteris per seleccionar i integrar els components d'un sistema informàtic amb unes bones relacions d'adequació, qualitat, preu i prestacions. També es treballa la competència transversal de treball de grup (no avaluable).

Activitat: estudi de casos. És un treball que es fa en grup a l'aula.

Es presenta un cas pràctic que requereix seleccionar sistemes de còmput relacionats amb el tema que s'està tractant.

Es duu a terme a l'aula i s'utilitza la informació de les ofertes fetes pels components del grup com a base per fer l'informe de justificació de la proposta d'adquisició.

Les conclusions elaborades i consensuades pel grup es presenten en la sessió següent.

Avaluació: els criteris utilitzats per a la presa de decisions parteixen dels fonaments teòrics adequats i de les necessitats plantejades.

Indicadors per a l'avaluació: criteris de selecció (utilitza els continguts teòrics per justificar la selecció), adequació a les necessitats dels usuaris. Exposició de resultats, vocabulari utilitzat, nivell d'argumentació.

c. Comunicació oral: presentació, defensa i valoració

Exposicions de la proposta i la seva justificació fetes a classe.

Activitat: presentar el sistema final que pot cobrir millor les necessitats expressades per l'empresa. Tots els grups presenten la seva proposta i avaluen les propostes d'altres grups. En acabar l'exposició d'un grup es disposa de cinc minuts per consensuar l'avaluació i valorar la informació que han obtingut i com afecta la seva selecció prèvia.

Avaluació: sap presentar la informació de forma adequada?

Indicadors per a l'avaluació: l'estructura general és correcta, presenta i segueix un guió. Entén i utilitza correctament el llenguatge. Controla el temps (planificació i exposició). Claredat de l'exposició. Transmet la informació adequada. Valora adequadament la informació que rep.

d. Comunicació escrita: informe final

Activitat: realitzar un informe final que reculli també el procés. Ha d'incorporar el treball individual dels membres del grup (ofertes), l'informe realitzat pel grup, amb la proposta justificada, la valoració de les ofertes dels altres grups i la proposta final.

Avaluació: argumenta i sap justificar la proposta feta tenint en compte tota la informació disponible?

Indicadors: l'estructura és correcta, la bibliografia adequada. Fa una bona argumentació per justificar la proposta final.

e. Síntesi de coneixements i argumentació: prova individual escrita

Activitat: es fa una prova d'avaluació final individual, amb l'objectiu d'avaluar els coneixements adquirits al llarg del curs. Aquesta prova incorpora preguntes d'aquest primer bloc, relacionades amb l'activitat realitzada, i permet analitzar l'evolució de l'alumne respecte a l'avaluació inicial en presentar les fitxes.

S'avaluen bàsicament coneixements de manera individual.

Es planteja una prova amb quatre exercicis (un exercici d'aquest bloc) i 20 preguntes curtes, plantejades amb dues possibilitats: vertader/fals. Si es considera que l'afirmació és falsa, se n'ha de justificar el perquè en una redacció curta (entre sis i vuit qüestions relacionades amb aquest tema).

- Descriure i comparar qüestions relatives al funcionament global d'un computador. La importància de les seves característiques i com influeixen en les prestacions.
- Diferenciar els diferents tipus de computadores i la seva adequació a les aplicacions.
- Distingir els diferents tipus d'informació que fa servir el computador, la seva codificació, el tractament i els requisits d'emmagatzematge.
- Adquirir coneixements bàsics de fonaments dels computadores i utilitzar-los com a criteris per seleccionar-los.

9.6. AVALUACIÓ

Com hem vist, els instruments d'avaluació utilitzats són: **elaboració de fitxes tècniques (FT), estudi de cas (EC), presentació i defensa oral (PD), valoració d'exposicions (pauta d'observació) (EV), informe (IF) i prova escrita (EX).**

Quina competència avaluem? Prendre decisions fonamentals i saber explicar-les, que es basa en l'estudi i la resolució d'un cas sobre fonaments de computadores. L'objectiu de la unitat és introduir els principis de funcionament dels computadores i que l'estudiant pugui avaluar les diferències i la seva influència en costos i prestacions.

Recerca, selecció i classificació de la informació: elaboració de fitxes tècniques (FT) (document amb ofertes per al cas).

Anàlisi de la informació, presa de decisions: estudi i resolució d'un cas (EC).

Comunicació oral: presentació i defensa (PD) i valoració d'exposicions (pautes d'observació), (EV).

Comunicació escrita: informe final (IF).

Síntesi de coneixements i argumentació: prova individual escrita (EX).

Taula resum. *Avaluació de competències en Informàtica: fonaments de computadors*

Competència: Prendre decisions fonamentals i saber explicar-les		
Objectius	Identificar els aspectes rellevants dels components d'un sistema de còmput	Establir els criteris per seleccionar els sistemes i components adequats en funció dels requisits d'aplicació i de les necessitats dels usuaris
Estratègies		
Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom	FT	
Desenvolupar estratègies de treball de grup	EV	EC PD
Desenvolupar estratègies per prendre decisions	FT	FT EC
Comunicar-se oralment		PD
Col·laborar i valorar el treball	EV	EV
Comunicar-se per escrit	EX	EC

	Comprendre, analitzar i sintetitzar informació tècnica	Relacionar la pràctica en contextos reals amb la teoria	Argumentar basant-se en criteris fonamentats	Analitzar la relació, les característiques, les prestacions, el cost de dispositius i de manteniment
	FT EX	FT	FT	
			EC	EC
			EC	EC
	PD		PD	
		EC	EV	EV
	FT	EX	EX	EX

Quantificació dels diferents elements d'avaluació

Els elements que es tenen en compte per a l'avaluació són:

- La participació en les activitats proposades (20%). S'avaluen, entre d'altres, l'assistència, el lliurament puntual dels treballs, la qualitat de la participació.
- El treball individual fet per l'alumne, el desenvolupament i el contingut de les activitats de la proposta: document d'ofertes (20%).
- El contingut i la presentació de l'estudi de casos (30%). S'avalua la qualitat del contingut de la proposta, la seva presentació (organització, bibliografia), l'exposició oral i els informes lliurats sobre les altres exposicions.
- La prova individual escrita (30%).

9.7. REFLEXIONS FINALS

És important que els alumnes identifiquin la utilitat dels conceptes que es presenten a classe i evitar que sentin que el que els expliquen no serveix per a res. Aquest és el risc que tenen les matèries que ells no consideren específiques de la titulació.

Es proposa una activitat amb què els alumnes es puguin identificar gràcies al fet de relacionar els conceptes teòrics amb els pràctics, que sigui un instrument per a ells, que s'ajusti als objectius, i que permeti avaluar coneixements, capacitats i actituds.

L'activitat presenta una metodologia que afavoreix la reflexió individual abans del treball de grup. Permet avaluar un treball inicial, el procés, i fer una avaluació final.

L'activitat està especialment seleccionada per desenvolupar competències com les previstes en els futurs graus, en concret, l'activitat permet avaluar la competència: prendre decisions fonamentals i saber explicar-les.

10. AVALUACIÓ DE LA COMPETÈNCIA D'APRENENTATGE AUTÒNOM EN QUÍMICA ANALÍTICA MITJANÇANT EL TREBALL COOPERATIU

Jordi Gené

10.1. INTRODUCCIÓ

L'experiència de *treball cooperatiu* iniciada el curs 2005-2006 en una assignatura de Química analítica i duta a terme fins al curs actual, 2008-2009, pretén, d'entrada, provocar un canvi de rol de l'estudiant en el seu procés d'aprenentatge. L'estudiant adoptava habitualment un *paper passiu*, escoltant el professor i prenent apunts; calia, doncs, reorganitzar l'assignatura i les classes perquè adoptés un *paper actiu*, a partir de la programació d'una sèrie d'activitats dins de l'aula i fora. De les diverses possibilitats que hi ha per provocar aquest canvi de rol es va triar la del *treball cooperatiu*.

Aquesta metodologia afavoreix la participació activa de l'estudiant en el seu procés d'aprenentatge, l'indueix a treballar una sèrie de competències transversals poc desenvolupades en les altres assignatures de la llicenciatura de Química i, en darrer terme, treballa una competència important per al seu futur professional, com és l'aprenentatge autònom.

L'experiència que es mostra en aquesta unitat és dins d'un projecte d'innovació docent de la UAB que pretén potenciar activitats per *treballar i avaluar per competències* en assignatures de Química [1-2].

10.2. CONTEXT DOCENT

El treball que es presenta en aquesta unitat s'ha desenvolupat en l'assignatura de Mètodes cromatogràfics de la llicenciatura de Química (UAB). És una assignatura optativa de segon cicle (tercer/quart cursos) que té assignats sis crèdits: 4,5 de teoria i 1,5 de pràctics (classes de problemes). No té crèdits pràctics de laboratori, ja que les pràctiques relacionades amb aquesta assignatura i les d'altres assignatures de segon cicle de l'àrea de Química analítica estan integrades en les assignatures de Laboratori de química analítica i Ampliació de laboratori de química analítica, que s'imparteixen simultàniament en el quart curs de la llicenciatura.

L'experiència de *treball cooperatiu* s'ha desenvolupat des del curs 2005-2006 amb el grup d'alumnes que feien l'assignatura en el segon semestre. Es tractava sempre de grups petits o mitjans, ja que el nombre d'estudiants ha fluctuat, segons el curs acadèmic, entre 25 i 50 alumnes.

Per efectuar el treball cooperatiu a l'aula, el professor assigna a un petit grup d'estudiants (*grup inicial*) la lectura d'un portafoli d'unes 10 pàgines, tret d'un llibre de text o de diversos i modificat parcialment pel professor per facilitar-ne la comprensió. El professor assigna a cadascun dels membres del grup (normalment tres) una part d'aquest portafoli.

El treball de l'estudiant en aquesta activitat es pot desglossar en quatre apartats:

- Es demana, inicialment, que cada estudiant es llegeixi detingudament i críticament la seva part del portafoli, anoti les idees clau del text i els conceptes que no entén o que li queden poc clars.
- Posteriorment, els grups es reorganitzen formant nous grups de tres o quatre estudiants que han llegit i treballat una mateixa part del portafoli (*grups d'experts*). Es tracta de provocar una discussió per fixar les idees clau del text, i per intentar que s'aclareixin els conceptes que individualment havien quedat dubtosos. A més, aquest petit grup s'ha de plantejar una estratègia útil per explicar a la resta dels companys de grup inicial la part del portafoli que ha treballat.
- Els estudiants tornen a formar els grups inicials, en què cada membre del grup explica oralment als altres companys la part que ha treballat del portafoli, tot seguint l'estratègia fixada prèviament. A partir de les diferents exposicions cal que s'obri una discussió i un debat sobre el contingut de tot el portafoli, remarcant les idees clau i buscant les relacions i les aplicacions dels diferents conceptes.
- El professor demana a cada grup que es plantegi una sèrie de qüestions sobre les idees clau del portafoli (sense consultar-lo). Les qüestions estan prèviament dirigides perquè cada grup plantegi no solament el *coneixement* d'uns conceptes que apareixen en el portafoli, sinó la *comprensió*, l'*aplicació* o l'*anàlisi* d'aquests conceptes. Finalment, les qüestions plantejades per un grup són contestades pels membres d'un altre grup o, a vegades, individualment. Opcionalment, el professor pot proposar als estudiants un qüestionari que han de respondre o bé en grup o bé individualment.

Els elements característics d'aquest tipus d'activitat d'aprenentatge són la *responsabilitat* i l'*exigibilitat individual*, ja que cada membre del grup es responsabilitza de la comprensió d'una part del portafoli. D'aquí se'n desprèn la *interdependència positiva*, és a dir, els estudiants depenen dels seus companys per a la comprensió total del portafoli i la *dinàmica de grup*, ja que tot el procés es duu a terme en grup i amb una interacció directa cara a cara.

10.3. OBJECTIUS DE LA UNITAT DOCENT

Les classes de l'assignatura de Mètodes cromatogràfics es programen i dissenyen per fer possible la realització a l'aula de diverses activitats de treball cooperatiu. Una de les activitats realitzades, i que es mostra en aquesta unitat per visualitzar els instruments d'avaluació de competències, és una activitat cooperativa per treballar la tècnica de separació anomenada cromatografia de gasos (temes 8 i 9 del programa).

En aquests moments de transició cap a l'Espai europeu d'educació superior, la Facultat de Ciències de la UAB ha aprovat la llista de competències del nou títol de graduat en Química. La llista següent mostra quines d'aquestes competències es treballen en l'activitat cooperativa proposada en aquesta unitat (la relació de competències és en castellà, tal com està escrita en la proposta del nou pla d'estudis).

- CE1 Demostrar conocimientos y comprensión de conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales de las diferentes áreas de la química.
- CE2 Aplicar estos conocimientos y comprensión a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa en ámbitos familiares y profesionales.
- CT1 Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
- CT3 Resolver problemas y tomar decisiones.
- CT5 Gestionar, analizar y sintetizar la información.
- CT9 Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.
- CT11 Razonar de forma crítica.

A partir del desenvolupament d'aquesta activitat cooperativa es pretén que l'estudiant aconseguixi un determinat nivell de **competència d'aprenentatge autònom**. Aquesta competència està tabulada en la llista de competències del nou títol de graduat en Química com a CT13 (**aprendre de forma autònoma**).

Els objectius concrets d'aprenentatge que es desenvolupen en l'activitat són:

Comprendre, analitzar i sintetitzar informació de textos científics sobre cromatografia. L'estudiant ha de ser capaç de comprendre un text científic. Aquest text és una part del portafoli que el professor lliura als estudiants, en què s'introdueixen conceptes nous relacionats amb les columnes, les fases estacionàries i els detectors principals emprats en la cromatografia de gasos. L'estudiant ha de ser capaç d'analitzar i sintetitzar la informació del text científic anterior. Pot emprar diferents tipus de tècniques: subratllar o marcar paraules o parts del text, fer esquemes, fer un mapa conceptual, etc. Es tracta de treballar individualment les idees clau del text.

Treballar en grup. L'estudiant ha de ser capaç de treballar en grup i de participar activament en els debats sobre un tema científic. L'estudiant discuteix en el *grup d'experts*

les idees clau del text i aclareix els dubtes que pot tenir, exposa oralment en el *grup inicial* les idees clau del text que ha llegit i discutit i intervé en el debat sobre el conjunt de tot el portafoli. Finalment, debat en grup els qüestionaris (proposta i resolució de qüestions).

Adquirir nous coneixements científics. L'estudiant ha d'adquirir els nous coneixements científics que s'introdueixen en aquesta activitat de cromatografia de gasos: els tipus i les característiques de les columnes i les fases estacionàries, i el fonament i les característiques dels detectors principals emprats.

Relacionar nous coneixements amb teories i fets experimentals previs. L'estudiant ha de relacionar els nous coneixements científics que s'introdueixen en aquest tema sobre cromatografia de gasos amb els coneixements introduïts en temes anteriors de la mateixa assignatura (Introducció a la cromatografia o Paràmetres cromatogràfics), i els coneixements que tenia per haver cursat assignatures com Química analítica II o Laboratori de química analítica.

Resolució de problemes i/o exercicis. L'estudiant ha de ser capaç de resoldre problemes i/o exercicis qualitatiu aplicant els nous coneixements científics que s'introdueixen en aquesta activitat.

10.4. ACTIVITATS D'APRENTATGE

Els estudiants fan l'activitat cooperativa a l'aula en tres o quatre sessions de 50 minuts. Els grups inicials es formen a l'atzar i estan constituïts, habitualment, per tres estudiants. Les tasques concretes que es duen a terme, sota la supervisió del professor, són:

Lectura de textos científics. L'estudiant llegeix detingudament un text assignat pel professor i que forma part del portafoli.

Comunicació oral. L'estudiant es comunica oralment amb els seus companys de *grup inicial* i de *grup d'experts* per discutir el portafoli, relacionar els conceptes que hi apareixen i treballar els qüestionaris.

Debat en grup i gestió del temps. L'estudiant fa l'activitat en grup. Això implica un diàleg continu amb els companys per discutir els coneixements nous que s'introdueixen en el portafoli, relacionar-los entre si i amb altres coneixements previs, plantejar i respondre qüestions, etc. L'estudiant ha de saber gestionar el temps, ja que les sessions dedicades a l'activitat estan predeterminades. El professor marca el temps que es pot dedicar a cada part de l'activitat (lectura individual, discussió en *grups d'experts*, exposició en el *grup inicial*, qüestionari...) i el grup ha de saber controlar aquest temps per poder finalitzar l'activitat en el temps previst. Cal que l'estudiant vagi entrant en la *dinàmica de grups* de manera activa.

Comunicació escrita. L'estudiant ha de respondre un qüestionari (individualment o en grup) emprant un llenguatge científic precís.

10.5. INSTRUMENTS D'AVALUACIÓ

Per avaluar els diferents objectius d'aprenentatge en les activitats realitzades s'empren els quatre instruments d'avaluació següents: una taula d'observació, amb un pes del 25% en la nota de l'activitat; i els qüestionaris I, II i III amb un pes del 10%, el 30% i el 35%, respectivament, en la nota de l'activitat. La ponderació és variable segons si es fan tots els qüestionaris o s'opta per fer-ne només dos.

a. Taula d'observació

El professor ha de tenir una pauta per anar valorant diferents aspectes del treball de l'estudiant. Una taula d'observació permet ponderar el grau d'assoliment (baix, regular, bo o molt bo) dels diferents objectius d'aprenentatge en les diferents activitats d'aprenentatge. Un exemple de taula d'observació per a l'activitat cooperativa sobre cromatografia de gasos és:

- **Observació 1:** Com analitza i sintetitza la informació del seu text?

Es tracta de valorar la capacitat d'anàlisi i síntesi d'un text científic que té l'alumne. Els conceptes del text poden ser «nous» per a l'estudiant o parcialment treballats en altres assignatures de la titulació però, en tot cas, el text està adaptat perquè pugui ser comprensible per a l'estudiant. L'estudiant ha d'emprar recursos per treure la informació rellevant del text (esquemes, petits resums, mapes conceptuals...) i contextualitzar-la amb el que ja ha après d'altres assignatures o de la mateixa assignatura.

- **Observació 2:** Participa activament en la discussió del *grup d'experts*?

El treball en grup implica la participació activa de l'estudiant aportant idees, raonaments, qüestions... El *grup d'experts* és molt important ja que és on els estudiants confronten el que han llegit: quines idees principals apareixen en el text, quines idees no estan clares o quins dubtes els sorgeixen. El professor ha de valorar el grau de participació i la seva qualitat.

- **Observació 3:** Com transmet la informació del seu text a la resta de companys del *grup inicial*?

El treball cooperatiu a través de la tècnica de puzzle atorga a cada estudiant un paper molt rellevant, ja que la informació que el professor subministra per fer l'activitat està repartida (fraccionada) entre tots els membres del grup. Per tant, el professor ha de valorar la qualitat de transmissió de la informació de cada estudiant als membres del seu grup.

- **Observació 4:** Participa activament en la discussió del *grup inicial*?

Una vegada tots els membres del grup han exposat la informació del seu text, cal que es produeixi una discussió sobre el conjunt dels textos (portafoli). És molt rellevant que els alumnes relacionin les diferents parts del portafoli i es plantegin qüestions que han d'anar resolent entre ells. El professor ha de valorar la participació de cada alumne en aquest procés de *treball en grup*.

■ **Observació 5:** Com gestiona el temps de l'activitat?

El professor fixa un temps màxim per dur a terme l'activitat i, en alguns casos, fixa també el temps per dur a terme cadascuna de les parts de l'activitat. El grup ha de saber gestionar el temps per arribar al final de l'activitat havent efectuat una bona discussió del portafoli. El professor ha de valorar de quina manera el grup, i per tant cada alumne, ha gestionat el temps que tenia.

A partir de la taula d'observació, el professor pot valorar alguns dels objectius de l'activitat: comprendre, analitzar i sintetitzar informació de textos científics, treballar en grup i relacionar nous coneixements amb teories i fets experimentals previs.

b. Qüestionari I

El professor proposa als estudiants que plantegin per escrit, i en grup, una sèrie de qüestions sobre els conceptes treballats en el portafoli, però amb una pauta marcada. El professor ha de valorar la «qualitat» de les qüestions plantejades. Un exemple d'aquest qüestionari per a l'activitat cooperativa sobre cromatografia de gasos és:

■ **Apartat 1:** columnes

- Quina és la diferència entre.....?
- En quins casos s'utilitza.....?

■ **Apartat 2:** fases estacionàries

- Explica per què
- Què passaria si.....?

■ **Apartat 3:** detectors

- Quins són els punts forts i febles de.....?
- Explica com.....

Podem fixar-nos que en lloc de proposar preguntes obertes, forcem els estudiants que es plantegin preguntes amb un nivell de profunditat mitjà alt, que facin comparacions i cerquin relacions dels conceptes que apareixen en el portafoli.

Amb aquest qüestionari podem valorar els objectius de comprendre, analitzar i sintetitzar informació de textos científics, treballar en grup i adquirir nous coneixements científics.

c. Qüestionari II

L'estudiant ha respondre per escrit, en grup o individualment, el qüestionari anterior (qüestionari I). El professor ha de valorar les respostes, posant èmfasi en els raonaments. Un exemple de qüestionari proposat per un grup d'estudiants el curs 2007-2008 en fer l'activitat cooperativa sobre cromatografia de gasos és:

■ Qüestió 1: columnes

- Quina és la diferència entre *una columna oberta de sílice fosa* i *una columna oberta de part recoberta*?

■ Qüestió 2: fases estacionàries.

- Explica per què *influeix el gruix de la pel·lícula de fase estacionària en la separació dels anàlits d'una mostra*.

■ Qüestió 3: detectors

- Quins són els punts forts i febles del *detector de captura electrònica*?

Amb aquest qüestionari podem valorar els objectius de treball en grup, l'adquisició de nous coneixements científics i la resolució de problemes i exercicis.

d. Qüestionari III

L'estudiant ha de respondre per escrit un qüestionari proposat pel professor. Es tracta de valorar l'adquisició de nous coneixements científics després d'haver acabat l'activitat i la capacitat de comunicar-los correctament. Un exemple d'aquest qüestionari seria:

- Quines són les columnes més emprades actualment en cromatografia de gasos i per què?
- Si utilitzem una fase estacionària de Carbowax (polietilenglicol), serà útil per separar una mostra formada per diferents compostos polars? Raona-ho.
- Per què es produeix el sagnat en una columna cromatogràfica de gasos? Com es pot evitar que passi?
- Explica dos motius pels quals triaries el detector de la ionització de flama (FID) en lloc del detector de captura electrònica (ECD)

En el qüestionari, el professor ha de valorar el grau d'assoliment d'alguns dels objectius que es treballen en l'activitat: adquirir nous coneixements científics i resoldre problemes i exercicis.

La **taula resum** ens mostra els instruments emprats per avaluar la competència global de l'activitat: competència d'aprenentatge autònom. En la primera filera hi tenim els diferents objectius d'aprenentatge i en la primera columna cadascuna de les activitats d'aprenentatge dutes a terme en la realització del treball cooperatiu sobre cromatografia de gasos. En les interseccions es fixen els instruments d'avaluació emprats.

Taula resum. Pautes per a la correcció de l'informe

Activitats	Objectius				
	Comprendre, analitzar i sintetitzar informació de textos científics	Treballar en grup	Adquirir nous coneixements científics	Relacionar nous coneixements amb teories i fets experimentals previs	Resolució de problemes i/o exercicis
Lectura de textos científics	TO				
Comunicació oral	TO	TO			
Debat en grup i gestió del temps	QI	TO	QI QII	TO	
Comunicació escrita	QI	QI QII	QI QII QIII		QII QIII

10.6. REFLEXIONS FINALS

Amb aquesta unitat hem vist les possibilitats que ens proporciona la metodologia de treball cooperatiu a l'aula per treballar la competència d'**aprenentatge autònom**. L'estudiant pren un paper actiu en el seu procés d'aprenentatge treballant els objectius que el professor ha fixat per a aquests temes a través d'una sèrie d'activitats, com són la lectura de textos, el debat en grup i la comunicació oral i escrita.

L'avaluació del grau d'assoliment de la competència d'**aprenentatge autònom** és possible amb els instruments emprats (taula d'observació i qüestionaris) en el moment que l'estudiant participa activament d'un conjunt d'activitats que li permeten treballar els objectius proposats pel professor.

11. AVALUACIÓ DE COMPETÈNCIES EN UNA CLASSE DE TERMODINÀMICA

Àngels González

11.1. INTRODUCCIÓ

Aquesta activitat ha estat dissenyada per poder realitzar-se, en part, en un curs de Química General, en què apareixen per primera vegada i de forma introductòria els primers conceptes de termodinàmica clàssica. En aquest cas pot servir de complement per poder interpretar de forma puntual algun concepte termodinàmic. Fonamentalment, però, és una activitat que podria desenvolupar-se en una assignatura de Química física, en què s'imparteixen els continguts principals de la termodinàmica clàssica macroscòpica juntament amb algunes idees fonamentals de la termodinàmica molecular o estadística. És una activitat pensada per al nou grau de Química a la UAB en què els continguts de termodinàmica estadística s'imparteixen juntament amb els de termodinàmica clàssica.

Molts estudiants universitaris experimenten dificultats amb les idees fonamentals de la termodinàmica aplicada al camp de la química. La termodinàmica és vista pels estudiants com un conjunt d'equacions que no s'entenen i que s'han d'aprendre de memòria per poder superar els exàmens. Malgrat la importància de la termodinàmica com a pilar fonamental de tota la química, molts estudiants superen els cursos introductoris amb un aprenentatge molt limitat d'aquests continguts. Els cursos de Química física en què es presenten les idees més avançades de la termodinàmica són percebuts pels estudiants com uns dels més difícils de tots els estudis de Química. A més a més, pocs d'aquests estudiants arriben a connectar la formulació clàssica de la termodinàmica basada a descriure el comportament macroscòpic de la natura amb la interpretació molecular d'aquests conceptes termodinàmics.

11.2. CONTEXT DE LA UNITAT DOCENT

Encara que alguns aspectes d'aquesta unitat docent ja s'han fet servir en l'assignatura de Termodinàmica estadística de la llicenciatura de Química de la UAB, com a unitat docent completa es planteja en el context del nou pla d'estudis ja adaptat a l'Espai europeu d'educació superior:

Titulació: grau de Química

Curs: segon curs del grau de Química

Matèria: Química física

Assignatura: Química física I.

11.3. OBJECTIUS A ASSOLIR

L'objectiu és aconseguir que els alumnes treballin el concepte d'entropia (mesura les maneres que té un sistema de repartir l'energia entre les seves partícules o comptatge d'estats accessibles) treballant a l'aula diferents activitats (individuals i en grup) que els permetin arribar al saber a partir o mitjançant el fer i el ser, és a dir, que els coneixements s'assoleixen desenvolupant unes capacitats i unes actituds pròpies del pensament científic. La idea és intentar així evitar interpretacions incorrectes basades a definir l'entropia com una mesura de l'ordre/desordre d'un sistema i basades a diferenciar l'entropia posicional de l'entropia tèrmica.

Els objectius a assolir amb aquesta unitat docent són els següents:

Des del punt de vista de coneixements: 1) Es pretén que l'alumne entengui els conceptes de la termodinàmica estadística d'aquesta unitat, en particular, la distribució de Boltzmann de l'energia i el significat molecular de l'entropia. 2) Es pretén com a objectiu final que l'alumne pugui analitzar i interpretar en funció del concepte d'entropia molecular problemes termodinàmics contextualitzats sobre fets o fenòmens de l'entorn des de la seva complexitat.

En el context del nou grau de Química a la UAB, els objectius esmentats van lligats a les següents «competències» tretes de la llista consensuada a la nostra Facultat de Ciències:

- CE1. Demostrar coneixements i comprensió de conceptes, principis, teories i fets fonamentals de les diferents àrees de la química.
- CE2. Aplicar aquests coneixements i comprensió en la resolució de problemes de naturalesa quantitativa o qualitativa en àmbits familiars i professionals.
- CE3. Reconèixer i analitzar problemes químics i planificar respostes o treballs adequats per a la seva resolució, incloent en els casos necessaris la utilització de fonts bibliogràfiques.
- CT3. Resoldre problemes i prendre decisions.

A fi d'aconseguir aprendre els coneixements esmentats anteriorment, aquesta unitat docent es planteja com un procés científic de modelització que té també com a finalitat que l'alumne treballi com a científic. Per això se li demana a l'alumne les capacitats següents: 1) Ser capaç de plantejar hipòtesis; 2) Saber relacionar fets a partir de dades recollides de fonts diferents; 3) Saber relacionar fets i teoria per establir unes conclusions de l'aprenentatge; 4) Tenir la capacitat d'argumentar per transmetre als altres l'aprenentatge adquirit.

En el context del nou grau de Química les capacitats anteriors van lligades a les «competències» següents:

- CG1. Desenvolupar un pensament i un raonament crític i saber comunicar-los de manera efectiva, tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua.

- CE3. Reconèixer i analitzar problemes químics i planificar respostes o treballs adequats per a la seva resolució, incloent en els casos necessaris la utilització de fonts bibliogràfiques.
- CE6. Interpretar les dades obtingudes mitjançant dades experimentals, incloent-hi la utilització d'eines informàtiques, identificar el seu significat i relacionar-los amb les teories químiques, físiques o biològiques.
- CT3. Resoldre problemes i prendre decisions.

A més, cal que l'alumne es plantegi des de l'inici aquesta activitat d'aprenentatge amb una actitud pròpia de científic ja que d'altra manera aquest pensament científic (el saber i el saber fer) que volem transmetre-li mancarà de la seva implicació com a persona. En aquest sentit, les actituds que es treballen en aquesta unitat són: 1) Dubte sistemàtic; 2) Esperit crític; 3) Imaginació científica. A la taula resum que es presenta al final del document, aquestes tres actituds s'engloben en una sola anomenada esperit crític.

En el context del nou grau de Química aquestes actituds van lligades a les següents «competències» més transversals:

- CT11. Raonar de forma crítica.
- CT15. Ser creatiu.

L'activitat docent que plantejem a continuació s'ha dissenyat amb la finalitat de treballar amb els alumnes aquests aspectes competencials i, sobretot, per poder avaluar el grau d'assoliment en els alumnes.

11.4. ACTIVITATS D'APRENTATGE

Aquesta unitat docent es planteja com un seguit d'activitats d'aprenentatge que realitzen els alumnes a fi d'adquirir unes capacitats cognitives determinades, i que mitjançant uns instruments d'avaluació tenen l'objectiu final de desenvolupar en els alumnes unes característiques competencials fruit d'un treball en què arribem al saber però actuant.

Treball sobre analogies de l'entropia

Pràcticament tots els estudiants de primer curs a qui preguntem en començar les classes de termodinàmica sobre l'entropia responen el mateix: «L'entropia mesura el grau de desordre d'un sistema». Pocs alumnes però han pensat què significa aquesta afirmació i si serveix per entendre el concepte d'entropia en tots els casos. L'objectiu d'aquest primer exercici és despertar en els alumnes l'esperit crític davant d'aquesta definició. La idea és que els mateixos alumnes es plantegin preguntes sobre les analogies del món macroscòpic que es fan servir generalment per explicar el concepte d'entropia molecular en cursos introductoris. És d'aquestes analogies de les que surt l'associació de l'entropia amb el grau de desordre.

- a. Lectura crítica de textos.** Es planteja la lectura crítica d'uns textos que reproduïxen converses de professors (P) estudiants (S) parlant de l'entropia en termes de desordre. Reproduïm un fragment de dos textos que es poden utilitzar per encetar la discussió en l'annex 5 d'aquesta guia.
- b. Discussió en grup.** Com altres autors ja han indicat, la interpretació de l'entropia com a mesura de «desordre», en què aquest desordre s'associa al nombre de posicions a l'espai que poden ser ocupades per les partícules d'un sistema, introdueix força confusió a l'hora de poder interpretar correctament els canvis entròpics que tenen lloc en els sistemes. A més, en molts textos de Química general es diferencia entre aquesta «entropia posicional o configuracional» i la que s'anomena «entropia tèrmica». Aquesta diferenciació va associada a diferenciar dos tipus de processos espontanis: 1) Aquells en què la matèria tendeix a dispersar-se; 2) Aquells en què l'energia es dispersa. D'aquesta manera no s'analitza la causa fonamental i comuna per a tots els processos que provoca un augment d'entropia i tampoc no es discuteix el caràcter probabilístic de l'entropia.

La discussió que es planteja als alumnes consisteix a decidir si s'està d'acord amb el raonament del primer text o del segon concretant la discussió en dues posicions contràries

1. Com afirma l'estudiant del primer text (alumne A), no podem explicar l'augment d'entropia que experimenta un gas en augmentar la temperatura interpretant aquesta magnitud termodinàmica com un «desordre posicional», i fent servir les analogies del món macroscòpic.
2. Com afirma l'estudiant del segon text (alumne B), sí que podem interpretar l'augment d'entropia d'un gas quan augmenta la temperatura per un augment del «desordre posicional» ja que les col·lisions entre molècules augmenten i això augmenta el desordre. Les analogies utilitzades serveixen.

Primer, els alumnes discuteixen en grup els pros i contres de les dues posicions. Posteriorment es posen en comú (s'escriuen a la pissarra) i es classifiquen com a arguments de l'alumne A o de l'alumne B.

- c. Redacció escrita d'argumentacions.** Després, cada alumne de forma individual (com en un «joc de rol») ha de decidir si fa el paper de l'alumne A o de l'alumne B, i redactar per escrit el seu raonament sobre aquestes analogies fent servir la informació sorgida de la discussió en grup a la classe.

D'aquestes tres activitats d'aprenentatge només la tercera (el text escrit de cada alumne) serà objecte d'avaluació com s'explica més endavant.

***Give them money.* El joc de Boltzmann**

Una vegada plantejada aquesta confusió als alumnes amb les explicacions que es fan del significat de l'entropia, se'ls proposa una altra analogia consistent en un joc i amb el qual s'intenta anar aclarint el concepte d'entropia en l'àmbit molecular. Una altra vegada, però, aquest objectiu cognitiu es treballa a classe fent actuar els alumnes en un joc que els permeti aprendre participant activament en aquest aprenentatge.

a. Experiment real. En aquesta activitat es fa participar el grup d'alumnes en el joc de Boltzmann:

1. Primer cal formar parelles amb tots els alumnes de la classe.
2. Es reparteix un bitllet d'1 EUR de Boltzmann a cada alumne.
3. Els alumnes s'han de col·locar en dues circumferències concèntriques, com mostra la fotografia.
4. Les regles del joc són les següents: cada parella juga a pedra-paper-tisora. Després de cada jugada hi haurà un guanyador, un perdedor o un empat. Si es produeix un empat no cal fer res. Si un dels dos alumnes de la parella ha perdut cal que li doni al seu company de la parella un, i només un, bitllet d'1 EUR de Boltzmann (mentre en tingui). Important: cada parella fa només una jugada de pedra-paper-tisora, i si hi ha un empat o l'alumne que perd (o els dos) no tenen cap bitllet d'1 EUR de Boltzmann no cal fer res. Després de cada jugada, els alumnes de la circumferència interna es desplacen una posició per formar una nova parella amb l'alumne següent de la circumferència externa. Els alumnes de la circumferència externa no es mouen.
5. Periòdicament, es para el joc i es recullen resultats. Es fa el comptatge dels alumnes que no tenen cap bitllet d'1 EUR de Boltzmann, els que en tenen 1, els que en tenen 2, etc. Els resultats s'apunten en una taula.



El primer objectiu d'aquesta activitat és comprovar mitjançant aquest joc si hem observat que hi ha una determinada manera de distribuir els bitllets d'1 EUR de Boltzmann entre els alumnes més probable que qualsevol altra i per què.

- b. Recollida d'informació (dades) a partir de les observacions.** Durant l'evolució del joc, els alumnes han d'introduir en una taula, que després s'ha d'analitzar, els resultats del joc i indicar com queden distribuïts els bitllets d'1 EUR de Boltzmann.

Table 1. Data for 24 Students Carrying Out the Exercise

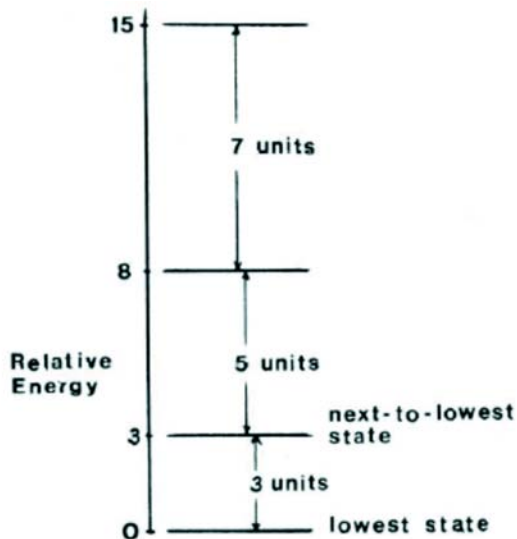
Cash/\$	Number of Students				Most Probable Distribution
	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	
7	0	0	1	0	0
6	0	1	0	0	0
5	1	0	0	1	0
4	0	2	0	1	1
3	1	1	1	1	2
2	4	0	5	3	4
1	8	7	4	6	6
0	10	13	13	12	11

- c. Experiment virtual.** Una vegada es dona per finalitzada la recollida de dades en aquest joc real de Boltzmann, es fa treballar els alumnes de manera individual sobre el mateix joc, però simulat virtualment mitjançant un programa d'ordinador. El joc virtual que simula exactament el que els alumnes han fet a la classe permet treballar amb molts més alumnes, simular moltes més jugades, plantejar més varietat de situacions inicials, etc. Els alumnes han de recollir els resultats de l'experiment simulat també en unes taules a fi de comparar-los amb els resultats del joc de Boltzmann. En l'annex es donen referències per trobar experiments virtuals que simulen la distribució de Boltzmann.

- d. Exercicis numèrics.** Es fan càlculs quantitius basats en l'equació de Boltzmann que permeten introduir la magnitud entròpica i la seva relació amb la distribució més probable d'energia entre partícules (distribució de Boltzmann) simulada en el joc, com la distribució de bitllets d'1 EUR de Boltzmann entre els alumnes.

Exemples:

1. Si tenim 24 alumnes dels quals deu, en un moment determinat, tenen 0 EUR, vuit tenen 1 EUR, quatre tenen 2 EUR, un té 3 EUR i un té 5 EUR, de quantes maneres es pot donar aquesta mateixa distribució?
2. Si un sistema de 10 partícules presenta els nivells energètics dibuixats a la figura, de quantes maneres es poden repartir 15, 16 i 17 unitats d'energia?



Anàlisi de problemes reals termodinàmics

Un cop fetes i avaluades les activitats d'aprenentatge anteriors, i després d'una tutoria en aquells casos en què es consideri necessari per acabar d'aclarir els dubtes, la unitat docent es completa plantejant problemes reals de termodinàmica en què calgui analitzar i interpretar el comportament i el paper de l'entropia. La resolució d'aquests problemes obligarà els alumnes a analitzar l'entropia des del punt de vista molecular, com han treballat en les activitats anteriors.

11.5. INSTRUMENTS D'AVALUACIÓ

L'avaluació de les activitats presentades es duu a terme mitjançant la utilització d'unes eines d'avaluació determinades que descrivim a continuació. També s'indica la "competència" codificada del grau de Química de la UAB que s'avalua:

Pauta d'argumentació

S'aplica una pauta d'anàlisi de les argumentacions fetes servir pels alumnes en el joc de rol de l'activitat d'aprenentatge sobre les analogies (activitat 1). Com que el que es vol bàsicament amb aquesta activitat és avaluar si ha provocat en l'alumne una actitud crítica i de dubte sistemàtic (CT11) davant certes "afirmacions científiques" i si ho sap argumentar (en part CG1), l'avaluació s'estableix només a tres nivells:

Pauta

0. No ha entès la discussió plantejada.
1. Ha entès on és el punt de divergència entre els alumnes A i B, però no sap argumentar cap posicionament.
2. És capaç de criticar els arguments d'un dels dos alumnes (A o B) i argumentar alguna raó coherent per refermar l'afirmació de l'altre alumne (A o B). La puntuació màxima de dos punts es concedeix independentment que la conclusió del raonament no sigui la correcta. Es puntua si hi ha raonament argumentat.

Aquesta primera nota és un 10% de la nota global de la unitat docent.

Qüestionaris

Abans de començar el joc de Boltzmann i com a primer instrument d'avaluació es fan preguntes *prelab* perquè els alumnes plantegin hipòtesis a partir de la discussió en grup i fent una activitat de redacció individual de les diferents argumentacions. Un possible exemple del qüestionari plantejat pot ser el següent:

■ Qüestionari *prelab* (CG1, CT11 i CT15):

- a. Què esperes que passarà? Com creus que quedaran repartits els bitllets entre els alumnes?
- b. Quina probabilitat creus que tens d'acabar amb cap bitllet d'1 EUR de Boltzmann? I amb un bitllet? I amb tots els diners?
- c. Creus que obtindrem la mateixa distribució final de bitllets entre els alumnes si tornem a començar el joc en les mateixes condicions?

L'objectiu d'aquesta segona part és que a partir de la comparació dels resultats obtinguts de jugar al joc de Boltzmann de dues maneres, els alumnes desenvolupin la capacitat de relacionar fets i interpretar resultats aparentment diferents. Com a instrument d'avaluació es fa servir també un qüestionari com el següent:

■ Qüestionari *lab* (en part CE6, CG1, i CT11):

- a. El joc de Boltzmann real i el virtual donen lloc a distribucions diferents de bitllets d'1 EUR de Boltzmann entre els alumnes?
- b. S'obté una distribució més probable en el joc real i el virtual? És la mateixa?
- c. Com justifiques la diferència en els resultats, si és que n'hi ha?
- d. Alguna de les teves hipòtesis inicials s'ha confirmat?

Una vegada recollits els resultats es treballa l'anàlisi d'aquestes dades a fi d'arribar a una interpretació d'aquestes. Com a instrument d'avaluació de la interpretació dels resultats del joc es plantegen unes preguntes *postlab* com les següents:

■ **Questionari *postlab*** (CG1, CE1, CE2, CE6, CT11, CT15):

- Els resultats indiquen que hi ha una distribució determinada (de bitllets d'1 EUR de Boltzmann entre els alumnes) més probable que les altres, però per què creus que és més probable?
- Per què la distribució més probable no és aquella en què cada alumne té la mateixa quantitat de bitllets d'1 EUR de Boltzmann?
- Explica amb l'analogia del joc què passa quan el sistema guanya energia.

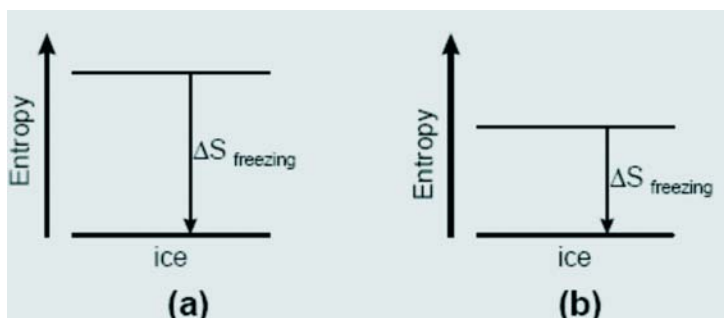
Les respostes a cada un dels qüestionaris es classifiquen sobre una nota màxima de 10 punts i el seu pes en la nota global de la unitat és de: prelab (10%), lab (10%), postlab (20%).

Bona pregunta

Aquesta bona pregunta en forma de problema termodinàmic posat en context avalua la capacitat de resoldre problemes per l'alumne tot fent servir el pensament científic. Aquesta bona pregunta ha d'avaluar com l'alumne desenvolupa el seu raonament crític per demostrar i aplicar el que ha après de termodinàmica estadística en la primera part de la unitat docent a l'hora de fer interpretacions a un comportament de la natura. També s'avalua la capacitat d'argumentar amb llenguatge escrit la resposta a aquesta pregunta (CG1, CE1, CE2, en part CE3, CT3, CT11, CT15). Es puntua sobre 10 i correspon al 50% de la nota global.

- L'aigua de mar conté diferents tipus de minerals dissolts, i es congela a temperatura més baixa que l'aigua pura a la mateixa pressió. L'energia despresada en forma de calor és la mateixa quan es congela l'aigua de mar que quan ho fa l'aigua pura, però el canvi d'entropia que experimenta el sistema no és el mateix.

Pots explicar quin dels dos diagrames dibuixats representa el canvi entròpic de l'aigua de mar quan es congela i per què?



Com a il·lustració de l'avaluació que aquí es faria esquematitzem la resposta a aquesta pregunta:

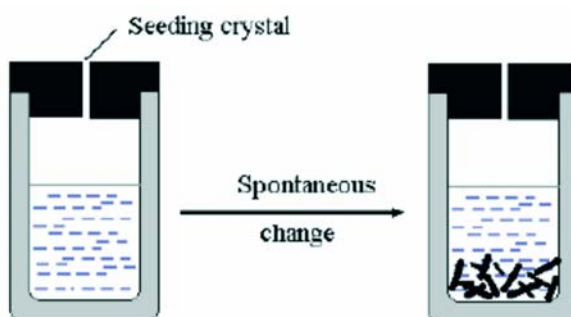
L'aigua de mar pel fet de ser una dissolució líquida de dos components té més entropia que la mateixa massa d'aigua líquida pura a la mateixa temperatura i pressió. L'aigua de mar perd, per tant, més entropia en congelar-se que l'aigua líquida atès que la situació final del procés de congelació és la mateixa (gel). La resposta correcta és l'esquema a.

Per poder avaluar si amb aquesta activitat l'alumne ha adquirit les capacitats mencionades anteriorment, en la resolució cal veure-hi reflectits els raonaments següents:

L'alumne ha de fer servir l'analogia del joc de Boltzmann per comparar l'entropia de l'aigua líquida (molècules d'aigua) i l'entropia de l'aigua de mar (aigua + minerals). L'entropia de l'aigua pura és donada per les maneres de repartir l'energia entre les partícules d'aigua (els bitllets entre els alumnes). L'alumne hauria de fer servir l'analogia del joc i els exercicis numèrics realitzats en l'apartat 2d per arribar a l'equació de Boltzmann i aplicar-la (qualitativament) al sistema real, massa d'aigua líquida pura. Per fer el mateix raonament per a l'aigua de mar, l'alumne ha de recórrer també a l'analogia del joc però pensant en dos grups d'alumnes diferents: molècules d'aigua (alumnes classe A) i minerals (alumnes classe B) que juguen primer per separat però que després volen trobar de quantes maneres poden repartir el conjunt de bitllets quan juguen tots junts. Aquí l'alumne està relacionant fets, fets i teoria, està interpretant un fenomen real de forma qualitativa i està resolent un problema relacionat amb la natura fent servir continguts de la termodinàmica estadística.

Un altre exemple de bona pregunta seria:

- b. Una dissolució calenta de tiosulfat de sodi es deixa refredar molt a poc a poc. Si es té molta cura a tenir tot el material molt net, es pot aconseguir mantenir líquida aquesta dissolució uns quants graus per sota del seu punt de congelació. Aquesta dissolució subrefredada es tanca en un recipient aïllat. Quan s'afegeix, però, un cristall de tiosulfat de sodi de la dissolució, la cristallització té lloc de forma espontània. Com expliques aquesta «ordenació» de la matèria en un procés espontani?



Taula resum. La primera fila indica els objectius a assolir d'aquesta unitat docent on tenim: actituds (esperit crític), capacitats (argumentar, plantejar hipòtesis, relacionar fets, interpretar, relacionar fets i teoria) i coneixements (continguts de termodinàmica estadística i resolució de problemes). La primera columna indica les activitats d'aprenentatge que es treballen en aquesta unitat docent a fi d'aconseguir-ne els objectius. A les cruïlles de la taules s'indiquen les eines d'avaluació que han de servir per poder establir si els objectius realment s'han assolit (de color les cruïlles que realment corresponen a part de l'avaluació en aquesta unitat docent concreta). Les «competències» de les llistes codificades dels graus són realment objectius cognitius que es volen transmetre, però que només es transformen en veritables competències quan es treballen amb l'alumne en una activitat d'aprenentatge i que després s'avaluen coherentment. Així, per exemple, la capacitat de raonar críticament només esdevé competència quan es fa redactar a l'alumne una argumentació respecte al seu posicionament en un joc de rol i s'avalua aquesta argumentació amb una pauta molt concreta. Un altre exemple: la capacitat de relacionar fets i teoria només esdevé competència quan l'alumne actua en un experiment real o simulat, i a través d'unes qüestions concretes (*postlab*) se l'avalua sobre aquesta connexió observació-teoria.

Taula resum. Ser capaç de plantejar-se preguntes amb la finalitat de comprendre el significat de magnituds termodinàmiques com l'entropia

Activitats d'aprenentatge	Objectius	Esperit crític	Argumentar	Plantejar hipòtesis
Llegir textos		Joc de rol		
Treballar en grup		Joc de rol		<i>Prelab</i> Joc de Boltzmann
Redactar		Pauta d'argumentar Joc de rol	PA* <i>Postlab</i> Bona Pregunta	<i>Prelab</i> Joc de Boltzmann
Experimentar				
Simular experiments				
Recollir dades				
Calcular				
Analitzar problemes				

* Pauta d'argumentació.

Nota: els quadres de color blau indiquen les cruïlles d'avaluació en aquesta unitat docent.

	Relacionar fets	Interpretar	Relacionar fets-teoria	Entendre el contingut de TE	Resoldre problemes
		Bona pregunta			
		<i>Postlab</i> Joc de Boltzmann	<i>Postlab</i> Joc de Boltzmann	<i>Postlab</i> Joc de Boltzmann	Bona pregunta
	<i>Lab</i> Joc de Boltzmann	<i>Lab</i> Joc de Boltzmann			
	<i>Lab</i> Joc de Boltzmann	<i>Lab</i> Joc de Boltzmann			
	Taules Joc de Boltzmann				
			Fitxa de càlculs Joc de Boltzmann		
	Bona pregunta	Bona Pregunta	Bona pregunta	Bona pregunta	Bona pregunta

11.6. REFLEXIONS FINALS

Com ja hem indicat anteriorment, aquesta unitat docent s'ha dissenyat a fi d'aconseguir que l'alumne tingui uns coneixements de termodinàmica estadística (distribució de Boltzmann i entropia), però participant activament en aquest aprenentatge. Es tracta de transmetre uns coneixements però de manera que l'alumne també desenvolupi alhora unes capacitats i unes actituds de científic realitzant unes activitats d'aprenentatge. Un alumne competent en pensament científic és aquell que s'autoavalua constantment amb bones preguntes. Un alumne competent en pensament científic comença trucant a la porta del professor per encetar una discussió sobre l'entropia perquè vol saber realment què significa aquesta magnitud termodinàmica: *I want to know what entropy really is!* A partir del treball rigorós sobre unes activitats plantejades, i seguint el procés científic de modelització, l'aprenentatge se'l farà propi i serà capaç finalment de donar les respostes adequades al problema plantejat. Aconseguir aquesta fita és el nostre repte també com a docents.

12. ACTIVITATS DE DEMOSTRACIÓ, OBSERVACIÓ I EXPLICACIÓ (DOE) A L'AULA PER A L'ASSIGNATURA DE FÍSICA PER A LA GEOLOGIA (GRAU DE GEOLOGIA)

Marià Baig i Aleu

12.1. INTRODUCCIÓ

El mes de setembre del 2008 es va presentar a l'ANECA el projecte del nou grau de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Els objectius del nou grau s'especifiquen de la manera següent: «El grau de Geologia que es proposa proporciona la formació necessària per al coneixement de la composició, l'estructura i la dinàmica de la Terra i dels seus materials, així com del seu origen i evolució temporal, capacitant per utilitzar dits coneixements en els camps bàsics de la professió de geòleg, sigui en el seu vessant acadèmic o aplicat.» El nou grau representa una clara renovació en l'enfocament dels objectius de l'antiga llicenciatura en ciències geològiques, adaptats a les noves necessitats actuals, incloent-hi, molt especialment, noves qüestions relacionades amb el medi ambient i la gestió dels recursos naturals.

Els **descriptors de Dublín (Dx)** del nou grau marquen l'orientació dels nous estudis:

- **D1.** Aplicar els coneixements i els mètodes específics de les ciències de la Terra a les diferents activitats professionals en els àmbits de l'exploració de recursos, de la geotècnia, de la gestió del medi ambient i de la gestió de riscos.
- **D2.** Obtenir, elaborar i interpretar dades geològiques per ser capaç d'emetre judicis sobre temes importants de caràcter científic i social (p. ex. pautes d'evolució pretèrita i futura del planeta, gestió de recursos, resposta del terreny, problemàtica ambiental, etc.) i per realitzar prediccions en aquests àmbits.
- **D3.** Transmetre informació rellevant, arguments raonats i conclusions sobre temes relacionats amb la Terra i el seu ús, tant per a un públic ampli com especialitzat.
- **D4.** Aplicar les habilitats d'aprenentatge autònom per a la formació continuada tant en l'àmbit professional com a través d'estudis reglats posteriors.

En l'elaboració del nou grau de Geologia s'han establert una sèrie de **competències** específiques i transversals que, en la seva versió més reduïda, són les següents

Competències específiques (Ex) del grau

- **E1.** Comprendre els fonaments de la geologia, essent capaç d'identificar i caracteritzar els materials que componen la Terra i els processos que els generen.
- **E2.** Analitzar la dinàmica de la Terra i la seva estructura, tant superficial com interna, i a diferents escales temporals i espacials.
- **E3.** Disposar d'un coneixement adequat de les altres disciplines rellevants per a les ciències de la Terra.
- **E4.** Recollir, analitzar, representar dades i observacions emprant les tècniques adequades de camp i de laboratori.
- **E5.** Integrar la informació geològica amb la finalitat de formular i comprovar hipòtesis.
- **E6.** Conèixer les implicacions mediambientals dels processos geològics, així com la necessitat tant d'explotar com de conservar els recursos de la Terra.

Competències transversals (Tx) del grau

- **T1.** Transmetre adequadament la informació, de forma verbal, escrita i gràfica, incloent-hi l'ús de les noves tecnologies de comunicació i informació.
- **T2.** Capacitat per aprendre i aplicar a la pràctica els coneixements adquirits i per resoldre problemes.
- **T3.** Analitzar i emprar la informació de manera crítica.
- **T4.** Ser capaç de treballar amb autonomia.
- **T5.** Ser capaç de treballar en equip. Desenvolupar els valors personals quant al tracte social i al treball en grup.
- **T6.** Ser capaç de treballar en entorns i localitzacions diferents, apreciand i respectant la diversitat i la multiculturalitat.
- **T7.** Ser capaç d'obtenir informació de textos escrits en llengües estrangeres.
- **T8.** Tenir capacitat d'iniciativa i d'adaptació a problemes i situacions noves.
- **T9.** Posseir interès per la qualitat i la seva praxi.

Competències generals de la UAB (Ux)

- **U1.** Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva, tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua.
- **U2.** Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.

- **U3.** Respectar la diversitat i pluralitat d'idees, persones i situacions.
- **U4.** Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.

Competències específiques de l'assignatura de Física (Fx)

Entre les assignatures de primer curs hi ha Física per a la geologia, assignatura anual de 10 crèdits ECTS, que ha de servir per consolidar —adquirir en molts casos— uns coneixements bàsics que necessaris en el moment d'abordar matèries més especialitzades, com la geofísica pròpiament dita, però també les tècniques d'anàlisi de materials geològics o la cristal·lografia. D'acord amb els objectius del nou grau, l'assignatura de Física per a la geologia s'ha dissenyat per acomplir diverses de les competències abans assenyalades. Concretament, s'esmenten explícitament a la «fitxa» oficial de l'assignatura les competències **E3, T2, T3 i T4**. Addicionalment, però, hi ha incloses també una sèrie de competències específiques de l'assignatura de Física per a la geologia (**Fx**), que podem anomenar, més pròpiament, com a *subcompetències*. Concretament, les competències específiques de l'assignatura són que l'alumne sigui capaç de:

- **F1** Conèixer i comprendre els fenòmens físics bàsics i la seva relació amb els processos geològics.
- **F2** Emprar les matemàtiques per descriure el món físic, construint models adequats, interpretant els resultats matemàtics i comparant-los críticament amb l'experimentació i l'observació.
- **F3** Resoldre tant problemes definits com a problemes oberts, identificar-ne els punts clau i dissenyar estratègies per a la seva resolució.

12.2. CONTEXT DOCENT

És un fet contrastat al llarg dels darrers anys que la majoria dels alumnes que inicien els estudis de Geologia a la UAB no han cursat cap assignatura de Física al batxillerat. Això ha estat possible atès que poden accedir als estudis de Geologia a través dels estudis de Ciències de la salut, havent escollit com a matèria de modalitat Ciències de la Terra i del medi ambient, en lloc de Física. Això origina unes clares diferències de coneixements inicials entre uns (pocs) alumnes que sí que han cursat l'assignatura de Física del batxillerat (els que han entrat per la via científicotècnica) i una majoria d'alumnes que no l'han cursat. Aquests darrers han vist únicament alguns temes de física a l'ESO, dins d'assignatures de Física i Química i Tecnologia. Com a conseqüència, la majoria d'aquests alumnes no han vist els principis bàsics —ni el mateix llenguatge— de la física.

Un cop a la facultat, els nous alumnes de geologia s'han trobat amb dues assignatures semestrals de primer curs (Física I i Física II) amb un programa que inclou els continguts estàndard d'un curs de física general universitària, i la seva preparació prèvia és molt poc adequada per iniciar un curs d'aquestes característiques. Per aquest motiu, al llarg dels

darrers anys s'ha anat adaptant el programa per tal d'aconseguir d'una banda una millor actitud dels alumnes davant d'una assignatura que de bell antuvi la consideren bàsicament com un **obstacle per superar** i, d'altra banda, canviar uns apriorismes que els fan veure la física com una **mera col·lecció de lleis, efectes i fórmules que s'han de memoritzar**. Això ha propiciat que s'hagin anat incorporant una sèrie d'activitats dissenyades específicament per fer comprendre que la física és en realitat una ciència que pretén el coneixement de la natura, dins de la qual s'inclou, en particular, tot el món propi de la geologia.

Algunes d'aquestes activitats, que es dirigeixen clarament cap a l'adquisició de competències **científiques**, les hem agrupat dins del bloc que hem anomenat activitats de **demostració, observació i explicació** a l'aula i les hem incorporat en el disseny del nou grau de Geologia. Són els aspectes competencials d'aquestes activitats l'objecte d'aquest capítol, especialment pel que fa referència a la seva avaluació, cosa que no estava prevista en l'antiga llicenciatura.

Les activitats formatives de l'assignatura de **Física per a la geologia** del nou grau de Geologia de la UAB s'han estructurat en tres blocs diferenciats:⁵

- a. **Classes teòriques**, compaginades amb tutories i seminaris, amb especial atenció a les aplicacions relacionades amb els fenòmens geològics (6 ECTS).
- b. **Classes de problemes** i activitats dirigides (2 ECTS).
- c. Activitats de **demostració, observació i explicació** a l'aula (2 ECTS).

Els dos primers blocs estan constituïts per les activitats més «tradicional», tot i que en les classes dites «magistrals» s'hi incorporen **seminaris** sobre temes geològics, per tal d'acostar els estudiants a situacions que els siguin més properes als seus interessos —la geologia—, i que a les classes de «problemes», a més dels típics problemes i exercicis s'hi incloguin activitats «problemàtiques», que es puguin elaborar en grup sota la supervisió d'un professor, en la línia dels denominats «problemes per aprendre».

De forma general, podem dir que la finalitat de tots aquests canvis és la de trencar una dinàmica molt negativa en què, per culpa de la rutina, les *classes de teoria* es poden convertir en un *discurs unidireccional* del professor cap a uns alumnes que es limiten «només» a prendre apunts; on les *classes de problemes* poden convertir-se en *classes magistrals de problemes resolts*; i on, finalment, les *sessions de laboratori* poden acabar sent una simple *recollida de dades* a partir d'uns aparells més o menys informatitzats per afegir a uns informes ja més o menys preparats de bell antuvi.

⁵ El pes dels diferents blocs és orientatiu, i es pot canviar d'acord amb les circumstàncies de cada curs.

En la resta del capítol ens centrarem en les activitats de **demostració, observació i explicació (DOE)** a l'aula que considerem com una **unitat docent**, i per tant avaluable, malgrat que es desenvolupin dins la dinàmica normal de les classes de l'assignatura al llarg de tot el curs.

12.3. OBJECTIUS DE LA UNITAT DOCENT

Ja hem comentat que aquestes activitats s'han introduït a poc a poc com a palliatiu d'una situació circumstancial referent a la preparació prèvia dels estudiants. El més important, però, és reconèixer ara la vàlua d'aquestes activitats en la **formació per competències** del nou grau de Geologia. Seguint Cañas, *et al.*, 2007 podem dir que una persona ha adquirit **competència científica** quan és capaç **d'emprar** el coneixement científic en contextos quotidians; és capaç **d'aplicar** els processos que caracteritzen les ciències i els seus mètodes de recerca; i, finalment, **mostra interès** per les qüestions científiques i tecnològiques, tot reflexionant sobre la importància que tenen des d'una perspectiva personal i social. Com veurem tot seguit, l'objectiu bàsic de les activitats **DOE** és, precisament, adquirir **competència científica en el coneixement dels fenòmens físics**.

L'adquisició de la **competència científica** comporta el desenvolupament d'unes **determinades capacitats (Cx)**; el coneixement d'uns determinats **continguts** (tant del món natural com de la mateixa ciència, la física en el nostre cas); l'elecció d'uns **contextos d'interès** de la vida quotidiana adequats a l'estudi dels continguts científics i tecnològics; i, finalment, la generació **d'actituds**, com l'interès per la ciència i la recerca (Cañas, *et al.*, 2007).

■ Capacitats

En referència a les capacitats, aquestes es poden classificar en tres grups (**Cx**), totes ben identificables en les activitats **DOE**.

C1. Identificació de qüestions científiques.

«Ser capaç de discernir davant d'un problema, una situació o un interrogant, si aquest és susceptible d'un tractament científic.» Aquest, com veurem, és precisament el punt de partida de tota activitat **DOE**, ja que es basa en la realització d'una demostració prèvia, un petit experiment real, una filmació, o una simulació per ordinador.

C2. Explicació científica de fenòmens.

«Ser capaç d'aplicar els coneixements de i sobre la ciència per comprendre els fenòmens de la natura, saber descriure'ls, interpretar-los i predir nous comportaments, diferenciant entre fenòmens naturals i teories científiques.» És, evidentment, el segon pas en tota activitat **DOE**: la interpretació de l'experiment que s'acaba de realitzar d'acord amb les lleis de la física, sigui per comprovar, sigui per inferir, les relacions entre teoria i experiment.

C3. Utilització de proves científiques.

«Ser capaç d'emprar els resultats i les conclusions de la ciència en la recerca de solucions a situacions o problemes quotidians i en les argumentacions a favor i en contra en un dilema.» És tracta de la tercera part d'una activitat **DOE**, que pretén no quedar-se només amb el que s'ha vist, sinó extrapolar el que s'ha après en l'experiment per tal de saber quin és l'abast del que s'ha estudiat i poder argumentar-ho.

■ Continguts

Els continguts estudiats en les activitats **DOE** se centren, evidentment, en la física. De totes maneres, és molt important fer una acurada selecció dels temes que s'han de tractar, en particular, que siguin importants per a la vida quotidiana i no únicament des del punt de vista acadèmic. En aquest sentit, incloem qüestions relacionades amb l'aplicació de la física a la vida quotidiana, considerant, tant com es pugui, casos realistes i no únicament exemples «de llibre de text» basats en situacions extremament ideals. També es tenen en compte les relacions entre els continguts més científics (les lleis de la física) i les seves aplicacions tècniques (aparells i sistemes).

■ Contextos d'interès

Entenem per **contextos** les situacions o problemes diversos sobre els quals es pretén aconseguir la competència científica. En el cas de les activitats **DOE** en la física per a la geologia, és important que almenys una part de les activitats tinguin com a context situacions rellevants per a l'estudi de la Terra. En aquest sentit, procurem posar en evidència el paper de fenòmens purament físics —aparentment allunyats de la geologia— en la dinàmica de la Terra. Un exemple d'aquestes implicacions es pot veure a Baig, 2005. Arribar a contextualitzar els problemes de física és molt important no únicament per despertar l'interès dels alumnes de geologia davant d'un problema concret de física, sinó també per saber aplicar els coneixements de física adquirits en les situacions reals del treball d'un geòleg.

Introduir problemes amb un **context ric** s'està reconeixent, internacionalment, com una mesura molt important per arribar a una veritable **comprensió** dels fenòmens físics més enllà del mer joc d'aplicar unes determinades fórmules a unes dades preparades. En aquest sentit, s'ha demostrat que es pot arribar a la situació paradoxal de ser «competent» a resoldre problemes de física, sense arribar, però, a comprendre realment els principis de la física (Kim i Pak, 2002).

■ Actituds

La discussió posterior a la realització d'una activitat **DOE** ha de portar de forma natural cap a una reflexió sobre el paper de la ciència en general i de la física en particular en la societat actual, reflexions moltes vegades difícils d'introduir en la dinàmica normal d'una classe estàndard. En aquest sentit, podem remarcar que dins del projecte **ESA21** (Environmental Science Activities for the 21st Century) s'han creat mòduls sobre temes de medi ambient que, inclosos en un curs de física general, s'han demostrat molt útils per a la conscienciació cívica dels estudiants sobre l'impacte mediambiental del consum domèstic d'energia i altres temes de la vida quotidiana (Pratte, 2006).

Amb aquesta darrera reflexió podem concloure, doncs, que els elements fonamentals que porten a l'adquisició de la **competència científica** són presents de forma natural en el desenvolupament de les activitats de **demostració, observació i explicació (DOE)** que s'implementen en l'assignatura de **Física per a la geologia**. Veurem a continuació amb més detall com està prevista la realització d'aquestes activitats, els diferents tipus que s'estan implantant, i els canvis que comporten en l'avaluació de l'assignatura.

12.4. ACTIVITATS D'APRENTATGE

Les activitats de **demostració, observació i explicació (DOE)** s'han emprat bàsicament per a l'avaluació de les idees prèvies dels alumnes com un tipus més elaborat d'*avaluació per entrevistes*. De forma general, es tracta de posar l'alumne davant d'una demostració física, tot demanant-li que predigui el resultat de la demostració, i, un cop realitzada, que consideri el perquè de les diferències —si n'hi ha hagut— entre la predicció inicial i l'observació crítica del resultat.

Les activitats **DOE**, tal com les considerem, però, no únicament serveixen per avaluar/explorar els coneixements inicials dels alumnes, sinó que es dirigeixen principalment a provocar un *conflicte* o *confrontació* en l'alumne entre «el que es pensa que passarà» i «el que passa realment». És ben conegut, i així és recollit en molts **models de canvi conceptual**, que no és suficient que els alumnes rebin **informació** dels professors que els diguin que les seves idees preconcebudes poden ser errònies, sinó que han de ser ells mateixos, a partir de **situacions de conflicte**, que han d'arribar a ser conscients de les limitacions de les seves preconcepcions i de la necessitat d'adoptar-ne de noves. En aquest sentit, les activitats **DOE** són molt adequades en l'ensenyament de la física, ja que sense necessitat de desenvolupar tota la docència al laboratori (com s'hauria de fer si seguíssim els models més radicals d'*aprenentatge actiu*), es pot portar «l'esperit del laboratori» a l'aula, realitzant en viu experiències que moltes vegades es presenten simplement tretes de la literatura en forma d'esquemes i de taules de valors, descontextualitzades de les activitats que les han generat.

Les activitats **DOE** pretenen trencar la diferenciació «física» entre els tres àmbits clàssics en què s'ha treballat en les assignatures de física general —classes de teoria, classes de problemes i sessions de laboratori— tot proposant el plantejament d'*un problema* —una qüestió problemàtica—, a partir d'*un experiment* —real o virtual— fet a la *classe de teoria* —pel professor juntament amb els alumnes—, amb l'objectiu final d'aconseguir adquirir una *mirada física del món*, és a dir, d'aprendre a pensar com un físic davant d'una situació real.

Un cop preparada una activitat **DOE**, es fa predir als estudiants què esperen que passarà —per escrit, amb polsador a distància informatitzat, etc.—, de manera que comencin a pensar en el tema —que es posin «mentalment actius»— individualment i després per parelles o en grup, perquè puguin discutir, si cal, quan es vulgui. Al llarg de l'activitat no s'expliquen «directament» les coses, sinó que es procura treballar els conceptes de manera que els estudiants els «resolguin» per ells mateixos. L'ús d'un **sistema de comandaments de**

resposta adequat⁶ (**SCR**) pot facilitar la interacció amb els alumnes, especialment en els grups nombrosos, tot fomentant la participació en les consultes i permetent, al mateix temps, fer un seguiment individualitzat de les respostes, que queden enregistrades de forma automàtica en l'ordinador, aspecte que s'ha de tenir en compte per a l'avaluació dels progressos en la comprensió del tema.

Les activitats **DOE** poden ser de molt diversos tipus, d'acord amb les possibilitats de cada tema, però bàsicament les reduïm a tres: experiments magistrals a l'aula, estudi de projeccions de vídeo i simulacions per ordinador.

a. Experiments magistrals

Es tracten experiments **reals** fets a l'aula amb material de laboratori o instruments històrics (o rèpliques) de tal manera que els alumnes vegin actuar en viu els elements que s'expliquen. Vegem-ne uns exemples concrets.

- 1. Estudi de la caiguda lliure.** Entre els molts experiments de caiguda lliure que es poden fer en viu, un de molt simple —però efectiu— consisteix en emprar un dispositiu que deixa caure verticalment una bola metàl·lica per un costat, mentre llança una altra bola horitzontalment per l'altre. El mateix so de l'impacte de les boles sobre la tarima marca el moment de l'arribada a terra de cada bola. L'objectiu de l'experiment és comparar els dos moviments de caiguda. El tractament mitjançant la interrogació dels alumnes per tal que facin prediccions de quina bola arribarà abans a terra resulta molt adequat per posar de manifest les seves preconcepcions en l'estudi de la composició de moviments.
- 2. Estudi de les boles de Newton.** És tracta d'un clàssic dispositiu format per una sèrie de boles penjades d'uns fils que poden xocar les unes amb les altres. Es fabriquen fins i tot rèpliques d'instruments històrics.⁷ Emprat de vegades com a ornament de sobretaula, aquest dispositiu permet visualitzar i experimentar els conceptes de conservació d'energia i moment.

b. Filmacions

Es tracta de realitzar projeccions, amb l'anàlisi consegüent, de filmacions d'experiments o de situacions reals que no són possibles de reproduir a l'aula, sigui perquè són fets en situacions experimentals extremes (dins del laboratori espacial) o en moments molt determinats (una posta de sol). Uns exemples concrets són els següents:

⁶ Hi ha diversos sistemes comercialitzats. Vegeu, per exemple:
<http://www.educlick.es/mandos.html>
<http://www.avd-pro.com/audio-video/sistema-votacion-senteo.html>
<http://www.powervote.es/es/educacion-voto-interactivo.html>

⁷ Vegeu, per exemple, <http://www.pendulum.es>

1. **Comportament en situació d'ingravedesa.** Una sèrie de vídeos realitzats al laboratori espacial de la NASA, en absència de gravetat,⁸ mostren l'execució de diferents exercicis dels astronautes. En aquesta situació, la primera llei de Newton es pot visualitzar d'una forma totalment intuïtiva, ja que es pot comprovar el que realment passa a un objecte en absència de forces, sense que la presència de la gravetat n'afecti les observacions.
2. **Figures d'interferència en ones sobre l'aigua.** Es projecten unes filmacions realitzades llançant pedres a una superfície d'aigua quieta en un estany. La propagació de les ones s'aprecia perfectament i es poden anar presentant situacions més complexes: llançant dues pedres alhora es veuen els fenòmens d'interferència; si hi ha una paret en un costat es veu la reflexió de les ones; si l'aigua està en moviment es pot visualitzar l'efecte d'arrossegament de les ones etc. (Baig, 2007).
3. **Fenòmens òptics naturals.** La filmació de la caiguda d'un llamp o poder passar concentrats en uns pocs minuts tot un dia d'observacions del cel —des de la sortida del Sol fins a la posta— permet poder comentar i discutir sobre els efectes òptics que es manifesten en l'atmosfera (Baig, 2002).

c. Experiments per ordinador

Bàsicament, es tracta d'emprar miniaplicacions de Java per als casos en què o bé no és possible la realització dels experiments en viu o bé es vol insistir en alguns aspectes que en directe no serien prou apreciables. A part de nombroses pàgines web amb miniaplicacions de Java més o menys ben preparades, la indústria editorial ha iniciat també la publicació de llibres en format digital basats en aquesta tecnologia⁹ amb la pretensió de substituir els llibres de text en paper. Vegem alguns exemples d'aplicacions docents de les simulacions digitals:

1. **Moviment oscil·latori.** Una simulació del moviment d'una bola suspesa d'una molla permet anar registrant la seva posició sobre un full en moviment uniforme i dibuixar un gràfic espai-temps de forma totalment intuïtiva. El control sobre els paràmetres de l'experiment virtual permet alentar —o fins i tot aturar— el procés per tal d'anar fent les preguntes o observacions pertinents.
2. **Trajectòries de projectils.** La simulació de la trajectòria d'un projectil permet, per exemple, poder dibuixar sobre mateix del mòbil els vectors velocitat i acceleració i així visualitzar com l'acceleració resta en tot moment constant —el vector és sempre paral·lel— i observar el canvi en el vector velocitat.
3. **Circuits de corrent continu.** Mitjançant les miniaplicacions de Java es poden fer, també, veritables «experiments» en un laboratori virtual, per exemple combinant elements d'un circuit i disposant dels aparells de mesura adients (voltímetre i amperímetre).

⁸ En realitat, una nau espacial en òrbita es troba en caiguda lliure, però l'efecte per als astronautes és el d'absència de gravetat.

⁹ Vegeu, per exemple, *Principles of Physics*, editat en format CD-ROM per Kinetic Books Company.

12.5. INSTRUMENTS D'AVALUACIÓ

Tal com hem anat comentant, mitjançant les activitats **DOE** es treballen directament molts dels diferents aspectes propis de la **competència científica en el coneixement dels fenòmens físics**. Ho podem desglossar, però, en termes de les diferents competències específiques i transversals enumerades en les directrius del grau de Geologia. D'acord amb la relació de competències establerta en la introducció, podem dir que les competències directament treballades —i que seran avaluades— en les activitats **DOE** són les següents:

- Conèixer una disciplina necessària per a les ciències de la terra i el seu llenguatge específic —la física— (competències E3, F1 i F3).
- Resoldre problemes rellevants (competències T2 i F3).
- Desenvolupar el pensament crític respecte a aquest tema (competències T3 i U1).
- Treballar amb autonomia (competències T4 i U3).

És molt important que aquestes activitats **DOE** siguin avaluables i que aquesta avaluació consideri el grau d'adquisició de les diferents competències. Per a aquesta finalitat, hem dissenyat quatre tipus d'activitats d'avaluació:

- **SCR**: es tracta d'emprar el **sistema de comandaments de resposta** per tal de poder anar controlant en temps real la comprensió dels alumnes de l'activitat que es desenvolupa. Deixant a part que es pot emprar per fer una diagnosi inicial (identificar *misconceptions*, idees preconcebudes, contactes previs amb la situació, etc.), podem distingir dues situacions en les quals el sistema de comandament de respostes resulta d'utilitat.
 - a. **SCR – interactiu**: es tracta d'anar controlant al llarg del desenvolupament de l'activitat l'evolució dels conceptes. Es poden registrar de forma individualitzada les respostes dels alumnes a les diferents qüestions que es van plantejant per tal de poder comprovar la seva evolució.
 - b. **SCR – final**: es tracta de fer un test de resposta múltiple i recollida de resultats individualitzada per tal de valorar l'adquisició de coneixements un cop acabada l'activitat.
- **Informe DOE**: per tal de garantir l'atenció i fer que reflexionin sobre les observacions realitzades, se'ls demana un informe individual sobre el que han après durant l'activitat. Hauran d'explicar —verbalitzant— el que han vist i contestar una sèrie de preguntes sobre la possible aplicabilitat a d'altres fenòmens relacionats. En aquest treball es valoraran especialment la capacitat d'expressió, la capacitat de síntesi i la claredat en l'exposició dels conceptes.

- **Examen:** en els exàmens escrits de l'assignatura —finals o parcials— s'inclouran qüestions que facin referència explícita a alguna de les activitats **DOE** desenvolupades a classe, que es valoraran, però, dins la unitat docent **DOE**. És important incloure-les en els exàmens per tal que els alumnes no dissociïn aquestes activitats «diferents» del treball «normal» de classe.
- **Disseny d'una nova activitat DOE:** es tracta d'un treball final, preferiblement fet en grup, en què es demana que proposin noves activitats **DOE** per treballar a classe: nous materials per millorar alguna de les activitats (vídeos didàctics, miniaplicacions...); propostes de nous temes per tractar; propostes d'experiments, etc., i que ho presentin per escrit de forma concreta, justificada i raonada. Aquí es valorarà especialment la capacitat d'aplicar les idees apreses a noves situacions.

Atès que les activitats **DOE** es van realitzant al llarg de tot l'any, s'aniran recollint de forma individualitzada els resultats de les activitats d'avaluació 1 i 2, que tenen globalment un 60% de la nota, i, en el moment oportú, es valoraran les activitats 3 un 20% i 4 l'altre 20%.

La **taula resum** adjunta mostra de quina forma les diferents activitats d'avaluació amunt esmentades ens són útils per a la valoració de l'adquisició d'aquestes competències.

Taula resum. Les activitats d'avaluació

A	C	T2	T3	T4	U1	U3	F1	F2	F3
SCR – interactiu		X	X	X		X			
SCR – final	X				X		X		X
Informe DOE			X					X	X
Exàmens	X						X	X	X
Disseny DOE		X		X	X				X

La creu en la intersecció denota que mitjançant l'activitat indicada en la fila es poden avaluar específicament les competències indicades en les columnes respectives.

12.6. REFLEXIONS FINALS

En aquest capítol hem presentat una sèrie d'activitats dissenyades per a l'assignatura de Física per a la geologia, del primer curs del nou grau de Geologia de la UAB. Aquestes activitats, que hem anomenat **activitats de demostració, observació i explicació (DOE)**, es desenvolupen a la mateixa aula i ja s'han anat introduint al llarg dels darrers anys per tal de familiaritzar amb la física uns alumnes que arriben a la facultat amb pocs coneixements previs, però que ara resulten molt adequats per a la **formació per competències**.

Podem dir que l'objectiu essencial de les activitats **DOE** és que els alumnes **s'apropin a la física d'una forma natural**, lligada amb la realitat de les coses, i que no la vegin com un receptari de fórmules i problemes «tancats» que només serveixen per passar exàmens. Més concretament, pretenen fomentar que els alumnes **es qüestionin, verbalitzin i dialoguin** entre ells —i amb el professor— sobre les situacions físiques que estan veient, de tal manera que es familiaritzin amb el llenguatge propi de la física i que siguin capaços de comprendre l'origen de les fórmules i equacions que apareixen en la seva modelització matemàtica.

Després de justificar que aquestes activitats es dirigeixen directament a l'adquisició de la **competència científica en el coneixement dels fenòmens físics**, hem presentat diversos tipus i exemples concrets d'activitats **DOE** adequades per a l'assignatura de Física per a la geologia: experiments en viu davant dels alumnes, projeccions de vídeo, o simulacions mitjançant miniaplicacions de Java. Un punt molt important en el desenvolupament d'aquestes activitats és la participació dels alumnes en les discussions. En aquest sentit, hem vist com amb l'ús d'un sistema de comandaments de resposta adequat es pot aconseguir aquest diàleg tot enregistrant individualment o col·lectivament els resultats de les preguntes que se'ls formulen. D'aquesta manera, juntament amb les altres activitats d'avaluació que també hem comentat, aquestes activitats **DOE** són avaluable i tenen el seu pes en la qualificació final de l'assignatura.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, D.; DUCH, B. *Thinking toward solutions: problem-based learning activities for general biology*. Florida: Saunders College Publishing, 1998.

ALLEN, J.; RAMAEKERS, G.; VAN DER VELDEN, R. *La medición de las competencias de los titulados superiores*. En VIDAL GARCÍA, J. *Métodos de análisis de la inserción laboral de los universitarios*. León: Universidad de León, 2003, p. 31-54.

ANECA. *Programa de convergencia europea. El crédito europeo*. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y la Acreditación, 2003.

AQU CATALUNYA. *Guia per al disseny d'un perfil de formació: Enginyeria Química*. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya, 2006.

AQU CATALUNYA. *Marc general per a la integració europea*. Barcelona: Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya, 2004.

ARBOIX, E., et al. *Marc general per a l'avaluació dels aprenentatges dels estudiants*. Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari a Catalunya, 2003.

ARNAU, L.; ZABALA, A. *Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó, 2007.

BAIG, M. Òptica atmosfèrica, la física del paisatge. A: JOU, D.; LLEBOT, J. E. (ed.) *Física de la quotidianitat. Aula de Ciència i Cultura*, 17: Fundació Caixa de Sabadell, 2002, p. 115-127.

– Realitat, modelització i matemàtica en problemes de Física. A: *Resoldre problemes per aprendre. EINES-2*, 2005, p. 21-28.

– Einstein per als més petits. *GUIX*, 326-327, 2007, p. 16-20.

BARRÓN, C. La evaluación basada en competencias en el marco de los procesos de globalización. En VALLE, M. (coord.) *Formación de competencias y certificación profesional*. Mèxic: Centro de Estudios de la Universidad, UNAM, 2000.

BARROWS, H. S. *Problem-based learning: An approach to medical education*. Nova York: Springer, 1980.

BENITO, A.; CRUZ, A. *Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Narcea, 2005.

CAÑAS, A.; MARTÍN-DÍAZ, M. J.; NIEDA, J. *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*. Madrid: Alianza Editorial, 2007.

Carpets d'aprenentatge a l'educació superior: una oportunitat per repensar la docència. UAB, IDES, 2008.

CARRASQUER, P., et al. *Aprenentatge cooperatiu en Ciències Socials*. UAB, IDES, 2006.

- CARRETERO, M.; RODRÍGUEZ MONEO, M. Ideas previas y cambio conceptual. *Postgrado en Constructivismo y Educación*. Buenos Aires: FLACSO-Argentina i UNAM, 2007.
- COLL SALVADOR, C. *et al.* Avaluació continuada i ensenyament de les competències d'autoregulació (Una experiència d'innovació docent). *Quaderns de Docència Universitària*. Universitat de Barcelona, 2007.
- DELORS, J. (ed.). *La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana-Unesco, 1997.
- ESTEVE RUESCAS, O.; ARUMÍ RIBAS, M. La evaluación por competencias y el portafolio del estudiante: dos experiencias en asignaturas de lengua alemana y de interpretación simultánea. Universitat Pompeu Fabra, 2002.
- EUNSOOK, K.; PAK, S.-J. Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems. *American Journal of Physics*, 70, 2002, p. 759-765.
- FENWICK, T.; PARSONS, J. *The art of evaluation, a handbook for educators and trainers*. Canadà: Thomson Educational Publishing, 2000.
- GENÉ, J.; PIVIDORI, I. Objetivos de aprendizaje y actividades cooperativas: experiencias para favorecer el aprendizaje autónomo en el área de la química analítica. Red Estatal de Docencia Universitaria (REDU), *Seminario Internacional: El desarrollo de la autonomía en el aprendizaje*, juliol del 2007.
- GALCERAN, M. T.; MANS, C.; JORBA, J. El LAI (Laboratory Assessment Inventory): un instrumento de evaluación de la docencia experimental. *IIas Jornadas Internacionais sobre o Ensino da Química*. Vigo, 12-14 de setembre de 1996.
- GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R. (eds.) *Tuning Educational Structures in Europe. Final Report-Phase One*. Bilbao: Universidad de Deusto-University of Groningen, 2003.
- Guia del portafoli de l'estudiant*. Materials docents. Oficina de Coordinació i Avaluació Acadèmica (OCCAA). Facultat de Ciències de la Salut i de la Vida, 1985.
- GUIDONI, P. On natural thinking. *European Journal of Science Education*, 1985.
- HUTMACHER, R. W. L'avaluació en la transformació de les modalitats de govern els sistemes educatius. En *Tendències europees en avaluació i educació*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Consell Escolar de Catalunya, 1999, p. 15-34.
- LASNIER, F. *Réussir la formation par compétences*. Mont-real: Guérin, 2000.
- LE BOTERF, G. *Ingeniería de las competencias*. Barcelona: Gestión 2000, 2001.
- MILLER, A. H.; IMRIE, Bradford; COX, Kevin. *Student assessment in higher education*. Londres: Kogan Page, 1998.
- MILLER, G. E. The assessment of skills/competences/performance. *Academic Medicine (Supplement)*, 1990, núm. 65, p. 63-67.

NCES. *Defining and Assessing Learning: Exploring Competency-Based Initiatives*. National Postsecondary Education Cooperative, 2002. Disponible a: <http://inces.ed.gov/publicsearch/> (consultat el setembre de 2008).

PERKINS, D. N. *Knowledge as design*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 1986.

PERRENOUD, C. *Construir competencias desde la escuela*. Santiago de Xile: Dolmen, 1999.

PRADES, A. (2005). *Les competències transversals i la formació universitària*. Universitat de Barcelona [Tesi Doctoral]. Accessible a http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX-0404106-114952/. Data de consulta: 25 de gener de 2007.

PRATTE, J. M. Engaging Physics students using environmental lab modules. *The Physics Teacher*, 44, 2006, p. 301-303.

ROE, R. A. What makes a competent psychologist? *European Psychologist*, 7 (3), p. 192-202.

RUE, J.; MARTÍNEZ, M. *Les titulacions UAB en l'Espai Europeu d'Educació Superior*. Barcelona: UAB, IDES, 2005.

SANMARTÍ, N. *La didáctica de las ciencias en la educación*. Madrid: Síntesis Educación, 2002.

TAMIR, P.; GARCÍA, M. P. *Característiques dels exercicis de laboratori inclosos en els llibres de text i de ciències de Catalunya*. Enseñanza de las Ciencias, 1992.

Treballem les competències en química. Elaboració d'activitats i material docent per a una metodologia d'aprenentatge actiu a l'aula. Projecte d'innovació docent. Responsable del projecte: Jordi Gené. UAB, 2006.

VIA GIMÉNEZ, A. *Dels continguts a les competències en els crèdits de Formació Professional: una nova perspectiva docent. Llicència d'estudis (modalitat B3 de dedicació compartida, temàtica 2. Currículum i innovacions)*. IESM Narcís Monturiol, setembre del 2008.

Via Laietana 28, 5a planta | 08003 Barcelona | Tel.: +34 **93 268 89 50** | Fax: +34 93 268 89 51



Agència
per a la Qualitat
del Sistema Universitari
de **Catalunya**

WWW.AQU.CAT