

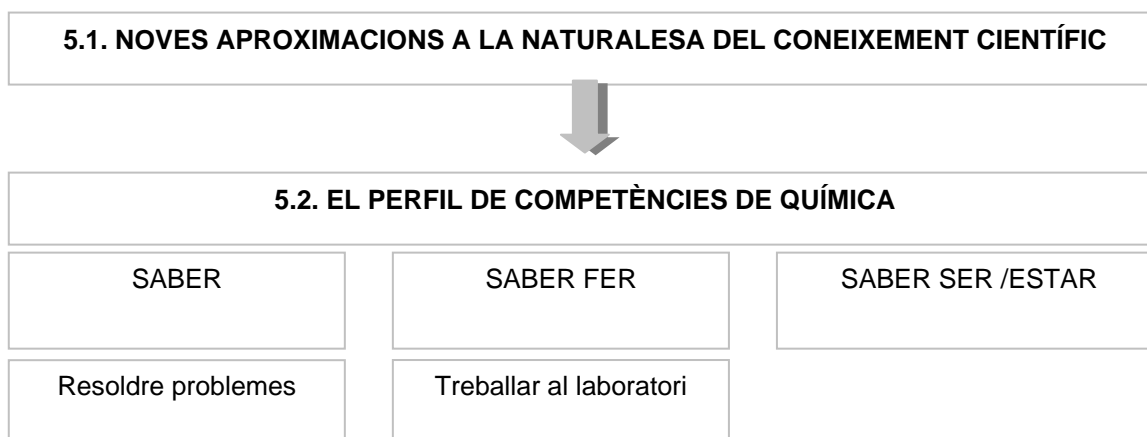
Capítol 5. Noves aproximacions a la naturalesa del coneixement científic. El perfil de formació de Química

| | |
|--|-----|
| Capítol 5. Noves aproximacions a la naturalesa del coneixement científic. | |
| El perfil de formació de Química | 137 |
| 5.1. Noves aproximacions a la naturalesa del coneixement científic | 139 |
| Aspectes diferencials de la formació de ciències | 139 |
| Els límits del saber | 142 |
| Noves aproximacions al currículum | 143 |
| 5.2. El perfil de competències de Química | 147 |
| El Saber..... | 150 |
| El saber fer | 151 |
| El saber ser i estar | 154 |
| 5.3. La resolució de problemes com a síntesi del “Saber” químic..... | 158 |
| 5.4. El treball en laboratori com a síntesi del saber fer, el saber i el saber ser i estar | 160 |
| a. Al laboratori s'hi aprèn o s'apliquen receptes? | 160 |
| b. Laboratori o classes magistrals? | 161 |
| c. Com podria ser més eficient el laboratori?..... | 163 |

| | |
|---|---|
| 1 | NOUS REPTES DE FORMACIÓ SUPERIOR |
| 2 | LES COMPETÈNCIES I L'EDUCACIÓ SUPERIOR |
| 3 | APRENTATGE I FORMACIÓ DE COMPETÈNCIES |
| 4 | AVALUACIÓ DE COMPETÈNCIES |
| 5 | LES COMPETÈNCIES DEL PERFIL DE FORMACIÓ DE QUÍMICA |

Un cop contextualitzat el constructe de competències transversals, definit en què consisteixen, i les implicacions que té tant pel que fa a la concepció de l'aprenentatge, com pel que fa a les estratègies docents, com pel que fa a les avaluatives, en aquest capítol es procedirà a un pas d'especificació: definir les competències del perfil de formació a química.

El capítol s'estructura en dues grans parts (veure l'Esquema 5.1). Una primera part general, en la qual s'esbossa probablement el principal problema de la formació en ciències: la inabastabilitat del coneixement. En aquest context, assolir la formació de graduats competents (en X) dependrà de la qualitat en la selecció de les competències corresponents. Davant la impossibilitat d'un enfocament enciclopèdic, cal buscar criteris de selecció¹:



Esquema 5.1

¹ Al capítol 3 s'han descrit alguns d'aquests criteris: partir de les preconcepcions prèvies, buscar temes motivadors, reals, propers a la quotidianitat dels estudiants, ensenyar a generar el coneixement partint de com es genera a la vostra disciplina, etc.

En la segona part del capítol, el contingut es centrarà en l'anàlisi de documents que defineixen el perfil de competències a Química: el document de Benchmarks britànics (QAA,2000), el document del grup de Química del projecte Tuning (González i Wagenaar, 2003) i, finalment, el llibre blanc del títol de grau en Química (ANECA, 2004). El perfil s'estructurarà en les tres grans dimensions, segons s'argumentava, que formen part de la conducta competent: el saber (*think*), entenent que no es pot separar la informació de les competències cognitives per gestionar-la, el saber fer (*perform*) i els saber ser o estar (*act*) de la formació química. Finalment, s'abordarà amb un major detall dues estratègies docents i avaluatives de la formació en Ciències Químiques: la resolució de problemes, com a síntesi del saber, i el treball al laboratori, ja que integra el saber, el saber fer i el ser i estar.

5.1. Noves aproximacions a la naturalesa del coneixement científic

Fins ara s'ha definit el constructe de competències i què implica en relació a l'enfocament d'ensenyament aprenentatge i avaluació. En aquest capítol es tractarà dels aspectes diferencials de les competències científiques, fent més referència a les competències a assolir per un graduat de química.

En aquest apartat, en primer lloc s'analitzarà quines són les característiques diferencials de l'aprenentatge de les ciències en relació a les altres disciplines i, en segon lloc, com es pot afrontar el gran repte que presenta creixement exponencial del coneixement que es dona a la nostra societat.

Aspectes diferencials de la formació de ciències

Wubbels i Girgus (1997) assenyalen una sèrie d'aspectes que caldria prendre en consideració a l'hora d'enfocar el procés d'ensenyament aprenentatge en l'àmbit de les ciències:

a. La seqüència

L'aprenentatge de les ciències és més seqüencial que en la resta de disciplines, raó per la qual la pèrdua o no comprensió d'algun contingut dificulta l'adquisició dels següents. Això obliga a fer un esforç en l'organització de la seqüenciació del contingut (prerequisits de contingut) que esdevé clau per a la coherència del perfil i l'assoliment de les competències (o aprenentatge). Aquest esforç organitzatiu serà major a major nombre d'assignatures o d'atomització.

Wubbels i Girgus (1997) recomanen fer esforços perquè el currículum sigui més flexible, i desenvolupar **àmplies** branques d'habilitats cognitives, no passadissos unidireccionals que generen una major i major especialització.

b. Relació entre la teoria i l'experimentació o observació

Un dels components essencials de les classes de ciències naturals i físiques és l'observació detallada i els experiments duts a terme normalment en els laboratoris docents, o excursions a llocs d'interès biològic o geològic (Miller, Imrie i Cox, 1998). En l'educació de la ciència, l'experimentació té un rol clau. Aquesta relació és la característica fonamental de la ciència (Wubbels i Girgus, 1997).

L'experimentació permet donar feedback immediat sobre un bon aprenentatge. En aquest sentit, cal fer conscients els estudiants que és normal fer errors en l'estudi de ciència: la clau és anticipar-los i prendre accions correctives. Un bon currículum ofereix oportunitats per animar a *testar* hipòtesis, a experimentar, i per tant, a equivocar-se.

Ara bé, sempre es pren per garantit que tots els estudiants observaran els mateixos aspectes que tant òbviament es veuen des del punt de vista del professor, la qual cosa és, des de la perspectiva constructivista (Duit, 2000) un gran error del qual cal ser-ne conscients per a un bon disseny de la formació.

c. Habilitats quantitatives

La major part de l'estudi de ciències requereix habilitats quantitatives. Tot i que la recerca mostra que les habilitats quantitatives són educables, en algunes societats es creuen innates (mentre que en les asiàtiques es consideren fruit del treball dur), la qual cosa dificulta la tasca formativa².

Wubbels i Girgus (1997) afirmen que amb els ensenyaments no especialitzats en ciències ("nonmajors en ciències"), s'aprèn més ciència que en els ensenyaments especialitzats en ciències ("majors en ciències"), si es considera l'objectiu de relacionar la teoria amb l'experiment o realitat. Això resulta paradoxal perquè en aquests cursos sovint s'obvien els cursos quantitius (fet que faria baixar la matrícula d'aquests cursos). Els autors ho atribueixen al fet que en els "majors en ciències" l'esperit que es

² La recerca sobre les causes del rendiment superior dels nens d'origen asiàtic en matemàtiques en les escoles americanes, indica el fet que per aquestes famílies l'èxit en matemàtiques es percep i es valora com a producte de l'esforç emprat, i no com una habilitat innata (Shaffer, 2000).

transmet als estudiants és: *“no us preocupeu per com s’assolirà el coneixement, en què s’aplica i per què s’ha de calcular d’aquesta manera; sabem allò que és bo que aprengueu, i està vinculat a la seqüència dels cursos, així que limiteu-vos a fer el que hem establert que feu.* Els autors aconsellen esborrar la divisió entre els dos tipus de línies: els "nonmajors" haurien de ser més quantitius si pretenen una veritable representació de la realitat, i els majors haurien d’estar menys fixats en algorismes.

Aquesta discussió de com orientar els "majors" de ciències està connectada amb el debat d’organitzar el currículum conceptualment, és a dir, d’acord amb la seqüència lògica (coneixements bàsics primer, aplicacions o anàlisi de situacions concretes un cop assolits aquests coneixements), o bé partint de l’aplicació o el problema (com la metodologia de l’aprenentatge basat en problemes).

d. La recerca i l’equipament

Hi ha dos motius pels quals la relació entre recerca i currículum és molt rellevant: D’una banda, ningú pot pretendre haver après ciència sense conèixer el seu poder investigador, de l’altra, el contingut i els mitjans de fer ciència varien ràpidament, els professors no en seran conscients si no estan implicats en recerca.

Molta de la recerca és experimental o de càlcul, la qual cosa fa que els estudiants amb bases raonables de treball puguin contribuir a la recerca ràpidament, cosa que, consegüentment, és un mitjà molt efectiu per cultivar l’interès per la ciència i el seu coneixement.

Això es tradueix en una necessitat d’**equipament**. El procés d’ensenyament de la ciència es caracteritza per la necessitat de treball al laboratori o treball de camp i el seu equipament associat. Els costos d’equipament han escalat enormement, tot i que la informàtica i altres avenços tecnològics n’han alleugerit el cost. Aquest elevat cost ha provocat el debat sobre la necessitat d’avaluar acuradament l’eficiència del treball de laboratori.

Els límits del saber

El creixement explosiu del coneixement científic fa, segons De Vos, Bulte i Pilot (2002), que sigui impossible integrar-lo tot dins un pla de formació. A continuació s'ofereix una cita que il·lustra molt clarament què representa aquesta explosió de coneixement:

En la història de la ciència calgueren 50 anys per distingir clarament les diferències entre àtom i molècula; avui en dia, els professors de química gasten uns 50 minuts introduint aquests dos conceptes claus teòrics als estudiants inicials de química. No és sorprenent, per tant, que els estudiants tinguin dificultats en la comprensió dels àtoms i molècules

(Lin, 1998:1329, citat a -Wandarsee i Baudion, 2002:33).

En termes estadístics, la mostra de continguts cada cop és més petita en relació a la població o a l'univers, la qual cosa – seguint amb l'analogia – augmenta enormement l'error mostral. Ara bé, hi ha estudis estadístics que amb una mostra molt petita són altament representatius; la clau és que la mostra sigui representativa de la població.

Les competències són, com s'ha vist, contextuals: no s'és competent en abstracte, s'és competent *en* determinat aspecte, la seva transferabilitat és un aspecte qüestionat. La clau està en la selecció d'aquells nuclis *competencials* que permetran el desenvolupament del graduat en les diferents àrees d'acció que es vagi trobant al llarg de la seva vida. Ens la juguem, per tant, en el disseny del perfil de formació. Com escollir-la?

Aquest nou coneixement s'ha anat afegint o superposant al coneixement que s'impartia prèviament, conformant en el cas de la Química, segon De Vos, Bulte i Pilot (2000), un **currículum sedimentari** no exempt d'inconsistències³.

Aquest excés de coneixements fa que, segons aquests autors, **es suprimeixi el raonament científic**. Així, en els llibres de text del 1920, en relació a la fórmula del benzè, s'informa de la discussió de l'evidència i que la fórmula de Kékule és la que millor descriu el benzè. Aquest raonament encara apareix als anys 60 i 70, però en canvi als anys 80 només es comenta que la millor forma de presentar el benzè és, en un examen, amb un cercle. Els estudiants aprenen

³ En el Capítol 2 s'argumentava que el perfil de formació definit en competències passa a ser quelcom més que l'acumulació de coneixements (currículum sedimentari) per esdevenir un perfil de formació global, on la presència de *bits* discrets d'informació no és tant rellevant com la capacitat d'ús i desenvolupament de nous coneixements/destreses davant de situacions o problemes complexos.

formes resumides de resultats científics sense confrontar-se amb la naturalesa d'aquests resultats i l'actitud crítica requerida per apreciar-los. Tot i seguir afirmant que la química és una ciència, els llibres de química es presenten als estudiants com un conjunt de veritats seleccionades desenllaçades del seu origen científic (De Vos, Bulte i Pilot, 2000). En aquest sentit els autors esmentats subratllen que un currículum no necessàriament necessita ser comprensiu, pot ser representatiu; aquest plantejament solucionaria el problema de la sobrecàrrega.

Noves aproximacions al currículum

Una visió filosòfica sobre la naturalesa del coneixement químic

Per a seleccionar què cal formar, cal veure quines són les *maneres* en les quals s'ha creat el coneixement en la disciplina. Així, el contrast entre la química i la física mostra que els conceptes químics es basen més en aspectes qualitius de la matèria, mentre que els físics estan caracteritzats per la matematització. Per exemple, l'alineació dels elements a la taula periòdica ha provocat algunes de les prediccions més dramàtiques de la història de la ciència, i és dubtable que aquestes prediccions es poguessin fer a nivell de la química quàntica. Les òrbites electròniques no són observables d'acord amb la mecànica quàntica, però en canvi continuen sent una dispositiu explicatori molt útil (Erduran i Scerri, 2002).

D'altra banda, les visions sobre el món han evolucionat, la qual cosa implica – o hauria d'implacar – canvis en les formes d'impartir el coneixement sobre el món, si no es vol córrer el perill de donar un coneixement irrellevant. Earley (2004) defensa que el currículum ha de ser conscient de en quina visió del món s'està basant, i reflectir-la: qui creu que no segueix cap tradició filosòfica, en realitat pot ser esclau d'una visió caduca. Estudis amb professorat de secundària de ciències mostren com hi ha diferents "imatges" de la ciència que influeixen en els mètodes docents i d'avaluació (Porlán, García, Pozo, 1998)⁴.

⁴ Els autors distingeixen entre racionalisme, empirisme i una visió alternativa. Pel model racionalista el coneixement és un producte de la ment humana, generat a través del rigor lògic i la raó, i està associat a enfocaments docents de reproducció i transmissió verbal que permetin l'apropiació dels continguts. Pel model empirista l'observació i la inducció, la hipòtesi i l'experimentació permeten assolir el coneixement objectiu; el currículum s'estructura mitjançant seqüències tancades d'activitats que permetin l'assimilació del coneixement. La visió alternativa, en canvi, veu la ciència condicionada social i històricament, i el coneixement com a temporal i relatiu; amb aquesta visió la metodologia més propera és la recerca sobre problemes significatius com a eix de construcció de significats. (Porlán, 1989, citat a Porlán, García y Pozo, 1998)

Per Earley, el currículum dels cursos introductoris de química (dels "nonmajors") hauria de tenir un enfocament menys analític, menys basat en allò que és petit o minúscul, no només perquè aquest coneixement és - pels estudiants- poc rellevant, i, per tant, pot semblar totalment prescindible, sinó i sobretot perquè aquest currículum no reflecteix l'evolució sobre les visions del món natural⁵. Visions que han reinterpretat la visió atòmicista i mecanicista pròpia del renaixement, abandonant l'interès per la cerca dels elements fonamentals, a la comprensió en com les unitats existents s'uneixen per constituir agents funcionals (Wolfram, 2002 citat a Earley, 2004). S'ha passat de creure que allò que existeix es pot deduir de l'anàlisi dels components, a una visió evolutiva (de síntesi) en la qual tot allò que és ha aparegut a través de processos de síntesi.

La tecnologia com a eix del currículum

De Vos, Bulte i Pilot (2002) indiquen que cal tenir en compte que la influència de la química i la tecnologia en la nostra vida diària, plena de productes químics, va en augment constant. El currículum, afirmen, no ha absorbit bé el context tecnològic, simplement s'hi ha afegit i ho fet al final; així, les aplicacions, tecnologies i les conseqüències per la societat es discuteixen al final dels capítols dels temes científics. Els autors creuen que el currículum de Química s'ha isolat de la recerca química moderna, de la naturalesa científica de la disciplina i de la societat; i, conseqüentment la rellevància del currículum per a l'estudiant, tant com a ciutadà com a futur científic, ha esdevingut problemàtica. Per això proposen començar per la tecnologia, perquè és el motiu per mostrar la rellevància de les activitats químiques⁶. Els temes (o *tecnologies*) donen el context en el qual les habilitats i el coneixement tindran un significat.

Ara bé, el pensament tecnològic difereix del científic. Un tecnòleg tracta de buscar una solució per a un problema situat en un context social, per exemple trobant un plàstic apte per a

⁵ Collingwood (1945 citat a Earley) assenyala que la visió organícista del món natural va ser substituïda per una visió mecanicista durant el Renaixement. El pensament contemporani s'han allunyat de la visió atòmicista i mecanicista pròpia de la cosmologia renaixentista: la ciència ha abandonat la recerca d'unitats elementals de descripció inerts (Dehmelt, 1990 citat a Earley, 2004), i les explicacions mecanicistes abunden però estan lluny de ser simples col·lisions o unitats simples com es suposava. L'interès actual es centra més en com les unitats existents s'ajunten per construir agents funcionals complexos (Wolfram 2002 citat a Earley, 2004). L'atomisme i el mecanicisme no s'han abandonat, però sí reinterpretat. La prioritat no s'adscriu a un sol tipus o nivell d'entitat (un corpuscle microscòpic, o un individu), allò fonamental és el procés (històric) pel qual les intentats individuals s'integren en aquestes agregacions unitàries funcionals (Earley, 2004).

⁶ Cal tenir en compte que la proposta és per al currículum de la formació a secundària, no de la formació universitària. Ara bé, la justificació del seu enfocament és anàloga a la que s'empra per introduir l'enfocament de l'aprenentatge basat en problemes en l'educació superior.

joguines infantils; en canvi, un científic es centra en la comprensió i explicació d'un fenomen (De Vos, Bulte i Pilot, 2000).

La història de la ciència

Hi ha autors que encara van més enllà, i es pregunten si no caldria fer referència als **contextos culturals, personals o històrics** en els quals es desenvolupa la ciència, cosa que permetria que els estudiants de ciència desenvolupessin l'apreciació de la ciència com a projecte humà (*human endeavour*) (Erduran i Scerri, 2002).

La història de la química, segons Wandarsee i Griffard (2002) permet ensenyar als estudiants sobre la naturalesa de la ciència i a desenvolupar el pensament crític, ajudar els professors a explotar els paral·lelismes entre el desenvolupament individual i l'històric d'una matèria de coneixement, i els ajuda a adreçar problemes pràctics de la instrucció, com l'organització del contingut, i a facilitar la integració intercurricular del coneixement. Els autors proposen que a l'hora d'organitzar el currículum o de programar una assignatura caldria tenir en compte l'epistemologia d'aquella àrea de coneixement, com s'ha generat el coneixement històricament, més que oferir els resultats d'aquest procés.

La visió constructivista sobre els aprenentatges científics

Al capítol 3 es descrivia com l'enfocament de competències implica un nou enfocament d'aprenentatge en el qual l'estudiant esdevé l'artífex principal, el constructor del seu propi aprenentatge, i es descrivia el marc teòric del constructivisme. Segons aquest marc, l'aprenentatge és un procés actiu en el qual, emprant l'analogia d'una bastida, els individus van construint el seu coneixement ancorant-lo en els coneixements i comprensions prèvies.

La formació en ciències no sempre assoleix que els estudiants abandonin les seves concepcions preinstruccionals. De fet, segons diversos estudis, ni tan sols l'èxit acadèmic en assignatures de ciències garanteix el canvi o la modificació de les concepcions precientífiques (Marchese, 1997; Duit, 2000; Bodner i Herron, 2002;). En el fons, aprendre ciència vol dir que els estudiants donen menys estatus a les seves concepcions diàries en menor nombre de contextos, mentre que les concepcions científiques s'incrementen de manera similar (Duit, 2000).

Com canviar o reelaborar les concepcions precientífiques? El constructivisme postula que els constructes tenen una naturalesa temptativa, que es modifiquen –en major o menor mesura–

quan hi ha altres evidències disponibles. Només els constructes viables sobreviuen. Aquesta visió té clares implicacions en els mètodes docents, especialment en el fet que no es poden ignorar les concepcions prèvies dels estudiants, sinó que cal desafiar-les.

Cada cop més hi ha un canvi des d'ensenyar habilitats de processos científics, com hipotetitzar i experimentar, a emfatitzar en la construcció per part dels estudiants de teories científiques, models i explicacions (Schauble, Klopfer & Raghavan, 1991; citats a Erduran i Scerri, 2002).

La taula següent mostra algunes de les implicacions o els canvis de la visió constructivista sobre l'aprenentatge de les ciències, concretament les que afecten els objectius del currículum i el rol de l'aprenent.

| Quadre 5.1. Visió tradicional versus visió constructivista de la ciència | |
|---|---|
| Visió tradicional de la ciència | Visió constructivista de la ciència |
| Objectius del currículum | |
| Coneixement científic: què sabem | Coneixement sobre la ciència: com i per què sabem |
| Èmfasi en les explicacions finals plenament desenvolupades | Èmfasi en el creixement del coneixement i desenvolupament de les explicacions |
| Amplitud del coneixement | Profunditat del coneixement |
| Coneixement bàsic científic | Coneixement científic contextualitzats |
| Unitats curriculars discretes | Unitats curriculars connectades |
| Rol de l'aprenent | |
| Baix input de l'estudiant, imatge no activa | Alt input, imatge activa |
| Significats científics rebuts | Significats científics negociats |
| Baix nivell de reflexió | Alt nivell de reflexió |
| Ús d'estratègies desenvolupades | Ús de coneixement estratègic, basat en principis (<i>principled</i>) |
| Font: Duschl & Gitomer, 1991, 849, citat a Duit, 2000 | |

5.2. El perfil de competències de Química

Com s'ha dit l'univers del coneixement és inabastable, i "el calze" o "la pedra filosofal" de l'educació superior consisteix, en termes estadístics, a trobar quina "mostra" d'aquest coneixement permetrà una major capacitat d'aprenentatge, d'adaptació als diferents àmbits professionals/acadèmics que obra la disciplina.

Per aproximar-se a quin és el nucli de la disciplina Química que permet l'assoliment d'un títol competent, s'han consultat diversos documents que tracten d'establir el nucli o els estàndards mínims que hauria d'assolir la formació en química. Els principals documents són els següents: el document de *Benchmarks* de la *Quality Assurance Agency* (2000), el document del grup de treball Tuning (González, Wagenaar, 2003), el document sobre el títol de grau de Química de l'ANECA (ANECA, 2004) i el *Guidelines for the evaluation of the Undergraduate Professional Education in Chemistry* de l'*American Chemical Society* (ACS, 2003); si bé també s'han tingut en compte articles aïllats sobre el currículum acadèmic (Bennet i O'Neale, 1998; Johnstone i Al-Shuaili, 2001; Bodner i Herron, 2002, etc.).

El document de *Benchmarks of Chemistry* (QAA, 2000)

Com s'ha comentat al capítol 2, tracten d'establir el estàndards mínims de resultats d'aprenentatge o competències que han de tenir totes les titulacions del Regne Unit. El document sobre *Benchmarks* de Química (QAA, 2000b) divideixen les competències en grans categories: **habilitats cognitives** relacionades amb la Química, és a dir, relacionades amb tasques intel·lectuals, inclosa la solució de problemes; **habilitats pràctiques** relacionades amb la química (com ara les relacionades amb el treball de laboratori), i **competències transversals**, que es poden desenvolupar en el context de la química i que són de naturalesa general i aplicable en altres contextos.

El Projecte Tuning (González i Wagner, 2003)

La primera fase del projecte (2001-02) intenta definir els continguts i els perfils professionals de 7 àrees temàtiques en una dimensió europea, desenvolupant una **metodologia** per a la comprensió del currículum i la seva comparabilitat (no l'homogeneïtzació).

El grup que definia les competències de Química, liderat per Terry Mitchell (Dortmund, Alemanya) i R.J Whewell (Stratchlyde, UK) va partir de la feina de la QAA, i el va adaptar a una titulació de grau, o Bachelor de 180 crèdits (els *benchmarks* de la QAA donen accés al Doctorat), i per tant de titulacions "de segon cicle" o de Màster. A més a més, els *benchmarks* també es van adaptar considerant els resultats de la consulta amb graduats, en els quals es va constatar que molts químics treballen en camps aliens a la disciplina.

Els elements que haurien d'estar presents en tot *Eurobachelor* de Química són:

- Coneixements com ara aspectes principals de terminologia química, nomenclatura, conversions i unitats, o les principals tècniques d'investigació estructural, les principals rutes de síntesi en química orgànica, etc.
- Un ampli rang de diferents habilitats i destreses que se subdivideix en tres categories principals: habilitats i destreses **cognoscitives** relacionades amb la química, és a dir, habilitats i destreses relacionades amb tasques intel·lectuals, incloent-hi la resolució de problemes; **destreses pràctiques** relacionades amb la química, per exemple, destreses relacionades amb la gestió de la feina de laboratori; **destreses transversals** que poden estar desenvolupades en el context de la química i són de naturalesa general i aplicables en altres contextos.

Els continguts s'estructuren en mòduls tradicionals de formació⁷, tot i que s'assenyala la idoneïtat que vagin desapareixent aquestes barreres entre especialitats.

⁷ Assenyalen quatre tipus de mòduls:

- Mòduls troncal: química analítica, química inorgànica, química orgànica, química física, bioquímica.
- Mòduls no químics: matemàtiques, física i biologia. S'espera que existeixin mòduls obligatoris de física i matemàtiques.
- Els cursos pràctics, que poden organitzar-se com mòduls independents o com mòduls integrats.
- Mòduls semiopcionals: química computacional, química tecnològica, química macromolecular.

El Projecte ANECA (2004): els llibres blancs

Aquest projecte és hereu del projecte Tuning, i per tant dels *Benchmarks* britànics, i, a més a més, del context de l'educació superior espanyola (marc legal, evolució història, etc.)⁸.

Aquest projecte és una mica més ampli que els altres dos, ja que a més de definir un perfil de *sortida* del graduat, s'analitza, per cadascuna de les comissions, la situació dels estudis a Europa, la demanda social (estadístiques d'oferta i demanda) i la inserció laboral (enquestes d'inserció laboral), i l'estructura general del títol així com l'assignació dels continguts en crèdits europeus.

Cadascun dels llibres els elabora una comissió formada per tots els degans d'un ensenyament determinat. En el cas del llibre blanc del títol de grau en química es van dividir en cinc grups: la comissió coordinadora, el grup europa, el grup d'inserció laboral, el de perfils professionals i competències, i el d'estructura general del títol.

La part que aquí ens ocupa és la dels perfils de formació. Aquest s'estructura en tres parts que s'anomenen pràcticament igual que en els dos projectes anteriors: competències teòriques, competències pràctiques, i un tercer bloc de competències instrumentals, personals i sistèmiques (seguint la nomenclatura del Projecte Tuning). Ara bé, si bé els *Benchmarks* i els estàndards del Projecte Tuning són comparables –i s'han situat als quadres de manera que es pugui veure la seqüència– no s'ha pogut fer igual amb les competències de l'ANECA, ja que segueixen una lògica diferent. Així, el bloc de competències teòriques (Quadre 5.2) no consta en cap dels dos altres projectes (de fet, el redactat no és en forma de competències, sinó que és una llista de coneixements), mentre que el de competències pràctiques (Quadre 5.3) inclou les competències cognitives i les de laboratori, i el de competències transversals (Quadre 5.4) és un aglomerat de les competències genèriques transversals del projecte Tuning, i no una adaptació d'aquestes a les peculiaritats de la Química com en els altres dos projectes..

⁸ Aquest context és responsable que al perfil aparegui amb més èmfasi en els coneixements i en l'estructura i continguts específics del títol (part estructura general del títol i distribució de continguts en crèdits europeus) En aquest sentit, els altres dos projectes estan molt menys interessats en quins són els continguts mínims. coneixements, deixant molta més llibertat a cadascuna de les institucions.

El Saber

A continuació s'ofereix un Quadre que resumeix aquestes tres grans propostes en relació al Saber. L'apartat s'estructura en els tres grans grups o components de la competència: el saber, el saber fer i el saber ser i estar, si bé cal insistir que la competència s'actualitza en un comportament que integra els tres components, i que aquesta separació només s'empra per fer més intel·ligible el contingut *core* o nuclear de la formació en Química.

Quadre 5.2. Competències cognitives (i teòriques) de Química: Benchmarks, Tuning i ANECA

| BENCHMARKS | TUNING | ANECA |
|--|---|---|
| 1. Habilitat de demostrar coneixement i comprensió de fets, conceptes, principis i teories essencials relacionades amb les àrees de coneixement disciplinars | 1. Ser capaç de demostrar coneixement i comprensió dels fets essencials, conceptes, principis i teories relacionades amb les àrees de la matèria assenyalades anteriorment. | 1. Aspectes principals de terminologia química, nomenclatura, convenis i unitats. |
| 2. Habilitat d'aplicar aquest coneixement i comprensió a la solució de problemes qualitius i quantitius de naturalesa familiar i no familiar | 2. Ser capaç d'aplicar l'esmentat coneixement i comprensió en la resolució de problemes qualitius i quantitius segons models desenvolupats prèviament. | 2. Variació de les propietats característiques dels elements químics segons la Taula Periòdica. |
| 3. Habilitat de reconèixer i analitzar problemes nous o planificar estratègies per la seva solució | 3. Destreses en l'avaluació, interpretació i síntesi d'informació i dades químiques. | 3. Característiques dels diferents estats de la matèria i les teories emprades per descriure'ls. |
| 4. Habilitat en l'avaluació, interpretació i síntesi de la dades d'informació química | 4. Ser capaç de reconèixer i implementar bones pràctiques científiques de mesura i experimentació. | 4. Tipus principals de reacció química i les seves principals característiques associades. |
| 5. Habilitat de reconèixer i implementar <i>good measurment science and practice</i> | 5. Destreses en la presentació oral i escrita de material científic a un públic expert. | 5. Principis de termodinàmica i les seves aplicacions en Química. |
| 6. Competències en presentar material científic i arguments de manera clar i correcta, tant de manera escrita com oral a un ventall d'audiències. | 6. Habilitats computacionals i de processament de dades, en relació amb informació i dades químiques. | 6. Estudi dels elements químics i els seus composts. Obtenició, estructura i reactivitat. |
| 7. Habilitats d'informàtica i processament de dades, relacionades amb la informació i dades químiques | | 7. Propietats dels composts orgànics, inorgànics i òrgan metàl·lics. |
| | | 8. Estudi de les tècniques analítiques (electroquímiques, òptiques...) i les seves aplicacions. |
| | | 9. Operacions unitàries d'Enginyeria Química. |
| | | 10. Metrologia dels processos químics incloent-hi la gestió de qualitat. |
| | | 11. Relació entre propietats macroscòpiques i propietats d'àtoms i molècules individuals: incloent-hi macromolècules (naturals i sintètiques), polímers, col·loides i altres materials. |
| | | 12. Estructura i reactivitat de les principals classes de biomolècules i la química dels principals processos biològics. |

Com es pot observar, la llista de Benchmarks de la QAA i del Projecte Tuning s'assemblen molt, la qual cosa es deu –com ja s'ha comentat– al fet que el grup de Chemistry del projecte Tuning va partir de la feina de la QAA, tot i que els van adaptar tenint en compte, en primer lloc, que el projecte Tuning està penat per un Bachelor de 180 crèdits, mentre que els benchmarks estan pensats per assolir competències que permetin l'accés al doctorat, i, en segon lloc,

també van tenir en compte el fet que els estudis d'inserció de graduats químics mostraven que molts treballen en camps aliens a la disciplina⁹.

Fruit d'aquesta adaptació de les competències cognitives al nivell de grau, desapareix, en la llista del Projecte Tuning, la referència a la resolució de problemes nous, o a l'habilitat de comunicar-se davant d'un ventall ampli d'audiències. El perfil de l'Aneca, en canvi, no està redactat en forma de competències (*ser capaç de*, o emprant l'infinitiu: *desenvolupar, resoldre, etc.*), i mostra una llista de continguts. Les competències cognitives s'inclouen dins el bloc competències pràctiques (veure Quadre 5.3), i coincideixen amb les tres primeres del perfil elaborat en el Projecte Tuning, si bé se n'hi afegeix una (que prové del perfil de la QAA): s'incorpora la competència de resoldre problemes nous que s'havia eliminat del perfil de formació de Bachelor en Química.

El saber fer

Com s'ha dit, un factor essencial de la formació en ciències és l'experimentació i la recerca. En el cas de la Química és igualment essencial en ser una ciència experimental; el seu desenvolupament i aplicació requereixen un alt nivell de treball experimental (Hanson et al, 1983, citat a Bennet i O'Neale, 1998); a més a més, significa iniciar els estudiant a què serà ser un professional en la seva àrea (Dall'alba 1993, citat a Bennet i O'Neale, 1998).

La Química és una matèria «atípica» en el sentit que l'estudiant no només ha d'aprendre, comprendre i aplicar conceptes teòrics sinó que, a més, una proporció important dels seus estudis depèn de cursos pràctics, és a dir, hi ha una part important de destreses manuals associades a l'aprenentatge (González i Wagenaar, 2003).

Quines són les habilitats pràctiques? Per a què ha de formar el laboratori? El Quadre 5.3 descriu les competències pràctiques segons els 3 documents de referència¹⁰.

⁹ Les dades de l'estudi d'inserció laboral d'AQU Catalunya (2003c) són coincidents amb les d'aquest estudi, i mostren que només el 37% dels llicenciats en Química treballen a les Indústries Químiques tres anys després de la seva graduació, si bé aquest % s'amplia al 52% quan s'hi afegeixen el sector tèxtil, metal·lúrgia. Hi ha, però, sectors ben diversos, com ara l'educació i investigació (16%), tecnologies de comunicació (5%), serveis (4%), o comerç (4%).

¹⁰ A part d'aquestes 3 fonts, trobem proposta d'habilitats pràctiques en dos documents que fan referència a les competències a assolir en el treball de laboratori: el de l'American Chemical Society (2003), i un document de Bennet i O'Neale (1998).

L'American Chemical Society (2003), societat que acredita programes de Química, el treball de laboratori ha de donar autocoïanxa i competència en: fer **informes** (records) llegibles i complets, **sintetitzar i caracteritzar** els

Quadre 5.3. Competències pràctiques: Benchmarks, Tuning i ANECA

| BENCHMARKS | TUNING | ANECA |
|--|---|---|
| 1. Habilitats en la gestió segura dels materials químics, considerant les seves propietats físiques i químiques, incloent-hi els riscos específics associats amb el seu ús | 1. Destresa en la utilització de materials químics amb seguretat, tenint en compte les seves propietats físiques i químiques, incloent-hi qualsevol perill específic associat al seu ús. | Capacitat per demostrar el coneixement i comprensió dels fets essencials, conceptes, principis i teories relacionades amb les àrees de la Química. Resolució de problemes qualitius i quantitius segons models desenvolupats prèviament. |
| 2. Habilitats requerides per conduir procediments estàndards de laboratori involucrats en el treball analític i de síntesi, en relació tant amb els sistemes orgànics com inorgànics | 2. Destreses requerides per al desenvolupament de procediments de seguretat estàndard i ús de la instrumentació en el treball de síntesi i anàlisi, en relació tant a sistemes orgànics com inorgànics. | Reconèixer i analitzar nous problemes i planejar estratègies per solucionar-los. Avaluació, interpretació i síntesi i dades i informació Química. |
| 3. Habilitats en el control (<i>monitoring</i>): per observació i mesura de les propietats químiques, esdeveniments o canvis, i la seva documentació sistemàtica i fiable | 3. Destreses en el monitoratge, mitjançant observació i mesura, de propietats químiques, esdeveniments o canvis, i el seu registre sistemàtic i fiable així com la seva documentació. | Manipular amb seguretat materials químics. Dur a terme procediments estàndards de laboratoris implicats en treballs analítics i sintètics, en relació amb sistemes orgànics i inorgànics. |
| 4. Competència en la planificació, disseny i execució d'investigacions pràctiques, des de l'estadi del reconeixement del problema fins a l'avaluació i <i>appraisal</i> dels resultats; s'inclou l'habilitat de seleccionar tècniques i procediments apropiats | | Maneig d'instrumentació química estàndard com la que s'utilitza per a investigacions estructurals i separacions. Interpretació de dades procedents d'observacions i mesures al laboratori en termes de la seva significació i de les teories que la sustenten. |
| 5. Habilitats en l'operació de la instrumentació química estàndard, com l'emprada per les investigacions d'estructura i separació | | Valoració de riscos en l'ús de substàncies químiques i procediments de laboratori. |
| 6. Habilitat d'interpretar les dades que es deriven de les observacions i mesures de laboratori pel que fa a la seva significança i la teoria que els explica o hi subjeu (<i>the theory underlying them</i>) | 4. Ser capaç d'interpretar dades derivats de les observacions i mesures de laboratori en relació amb la seva significació i relacionar-los amb les teories apropiades. | Equilibri entre teoria i experimentació. Reconèixer i valorar els processos químics en la vida diària. |
| 7. Habilitat de dur a terme avaluacions de risc pel que fa a l'ús de les substàncies químiques i dels procediments de laboratori | 5. Ser capaç d'avaluar riscos amb relació a l'ús de substàncies químiques i procediments de laboratori. | Comprensió dels aspectes qualitius i quantitius dels problemes químics. Capacitat per relacionar la Química amb altres disciplines. |

compostos inorgànics i orgànics (*formulació*), dur a terme **mesuraments** precisos, acurats i quantitius. L'ús i comprensió dels **instruments** moderns (instruments per a separacions químiques, i electroquímics...), **interpretar** els resultats experimentals i extreure'n conclusions raonables, **analitzar dades** estadísticament i valorar la fiabilitat dels resultats, anticipar, reconèixer i respondre adequadament al riscos de les manipulacions químiques, dissenyar, experimentar, planificar i executar experiments basats en la cerca i ús de la literatura, comunicar-se efectivament a través d'informes orals i escrits, i, finalment, treballar efectivament en grups petits i equips.

Bennet i O'Neale (1998) presenten una llista més curta, referida únicament als objectius a assolir al laboratori, llista que afirmen que seria àmpliament acceptada per tota la comunitat acadèmica: Manipulació (benchmark 1 d'utilització), Observació (benchmark 3 de monitoratge), Recollida de dades (benchmark 3 de monitoratge), Processament i anàlisi de dades (benchmark 6), Interpretació de les observacions (benchmark 6), Solució de problemes (dins dels objectius cognitius), Treball en equip (dins les habilitats transversals), Disseny experimental (experiment design) (benchmark 4 QAA, fora del projecte Tuning), Comunicació i presentació (dins les habilitats transversals), Laboratori *know how* (benchmark 2 QAA)

El Projecte Tuning assenyala les mateixes destreses que la QAA, menys la 4, referida a la planificació, disseny i execució d'investigació pràctica, probablement perquè es considera de nivell superior al Bachelor, i a la 5, referida a les destreses en l'operació de la instrumentació química estàndard, probablement pel fet que molts dels graduats químics no acaben treballant en un laboratori, si bé la 2a de les competències (destreses requerides per al desenvolupament de procediments) inclou l'ús d'instrumentació de treball; per tant, no desapareix la instrumentació, sinó que es vincula als procediments. El document de Química de l'Aneca presenta tres blocs diferents en la part de competències pràctiques: el primer corresponent amb les competències cognitives, el segon corresponent amb el de les pràctiques i un tercer bloc d'objectius amplis de l'ensenyament químic. Pel que fa a les competències pràctiques, són molt semblants a les altres dues. L'única diferència és que no hi apareixen les habilitats de control (destreses en monitoratge), que sí que estan presents en les altres dues, on sí que apareix diferenciadament la gestió d'instrumentació química (a diferència del Perfil Tuning), i no apareix la planificació, disseny i execució d'investigació (igual que el Perfil Tuning, que està pensat per a una titulació de grau).

El saber ser i estar

Al Capítol 1 s'argumentava la necessitat que des de l'educació superior s'assumeixi el repte d'aspectes que cauen en l'àmbit afectiu o de la conducta moral. Al Capítol 2 s'ha definit el constructe competències com un constructe que integra, a més del coneixement, les habilitats i també les actituds. Per tal com l'objectiu d'introduir el constructe de competències és, precisament, el de preparar per actuar de manera al màxim d'eficient en situacions futures, sembla ineludible reflexionar sobre l'estructura de valors sobre la qual se sustenta l'actuació professional futura del graduat.

Al capítol 3 s'ha avançat en el desenvolupament d'aquests objectius, que, segons l'informe Delors (1996), són un dels principals reptes de l'educació atès el potencial d'autodestrucció de la nostra espècie. En aquest informe, mentre que el saber estar està relacionat amb participar i cooperar amb els altres, l'aprendre a ser és la base de tot comportament: tot ésser humà ha d'estar en condicions de fer-se un pensament autònom i crític i forjar-se el seu propi criteri per tal de determinar ell mateix el que considera que ha de fer en les diferents circumstàncies de la vida (Delors, 1996:83).

Si en l'apartat del saber s'hi inclouen les competències cognitives i en el del saber fer les pràctiques, en aquest s'inclouen la major part de les competències transversals: les competències interpersonals (interculturalitat, treball en equip, comunicació), personals (responsabilitat, aprenentatge al llarg de la vida, autoconfiança) i, finalment, els valors, com a sustentadors de les actituds i de la conducta.

Com enfocar els valors en la formació en ciència? És un tema pertinent? Molts estarien d'acord que els problemes morals s'esdevenen per l'ús de les aplicacions de la ciència i no pels científics, seguint la creença que l'activitat científica genuïna està més enllà dels escrúpols de la moral, sent el seu objectiu el coneixement. Avui en dia, però, la omnipresència de la química i la biologia molecular han fet que molts científics comencin a sospitar, que, d'una manera o altra, fer ciència està relacionat amb l'ètica. Els científics haurien de ponderar el grau en el qual val la pena cada acció que emprenen en la persecució de la consecució del coneixement, per tal com pot implicar interposar-se en l'evolució harmoniosa de la naturalesa, de la societat i dels propis éssers humans (Del Re, 2001).

Es poden definir uns atributs pròpiament científics? Wandarsee i Rach (1998, citats a Wandarsee i Griffard, 2002:37) proposen els següents: la recerca de coneixement, el determinisme, la creença que els problemes tenen solucions, l'empirisme, la preferència per les explicacions científiques dels esdeveniments naturals, la lleialtat per l'evidència, la parsimònia, desenvolupar possible causes, escepticisme, suspensió de judici, consciència de les pròpies assumpcions, respecte per allò que la ciència ja coneix, respecte pel poder de la teoria, voluntat/disponibilitat per canviar la pròpia opinió, respecte per la quantificació i mesura, precisió, apreciació de la probabilitat i estadístiques, comprensió que tot coneixement té límits i empatia per la condició humana.

De tota la llarga llista d'atributs només el darrer fa referència "als altres" i no a valors purament científics que guiarien la consecució de la veritat o d'una bona recerca. La recerca del coneixement pel coneixement és un dels valors més alts de la ciència (Del Re, 2001). De fet, Davis (2002) suggereix que aquest és un aspecte diferencial entre químics i enginyers. Mentre que pels enginyers el "primer" valor és emprar el coneixement per al benestar humà, pels químics és el de servir l'interès públic mitjançant els avenços en el coneixement de la ciència. Aquesta diferència en valors, fa, segons l'autor, que químics i enginyers ocupin professions diferenciades, sent els químics més agosarats, ja que serveixen ideals diferents.

Per Noretta Koertge (1999) la ciència és el millor exemple que hi ha d'una institució que pren com a valor central la minimització de la intrusió de la ideologia en les seves afirmacions; tot i que és innegable que cal esmenar qüestions en el currículum científic relatives a les dones i minories, i emfatitzar més el context cultural i polític en el qual es desenvolupa la ciència.

Una altra manera de preveure la qüestió dels valors, és analitzant els problemes o la *mala conducta* dels professionals de la ciència. Només cal llegir els codis d'ètica de la conducta dels Químics de l'*American Chemical Society* (1996) o de la *Canadian Society for Chemical Technology* (CSCT) (1996), o de la *Royal Chemical Society* (2001), per adonar-se que els professionals poden caure en molts errors: plagiarisme, falsificació, deshonestat (amb col·legues, empresaris, treballadors, becaris...), o bé quan es recorda que cal situar la salut, la seguretat i el benestar de totes les persones, així com la reputació de la professió, per sobre de qualsevol consideració sobre l'interès propi, i resoldre conflictes a favor del benestar públic (CSCT, 1996).

El Quadre 5.4 compara les visions dels 3 documents de referència sobre la dimensió més transversal de les competències¹¹:

¹¹ L'*American Chemical Society* (2003), pel que fa a les competències transversals, aplicades a la química, també assenyala la **Resolució de problemes** tant com a educació general com pel que fa a la formació professional, i en aquest sentit recomana baixar l'èmfasi en la cobertura del contingut per guanyar-lo en projectes que integrin les subàrees de la Química. L'aprenentatge basat en l'experiència, a través de practicums i estades en empreses, també contribueix a aprendre com solucionar problemes. La solució de problemes també porta al **treball en equip**, que és la manera amb la qual es fa molta recerca i treball. D'igual importància a la solució de problemes és la **comunicació efectiva, tant oral com escrita**. També es fa referència a la competència de **documentació**, com una competència tan complexa que necessita instrucció formal, i a la **seguretat** (reconèixer riscos, minimitzar el risc, etc.).

En relació a la comunicació i al treball en equip, l'ACS argumenta que les habilitats interpersonals no són menys importants pels científics que pels de lletres. Els cursos de comunicació són rarament suficients. Per tant, es recomana que es facin fer exercicis freqüents de comunicació escrita i oral, com a part del currículum de química, críticament avaluats pel professorat de química. Seminars, informes de progrés, exàmens, informes de laboratori, conjunts de problemes, haurien de ser avaluats per la claredat tant com per la seva acuresa. La tutoria en el laboratori també és una manera efectiva de consolidar i millorar les habilitats de comunicació. L'habilitat de treballar en equips multidisciplinaris és essencial per un científic d'avui en dia. Els programes d'estudi haurien d'incorporar experiències de treball en equip a la classe i al laboratori.

Quadre 5.4. Les competències transversals (saber ser i estar): Benchmarks, Tuning i ANECA

| BENCHMARKS | TUNING | ANECA |
|--|--|--|
| 1. Habilitats de comunicació, que cobreixin tant la comunicació oral com l'escrita | 1. Destreses en la comunicació oral i escrita en, almenys, dos dels idiomes oficials de la Unió Europea. | Competències acadèmiques Ús correcte del mètode d'inducció Equilibri entre teoria i experimentació Reconèixer i valorar els processos químics en la vida diària |
| 2. Habilitat de solució de problemes, pel que fa a informació quantitativa o qualitativa, estenent-la a situacions en les quals la resolució es fa en base d'informació limitada | 2. Destreses en la resolució de problemes, en relació amb informació qualitativa i quantitativa. | Comprensió dels aspectes qualitius i quantitius dels problemes químics Capacitat per relacionar la Química amb altres disciplines |
| 3. Habilitat numèriques i de càlcul, incloent-hi aspectes com l'anàlisi de l'error, estimacions de l'ordre de magnitud, i l'ús correcte de les unitats i formes de presentar les dades | Destreses numèriques i de càlcul, incloent-hi aspectes com anàlisi d'error, estimacions d'ordre de magnitud i ús correcte d'unitats. | Altres competències específiques Capacitat de crítica i autocrítica Capacitat de generar noves idees Capacitat de quantificar els fenòmens i processos |
| 4. Habilitats de recerca o recuperació de la informació, en relació a fonts d'informació primàries i secundàries, incloent-hi informació a través de la xarxa | 4. Destreses a la recerca d'informació, en relació amb fonts d'informació primàries i secundàries, incloent-hi l'ús d'ordinadors per a recerques en línia. | Competències Instrumentals, Personals i Sistèmiques Capacitat d'anàlisi i síntesi. Capacitat d'organització i planificació. Coneixement d'una llengua estrangera. Resolució de problemes. Presa de decisions. Treball en equip. |
| 5. Habilitats d'informàtica com ara processador de textos, fulls de càlcul, base de dades, Internet, etc. | 5. Destreses en les noves tecnologies de la informació, com ara processament de dades i fulls de càlcul, registre i emmagatzemament de dades, | Treball en un equip de caràcter interdisciplinar. Treball en un context internacional. Habilitats en les relacions interpersonals. |
| 6. Competències interpersonals, en relació a l'habilitat d'interactuar amb altres i d'implicar-se en treball en equip | 6. Comunicació a través d'Internet, etc. | Reconeixement a la diversitat i la multiculturalitat. Raonament crític. Compromís ètic. |
| 7. Gestió de temps i habilitats d'organització, com s'evidencia per l'habilitat de planificar i implementar formes eficients i efectives de treball | 7. Destreses interpersonals, associades a la capacitat de relació amb altres persones i de treball en grup. | Aprenentatge autònom. Adaptació a noves situacions. Creativitat. Lideratge Motivació per la qualitat. Sensibilitat cap temes mediambientals. |
| 8. Habilitats d'estudi necessàries pel desenvolupament professional continu | 8. Destreses d'estudi necessàries per continuar el desenvolupament professional | |

Una primera reflexió és que tots els perfils fan més referència al saber estar (competències interpersonals), i competències instrumentals, que al saber ser (valors, competències personals). Altra vegada el document de Benchmarks i el del Projecte Tuning s'assemblen molt, mentre que el de l'ANECA és molt més atomitzat. De fet, recull les competències genèriques transversals genèriques del Projecte Tuning (primer part del document), en comptes de les transversals definides pel grup de Química. El perfil de l'ANECA té molta més presència de les competències personals i de la dimensió específica: capacitat de crítica i autocrítica, compromís ètic, reconeixement a la diversitat i multiculturalitat, etc.

En suma, les grans semblances dels tres documents permeten assumir un referent del perfil de competències transversals de l'ensenyament de química, pel que fa a les competències cognitives, interpersonals, personals i instrumentals, així com competències específiques d'aquest ensenyament (teòriques i pràctiques).

5.3. La resolució de problemes com a síntesi del “Saber” químic

Sovint, des de l'esfera acadèmica apareixen queixes sobre el fet que els estudiants són pobres o poc hàbils en la resolució de problemes, significant que no són bons resolent aquesta tipologia de problemes. Això fa referència al fet que la resolució de problemes és context depenent. Efectivament, com s'ha comentat al capítol 2, hi ha dubtes sobre la transferibilitat de la competència de resolució de problemes entre dominis. Una persona que pot resoldre problemes molt complexos en la vida diària pot semblar sense esperança quan s'enfronta a un problema de química fins i tot si els processos bàsics de pensament són molt similars (Johnstone, 2001).

Una creença assumida per gran part del professorat és que si l'estudiant sap resoldre un problema és que és capaç d'entendre'l conceptualment, mentre que si no sap resoldre'l, a no ser que es tracti d'errors de càlcul, és que no és capaç d'enfocar-lo de manera correcta conceptualment¹². Tanmateix, la recerca mostra que la solució de problemes no assegura l'assoliment conceptual.

- Sawrey (1990, citat a Bodner i Herron, 2002) comparant l'èxit en la solució de problemes conceptuals versus els numèrics, observava que fins i tots els millors solucionadors de problemes numèrics tenien una execució pobre en les qüestions conceptuals.
- Smith i Metz (1996, citat a Borner i Herron, 2002) conclouen que els estudiants sovint aprenen com resoldre problemes matemàtics sense una comprensió de la química: memoritzen les definicions químiques i empren els termes químics sense una autèntica comprensió. Voska i Heikkinen (2000, citats a Bodner i Herron, 2002) encara arriben més lluny: alguns estudiants arriben a respondre qüestions correctament emprant raonaments equivocats (l'estudi es va fer en la resolució de problemes d'equilibri que requerien l'aplicació del principi de LeChâtelier).

¹² Darrera d'aquesta concepció hi ha la creença que per resoldre problemes cal començar per la seva comprensió, és a dir, per classificar els problemes d'acord amb els principis que governen la seva solució. Si bé aquesta és la manera com resolten els problemes els experts, els novells, en canvi, no poden partir d'aquesta identificació, de manera que procedeixen pas a pas, emprant varietat de fórmules (algunes d'elles errònies). Heyworth (1999, citat a Borner i Herron, 2002) qüestiona que els experts solucionin problemes, ja que segueixen una drecera coneguda vers la resposta, que s'assembla més a un exercici rutinari. Dewey (1989) definia l'inici de la resolució dels problemes amb un estat de perplexitat, confusió o dubte seguit de l'elaboració d'un pla provisional o projecte a partir de l'adopció d'alguna teoria (sorgida bé de l'experiència anterior o del fons de coneixement), a partir d'aquí es testava successivament les hipòtesis, reformulant el problema quan era necessari, de manera que la comprensió podia esdevenir-se al final. Els models actuals de resolució de problemes són semblants al proposat per Dewey: són cíclics, reflexius i poden semblar irracionals perquè difereixen de l'aproximació que faria un expert sobre la tasca, és a dir, parteixen que la comprensió del problema apareix cap al final de la seva resolució (Bodner i Herron, 2002).

Per què els estudiants donen la resposta equivocada?

La raó principal per la qual els estudiants tenen problemes en resoldre problemes químics és perquè no entenen els conceptes químics subjacents, és a dir, en tenen una **comprensió insuficient** (Gabel i Samuel, 1986, citats a Bodner i Herron, 2002). Staver i Lumpe (1995, citats a Bodner i Herron, 2002), afegeixen a la comprensió insuficient dels conceptes involucrats en la resolució de problemes, dues barreres més: **l'ús d'algoritmes memoritzats** o regles, i la **inhabilitat per transferir la comprensió** entre els nivells atòmic/moleculars i els nivells macroscòpics en la solució de problemes.

Johnstone i El-Banna (1986 citats a Bodner i Herron, 2002) van trobar que l'execució dels estudiants en problemes químics disminueix quan **s'incrementa el nombre de passos per arribar a la solució** del problema. Ara bé, el número de passos no és tant determinant: Mason, Shell i Creawley (1997, citats a Bodner i Herron, 2002) van trobar que si bé els problemes algebraics sempre requerien més temps i una major nombre de transicions per a completar-se que els seus problemes conceptuals parells, tots els estudiants resolien els problemes algebraics més freqüentment que els problemes conceptuals corresponents, independentment del tòpic. És rar, en canvi, els estudiants que comprenen els conceptes però que no tenen l'habilitat per formular la solució matemàtica al problema algebraic (Mason, Shell i Crawley, 1997, citats a Bodner i Herron, 2002).

En suma, hi ha una forta evidència que els estudiants (tant els que tenen èxit com els que no) no copsen bé els conceptes (Bodner i Herron, 2002: 259)¹³. Cal aclarir, doncs, la relació entre la comprensió conceptual i l'èxit en la solució de problemes, però cal fer-ho en els diferents tipus de problemes de la química en els diferents nivells.

¹³ Com es pot millorar el rendiment en la resolució de problemes? Bodner i Herron (2002), després d'analitzar la literatura científica sobre les metodologies per optimitzar aquesta competència, proposen les següents: l'ús d'analogies i d'heurístics de pensament, la solució de problemes per modelat (tant pel professorat, com per un company –*think aloud*–), i el treball en grups i cooperatiu, si bé, aquest no té tant efecte en la resolució de problemes en sí com en la persistència i ansietat que mostren els alumnes durant la resolució de problemes (després de resoldre un problema cooperativament els estudiants *saben* que els problemes es poden resoldre sense l'ajut d'un professor, d'altra banda, l'aprenentatge cooperatiu allunya de l'aprenentatge memorístic, s'anima a compartir idees i condueix, com s'ha vist al Capítol 3, al desenvolupament de competències interpersonals i de comunicació).

5.4. El treball en laboratori com a síntesi del saber fer, el saber i el saber ser i estar

La formació del laboratori és un dels temes més assumits, en el sentit que tothom creu que és necessària, però a la vegada més discutits, ja que és molt costós i la recerca no ha aconseguit demostrar el seu valor com a eina formativa (Nakhleh, Polles i Malina, 2002)¹⁴.

Una crítica a aquest enfocament podria venir dels estudis d'inserció laboral: avui en dia, una minoria dels graduats en química acabarà treballant o fent ús directe dels seus coneixements i habilitats de química en el seu treball (Tuning, 2003). Ara bé, la major part de les crítiques vénen sobre l'eficàcia de la formació al laboratori.

O dit d'una altra manera:

Què fa el laboratori que no es pot fer igualment bé amb alternatives menys costoses tant de recursos com de temps? (Bates, 1978:75, citat a Nakhleh, Polles, Malina, 2002:74)

a. Al laboratori s'hi aprèn o s'apliquen receptes?

Bennet i O'Neale (1998) analitzen la llista, en relació al seu coneixement de com funciona la formació al laboratori, i consideren com una limitació clau el fet que es tractin els problemes com a **receptes**, és a dir, que a la pregunta als estudiants que fan pràctiques sobre *què estan fent*, hagin de contestar assenyalant la línia del procediment en la qual es troben.

Els estudiants que segueixen una recepta no fan un experiment, sinó que desenvolupen un exercici. El problema està en la manera com s'empren les receptes, ja que en si són eines necessàries utilitzades pels qui treballen al laboratori. La diferència és que qui l'empra és la persona que l'ha escrita. La cerca de literatura, les discussions, el disseny de l'experiment, l'estimació de les quantitats, tot són inputs necessaris per al desenvolupament de la recepta, que els investigadors porten al laboratori.

Contràriament a la creença generalitzada que això és culpa de l'estudiant, quan la problemàtica és tant generalitzada potser caldria buscar raons en la forma d'organitzar les pràctiques de laboratori. En aquest sentit apunten cap el problema de la temporalització de les pràctiques (el temps per pensar sobre el que es fa), o al fet que el disseny no afavoreix que els estudiants desenvolupin una apreciació del procés a través de la qual progressi la comprensió de la

¹⁴ Krischner & Meester (1998 citats a Nakhleh, Polles i Malina, 2002) van catalogar més de 120 objectius diferents per les activitats de laboratori, per tant, sembla que hi ha un acord ampli sobre el valor del laboratori, però poc sobre els factors específics que contribueixen a aquest valor.

química. La manca de participació activa del disseny seria doncs, una de les causes del tractament dels problemes de laboratori com a receptes

Herrington i Nakhleh (2003) indiquen que les crítiques al laboratori per la manca d'aprenentatge de l'estudiant al laboratori han provocat que hi hagi hagut interès per altres **estils d'instrucció de laboratori** com ara *l'inquiry-based* o *problem based learning*, enfront del més criticat, el *cookbook style*¹⁵. Les autores, però, assenyalen, des d'un enfocament pràctic, el fet que el *cookbook style* és una metodologia que minimitza recursos, tant de temps com d'espai, equipament i personal, fet que no es pot obviar en els cursos **introductoris**. En aquest sentit, proposen centrar-se a millorar l'eficiència en aquestes circumstàncies¹⁶.

b. Laboratori o classes magistrals?

La revisió de Shulman's & Tamir's (1973, citat a Nakhleh, Polles, Malina, 2002) conclouia que la classe magistral, demostració i el treball de laboratori eren igualment efectius en la transmissió dels continguts científics, però que les experiències de laboratori eren superiors, en donar oportunitats per a adquirir les habilitats tècniques en treballar amb instrumentació.

Bates (1978, citat a Nakhleh, Polles, Malina, 2002), en una altra revisió de literatura, assenyalava que alguns tipus d'activitat de laboratori orientada a la recerca semblava ser millor que la classe magistral/demostració o laboratoris de verificació per a ensenyar el procés de recerca. Tanmateix, advertia que calia que els professors fossin competents en mètodes d'ensenyament de recerca per tal de poder-se donar aquest benefici.

¹⁵ Kirschener, P i Meester (1988, citats a Bennet i O'Neale, 1998) fan una altra classificació de les activitats de laboratori: (1) El **laboratori acadèmic o formal** que emprava mètodes didàctics per a verificar i il·lustrar lleis o conceptes, (2) El **laboratori experimental** en el qual els exercicis són oberts, i relativament poc estructurats, (3) El **laboratori divergent** que ofereix tasques amb un component inicial estàndard i estructurat, que es pot desenvolupar de maneres diferents (variable a partir d'un inici comú), (4) El **laboratori d'ensenyament d'habilitats d'investigació** en el qual els procediments d'investigació són els principals mètodes d'estudi.

¹⁶ A l'estudi, mitjançant un qüestionari amb escales de Likert i respostes obertes, tracten d'identificar les qualitats dels professors de laboratori que són importants perquè la instrucció de laboratori "tradicional" sigui més eficient. Es conclou que, en primer lloc, les principals qualitats dels professors ajudants estan relacionades amb el coneixement, és a dir, el domini del procediment, relacionar els conceptes químics amb les aplicacions pràctiques o la comprensió de les dificultats típiques d'aprenentatge de l'estudiant. Ara bé, les qualitats del domini afectiu també són considerades com importants, com ara la disposició a ajudar, la proximitat, el fet de no desanimar, donar atenció individualitzada.

Raons per les quals, segon Krischner & Meester (1998 citats a Nakhleh, Polles i Malina, 2002) es pot eliminar el laboratori:

- Normalment s'empra per una simple verificació de principis científics ja coneguts pels estudiants.
- Molts experiments eren trivials i es podien fer sense pensar.
- Els no trivials sovint implicaven problemes complexos que estaven més enllà del nivell de comprensió i que requerien més temps per a una investigació satisfactòria que la que permetia el curs.
- Un dels aspectes més preocupants era que els estudiants mai no veien com un científic expert solucionava un problema al laboratori. L'absència d'un model deixava els estudiants amb un concepte poc clar de com un experiment ben fet progressa, i sense estàndards tangibles per jutjar els resultats dels experiments.
- Assenyalaven que la supervisió sovint era inadequada i que els estudiants percebien el treball de laboratori com sèries d'exercicis isolats, que tenien poca o gens relació amb el treball anterior o futur.

En definitiva, el valor del laboratori com a eina de formació no està comprovat, motiu pel qual alguns autors suggereixen que caldria eliminar el laboratori, ja que no retorna les inversions de temps i esforç de professorat i estudiants (Krischner & Meester, 1988, citats a Nakhleh, Polles i Malina, 2002).

En realitat, no sabem exactament què pot fer o no el treball de laboratori. La recerca indica que l'ensenyament de laboratori és un entorn complex, on hi ha interaccions entre els estudiants, l'activitat, l'instrumental, els professors. Per a complicar-ho encara més, aquestes interaccions es poden veure com passant en un marc de domini cognitiu, afectiu i psicomotriu. Podria passar que la contribució més important del laboratori romangui a desenvolupar la motivació per perseverar en la construcció de la comprensió química, més que, simplement, a ajudar a elaborar un aprenentatge de fets memoritzats que tindrà poca rellevància en altres àrees de la vida dels estudiants. Cal recerca per investigar com el domini afectiu de la motivació, actituds i el domini psicomotor d'habilitats tècniques es desenvolupen en el laboratori (Nakhleh, Polles i Malina, 2002).

D'altra banda, molt sovint les activitats de laboratori s'escriuen amb la idea d'endegar tants objectius com sigui possible: verificar principis químics (àmbit cognitiu) i entrenament simultani d'habilitats tècniques (domini psicomotor). El laboratori també té potencial per a contribuir al desenvolupament d'habilitats metacognitives com àrea el procés de pensament creatiu, solució de problemes, i pensament científic (Nakhleh, Polles i Malina, 2002).

c. Com podria ser més eficient el laboratori?

Per tal de convertir el laboratori en una eina més eficient, Nakhleh, Polles i Malina (2002) suggereixen considerar les qüestions següents:

- Les activitats de laboratori haurien de tenir objectius limitats i específics. Els laboratoris universitaris són extragrans, dissenyats per recollir qualsevol fragment de dades de qualsevol subcategoria del tema. És millor dividir els laboratoris en diferents parts que permetin processar una part del laboratori abans de saltar a la següent.
- Cal detallar exactament què serà capaç de fer un cop s'hagi adquirit l'habilitat. Un *outcome* que digui ser capaç d'interpretar un espectre infraroig, és massa vague (quina classe d'espectre, gas o líquid, absorció o reflectància, quina freqüència, grup de freqüències, etc.? La identificació de les habilitats particulars permet detectar-ne el *over* o *under* èmfasis, i s'incrementa l'eficàcia de l'ús del temps al laboratori. Aquesta identificació també facilita enormement l'avaluació (Bennet i O'Neale, 1998).
- Cal considerar el contingut científic de l'experiment. Té connexions pràctiques, amb el món real? Són clares aquestes connexions per als estudiants? S'empra la tecnologia adequada per tal que s'impliquin en el procés d'aprenentatge amb eines que no siguin antiquades?
- El disseny hauria de permetre que les habilitats tècniques i instruments estiguessin repartits en diversos laboratoris. Per exemple, repetir diferents operacions al llarg del curs (precipitacions). Fer servir espectòmetres en diferents laboratoris permet que guanyin confiança emprant l'instrument, i si s'hi acostumen tindran més memòria de treball per concentrar-se en l'anàlisi de dades.
- Les discussions pre i post laboratori són aspectes crítics (Gunstone & Champagne, 1990, citats a Nakhleh, Polles i Malina, 2002). És en aquestes discussions on els estudiants poden fer les connexions més significatives entre els fenòmens que observen i mesuren en el laboratori i els conceptes que intenten aprendre a les classes.
 - Les discussions prelaboratori haurien de centrar-se en allò que ells observaran i per què.

Els prelaboratoris haurien d'involucrar l'estudiant en la participació, i compensar-lo dels aspectes que acostumen a caure fora de la recepta: identificació del problema, estratègies de solució i disseny de l'experiment (Bennet i O'Neale, 1998).

- les discussions postlaboratori haurien de fer-ho ajudant-lo a pensar sobre les dades adquirides, com analitzar-les i com connectar-les amb els conceptes estudiats.

Una altra àrea freqüentment negligida és la sessió **post-lab**, que té un valor essencial per totes aquelles activitats que involucren una aproximació de **treball en equip** (diversos individus treballen en aspectes diferents d'un problema) (Bennet i O'Neale, 1998).

- Els estudiants haurien de poder fer preguntes del tipus *què passaria si*, fins i tot si pel professorat la resposta és òbvia. Es podria aprofitar el temps que es guanya amb els instruments informàtics per tal que tinguin temps d'investigar aquestes "què passaria si".