



Agència
per a la Qualitat
del Sistema Universitari
de Catalunya



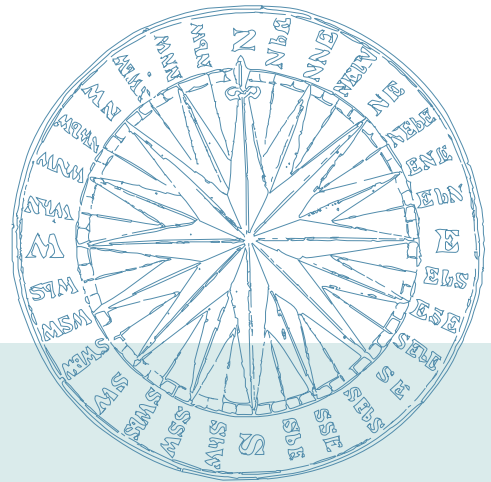
GUIA PER A L'AVUACIÓ DE COMPETÈNCIES ALS **LABORATORIS EN L'ÀMBIT DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA**



La qualitat, garantia de millora.



Agència
per a la Qualitat
del Sistema Universitari
de Catalunya



GUIA PER A L'AVALUACIÓ DE COMPETÈNCIES ALS **LABORATORIS EN L'ÀMBIT DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA**

Guia per a l'avaluació de competències als laboratoris en l'àmbit de ciències i tecnologia

Bibliografia

I. Martínez Martínez, María Rosario, ed.

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

1. Laboratoris d'enginyeria – Ensenyament universitari – Avaluació

2. Competències professionals – Avaluació

378:62

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

Via Laietana, 28, 5a planta

08003 Barcelona

© Autors i autores: **María Rosario Martínez Martínez** (coordinació i compilació, ETSEIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Ana María Cadenato Matía** (ETSEIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Moisés Graells Sobré** (EUETIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **María José Pérez Cabrera** (ICE de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Beatriz Amante García** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Josep Jordana Barnils** (EPSC de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Roser Gorchs Altarriba** (EPSEM de la Universitat Politècnica de Catalunya); **M. Núria Salán Ballesteros** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **M. Dolors Grau Vilalta** (EPSEM de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Isabel Gallego Fernández** (EPSC de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Cristina Periago Oliver** (ETSEIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Esperanza Portet Cortés** (ICE de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Daniel Sainz García** (Facultat de Química de la Universitat de Barcelona); **Isabel Pérez Morales** (Facultat de Química de la Universitat de Barcelona); **M. Carmen González Azón** (Facultat de Química de la Universitat de Barcelona); **Xavier Bohigas Janoher** (ETSEIB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **María Albareda Sambola** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Inés Algaba Joaquin** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Mercè Raventós Santamaria** (ESAB de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Daniel García Almiñana** (ETSEIAT de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Jorge Juan Sánchez** (EPSEM de la Universitat Politècnica de Catalunya); **Antoni Pérez Poch** (EUETIB de la Universitat Politècnica de Catalunya).

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: abril 2009

Dipòsit legal: B-9.125-2009

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	5
Introducció	7
1. Competències: concepte, classificació i avaluació	11
1.1. Introducció	11
1.2. Aclarint conceptes	13
1.3. Possibles classificacions de les competències	16
1.4. Aprenentatge i avaluació	17
1.5. Consideracions finals	26
1.6. Definicions del terme <i>competències</i>	27
2. «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes» com a competència específica dels laboratoris de Ciències i Tecnologia	29
2.1. Consideracions prèvies	29
2.2. La competència específica «aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes». Components i elements	30
2.3. La competència específica «aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes». Nivells competencials	32
2.4. Estudi de camp: el desenvolupament de les competències genèriques en els laboratoris de ciències i tecnologia.	36
3. Com integrar i avaluar la competència específica en els laboratoris de Ciències i Tecnologia	43
3.1. Planificació i disseny d'activitats	43
3.2. Metodologia	54
3.3. Avaluació	61
3.4. Exemples de bones pràctiques metodològiques i d'avaluació en els laboratoris de ciències i tecnologia	77
4. Exemples d'activitats del laboratori de Ciències i Tecnologia	85
4.1. Exemple de planificació d'una assignatura o matèria per al desenvolupament de la competència específica	85
4.2. Exemples de fitxes de disseny d'activitats per al desenvolupament de la competència específica «aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes»	91
Bibliografia	131

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

La GUIA PER A L'AVUACIÓ DE LES COMPETÈNCIES ALS LABORATORIS EN L'ÀMBIT DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA té com a objectius específics:

- Identificar i definir la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes als laboratoris de Ciències i Tecnologia» i establir diferents nivells competencials per al seu treball al laboratori.
- Elaborar rúbriques de qualitat o de correcció associades als diferents components i nivells competencials de la competència específica definida per a aquest àmbit.
- Definir la metodologia més adient per integrar aquesta competència específica i relacionar-la amb els objectius dels diferents moments de les activitats desenvolupades.
- Aportar models de fitxes de planificació d'assignatures/matèries i de disseny d'activitats per al desenvolupament i l'avaluació de la competència específica definida.
- Descriure les evidències i els instruments d'avaluació més usuals en aquest àmbit.
- Mostrar i analitzar els resultats de l'estudi de camp que s'ha portat a terme amb el professorat sobre les competències genèriques als laboratoris de Ciències i Tecnologia.
- Identificar exemples de bones pràctiques metodològiques i d'avaluació en els laboratoris d'aquest àmbit.
- Mostrar exemples, tant de fitxes de planificació d'assignatures com de disseny d'activitats, dels diferents nivells competencials de la competència específica definida.

L'estructura d'aquesta guia està orientada a facilitar la integració de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes als laboratoris de Ciències i Tecnologia» a les matèries/assignatures que es desenvolupen en aquest àmbit.

Així, a la guia consta un capítol 1 plantejat com un marc de referència comú a totes les guies elaborades per al desenvolupament de competències i en el qual s'introdueix, de manera general, el concepte d'aprenentatge per competències i la seva avaluació.

A continuació, el capítol 2 se centra en l'aproximació conceptual a la competència específica definida a la guia. També s'hi analitzen els components i elements que componen la competència i es defineixen quatre nivells competencials, que pretenen ajudar el professorat a fer una graduació de la competència i a identificar el grau de complexitat que ha de treballar al llarg de la seva assignatura. En aquest mateix capítol es recullen els resultats de l'estudi de camp realitzat entre el professorat de laboratoris de Ciències i Tecnologia de diferents universitats, orientat a identificar quines competències genèriques es considera que han de formar part d'aquest àmbit i quines tasques/activitats són les més adients per al seu desenvolupament.

El capítol 3 està adreçat a la integració, l'aplicació i l'avaluació de la competència específica als laboratoris de Ciències i Tecnologia, i recull una proposta per tal que el professorat pugui planificar la seva matèria/assignatura i dissenyar les activitats que permetran el seu desenvolupament, tot aportant, alhora, eines metodològiques que poden ajudar a l'adaptació de les activitats per al treball de la competència específica. Per a l'avaluació de la competència definida a la guia, es descriuen, sense ànim d'exhaustivitat, algunes de les evidències i de les eines d'avaluació més utilitzades en els laboratoris de Ciències i Tecnologia, alhora que s'aporten una sèrie de rúbriques de qualitat associades als diferents components i nivells competencials.

Finalment, el capítol 4 mostra un exemple de fitxa de planificació d'assignatura i quatre exemples concrets d'activitats de diferents nivells competencials dins de l'àmbit dels laboratoris de Ciències i Tecnologia. Per a cadascuna d'aquestes activitats, es detalla la fitxa de disseny, així com l'experiment de laboratori associat.

Aquesta guia disposa, en la seva versió electrònica, d'una sèrie de documentació addicional introduïda com a annexos, a través de la qual es pot accedir a l'enquesta realitzada al professorat de laboratoris de Ciències i Tecnologia (annex 1), els resultats obtinguts (annex 2), un exemple de planificació d'activitats o guia per a l'alumnat (annex 3) i exemples d'altres activitats per al desenvolupament d'experiments en l'àmbit dels laboratoris (annex 4).

Així doncs, per al professorat, utilitzar aquesta guia significa partir de la pròpia actuació docent i de les activitats i/o experiments que fins ara ha anat duent a terme a la seva matèria/assignatura. A partir d'aquestes activitats i/o experiments, i mitjançant les rúbriques aportades a la guia (*vegeu l'apartat 2.3 del capítol 2*), cada docent pot identificar el nivell competencial que treballa per a cada component de la competència específica a la seva assignatura i anar-hi introduint, si escau, les modificacions que permetin adaptar la metodologia utilitzada a l'assoliment de la competència específica. Això implica la consideració de tres moments clau en el treball als laboratoris de Ciències i Tecnologia: prelaboratori, laboratori i postlaboratori (*vegeu l'apartat 3.2.2 del capítol 3*), amb diferents contribucions en el treball global de la competència específica.

Així, doncs, partint de les activitats i/o experiments que actualment duu a terme el professorat a l'aula o al laboratori, es proposa la manera com es pot planificar i dissenyar un conjunt d'activitats que possibilitin que al final de la matèria/assignatura s'hagin introduït i desenvolupat tots els components necessaris per tal que l'alumnat adquireixi la competència en el nivell competencial exigít. Aquesta guia també pot ser d'utilitat per a l'avaluació corresponent, ja que aporta una sèrie de rúbriques per a cadascun dels nivells i components competencials, així com exemples concrets duts a terme pel professorat de laboratoris de Ciències i Tecnologia.

AGRAÏMENTS

Agraïm la col·laboració d'Elena Cano García, doctora en Pedagogia i llicenciada en Ciències Econòmiques, professora titular del Departament de Didàctica i Organització Educativa de la Universitat de Barcelona, pel seu valuós assessorament en el desenvolupament i l'avaluació de competències i en la planificació i el disseny d'assignatures i d'activitats. I fem especialment extensible aquest reconeixement a Anahí Olives Ponsoda, enginyera informàtica per la Universitat Politècnica de Catalunya i tècnica de l'Institut de Ciències de l'Educació de la UPC, per la seva inestimable ajuda tècnica i pel suport informàtic durant el procés de disseny d'aquesta guia.

L'elaboració d'una guia com la que es presenta en aquest document no hauria estat possible sense l'activa participació d'aquestes dues professionals i de tot el personal de l'Institut de Ciències de l'Educació de la UPC.

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 avaluadors, 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.

1.1.1. 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.

1.1.2. 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.

1.1.3. 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.

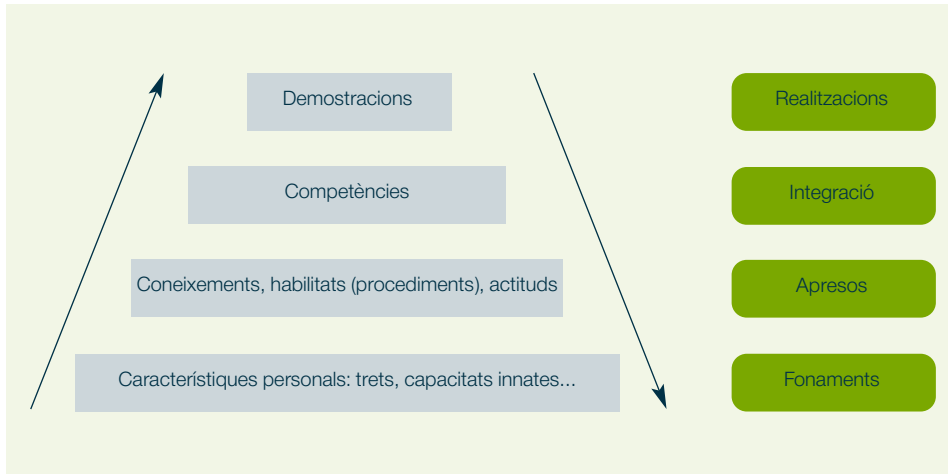
1.2. ACLARINT CONCEPTES

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 1.1 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 1.1. 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'estudiantat:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Conegui els diferents instruments utilitzats en processos de selecció de personal en cadascuna de les seves fases. ■ Compregui... 	<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.

1.4.1. 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.*

1.4.2. 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.

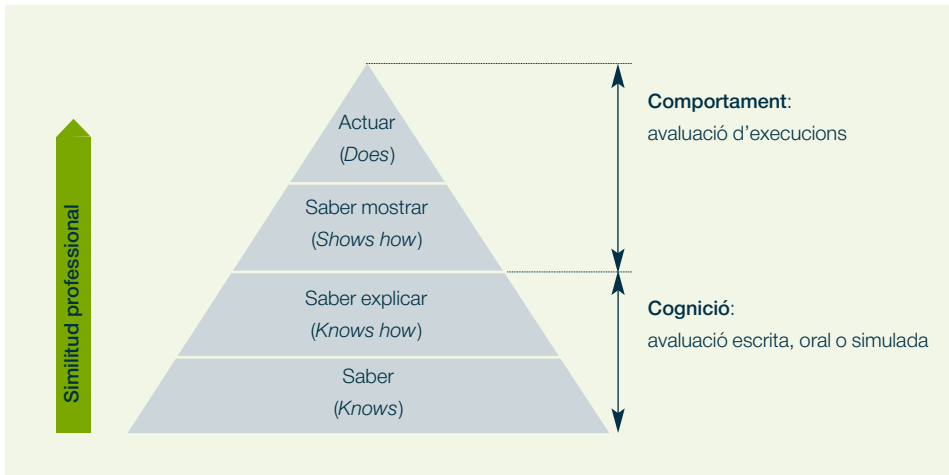
Aquest nivell de descripció és necessari en les activitats que són objecte d'avaluació, no cal fer-ho d'una manera tan detallada per a la resta d'activitats d'aprenentatge, on es poden introduir competències que no siguin objecte d'avaluació.

1.4.3. 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 1.1, 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 actüi en situacions controlades, i, finalment, cal demostrar l'adquisició d'una competència en diverses actuacions.

Figura 1.2. Piràmide de Miller



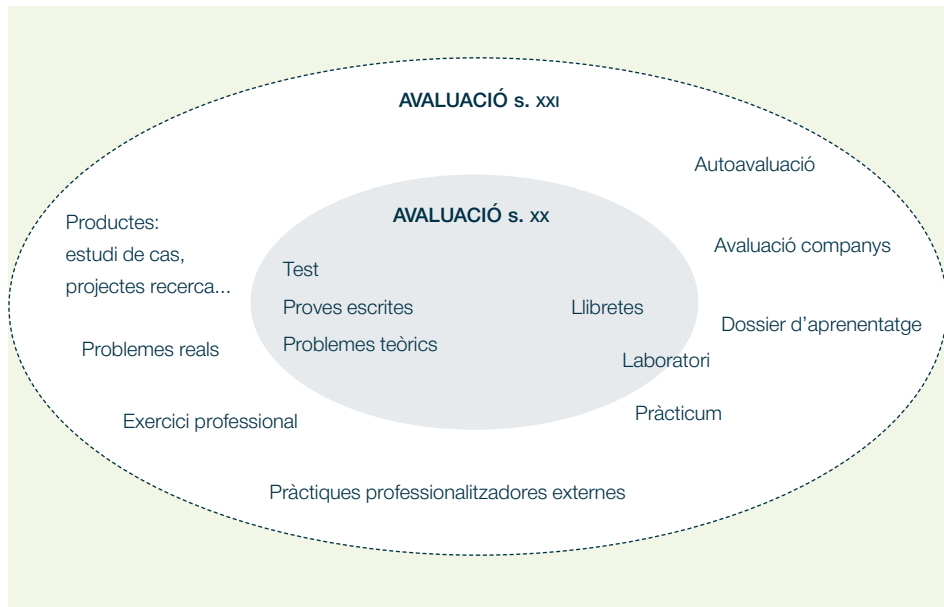
Font: Miller (1990).

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 1.3 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 1.3. 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.</p> <p>Cal afegir-hi, com a avantatge per al procés d'aprenentatge, la motivació que comporta per als estudiants una situació d'avaluació realista.</p> <p>El grau en què es desenvolupin unes altres competències transversals dependrà del tipus de prova (productes escrits, gràfics, pòsters, estudis de cas, etc.).</p> <p>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.</p> <p>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>
Dossier 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 dossier 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.

1.4.4. 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. «APLICAR EL MÈTODE CIENTÍFIC PER A LA RESOLUCIÓ DE PROBLEMES» COM A COMPETÈNCIA ESPECÍFICA DELS LABORATORIS DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

2.1. CONSIDERACIONS PRÈVIES

Aquesta guia es pretén constituir com un recurs pràctic que orienti el professorat de laboratoris de Ciències i Tecnologia, i que ajudin a identificar els elements que actualment s'apliquen en el laboratori i que són de gran utilitat per al desenvolupament i l'avaluació d'activitats. Es volen integrar i conjugar en el marc d'una planificació en la qual els objectius, la metodologia i l'avaluació siguin coherents amb l'adquisició de la competència específica pròpia dels laboratoris de Ciències i Tecnologia, «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes», i amb els paradigmes formatius actuals. El primer pas consistirà a identificar, explicitar i documentar allò que ja fa la persona docent a l'aula, allò que fins ara ha fet de manera intuïtiva i que pot ser de gran interès per al desenvolupament de la competència en els laboratoris.

Per tant, per introduir el treball de la competència específica, sovint no cal anar més enllà del que ja s'està fent als laboratoris, sinó que n'hi ha prou de dotar les mateixes activitats que fins ara s'han treballat al laboratori d'un sentit més ampli i ajustat a aquesta competència específica. Però tampoc no cal fer grans canvis a les sessions de laboratori: la introducció de petites passes que puguin ser analitzades i avaluades pel professorat, en funció de la seva adequació al desenvolupament de competències, és una forma de procedir molt més eficaç, eficient, segura i motivadora que no pas canviar tot d'una el conjunt de la matèria/assignatura.

Aquests petits canvis, que poden permetre el desenvolupament de la competència específica, han de ser coherents amb l'objectiu del laboratori que, segons Llorens (2008), és el d'aconseguir la integració del treball de laboratori com un element més dels processos d'aprenentatge. El laboratori, doncs, no es pot considerar al servei de les sessions teòriques, ja que, segons Graells (2007), té en si mateix un «discurs propi basat en l'experimentació com a mètode per entendre qualsevol fenomen o sistema»; concepció que implica la introducció d'activitats i de criteris d'avaluació vinculats a l'aplicació teòrica i real de continguts en el laboratori.

Bennet i O'Neale (1998) aporten dues idees fonamentals al desenvolupament de competències en els laboratoris:

- El perill consisteix a considerar que les competències s'adquireixen en si mateixes de manera automàtica a partir de l'experiència, sense necessitat d'una avaluació de les eines i dels objectius. També consisteix a posar més èmfasi en el temps i els recursos dels quals disposa que en la qualitat de l'experiència de l'estudiantat. Per aquest motiu, s'han de planificar, dissenyar i avaluar activitats que permetin a l'alumnat integrar i posar en pràctica, mitjançant una experiència de laboratori, els components i els elements de les competències.
- És important que les competències siguin desenvolupades de forma progressiva a mesura que l'estudiantat avança en el procés d'aprenentatge, no en una única sessió o assignatura independent. D'aquí la importància de definir nivells competencials i rúbriques de qualitat o correcció.

2.2. LA COMPETÈNCIA ESPECÍFICA «APLICAR EL MÈTODE CIENTÍFIC PER A LA RESOLUCIÓ DE PROBLEMES». COMPONENTS I ELEMENTS

Tal com hem considerat al llarg d'aquesta guia, la competència és una combinació de coneixements, habilitats i actituds que permeten a l'estudiantat donar una resposta satisfactòria a una determinada situació.

Aquesta guia està centrada en les habilitats i les destreses que ha de desenvolupar l'estudiantat per a l'adquisició de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes», ja que en tractar-se de contextos tan diversos englobats dins la definició de *laboratoris de Ciències i Tecnologia*, cada matèria que en formi part tindrà els seus propis i específics coneixements i actituds o valors que cal desenvolupar durant el transcurs de l'assignatura/matèria. Amb això no volem dir que no donem importància o que oblidem els coneixements i les actituds o els valors que formen part de tota competència, però, amb la voluntat d'aproximar-nos a les diverses realitats dels laboratoris de Ciències i Tecnologia, hem considerat oportú emfatitzar el desenvolupament de les habilitats comunes a totes aquestes, sense deixar mai de considerar, dins la definició de *competència*, la vinculació necessària a unes actituds i uns coneixements propis de la matèria i la titulació de la qual formen part.

Serà en els exemples de bones pràctiques docents (apartat 3.4.) i d'activitats, proposats en el capítol 4 d'aquesta guia, en què es podran veure casos concrets d'aplicació en el laboratori i el paper central de la combinació de coneixements, habilitats i actituds propis de l'assignatura, matèria i/o titulació.

2.2.1. «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes»

De l'anàlisi dels diferents tipus de laboratoris de Ciències i Tecnologia i des d'una perspectiva multidisciplinària, el grup de treball que ha elaborat aquesta guia ha considerat una competència específica pròpia d'aquest entorn formatiu la següent: «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes».

Aquesta és una competència amb la qual es poden sentir identificades les diverses matèries i assignatures que es treballen en els laboratoris de Ciències i Tecnologia, tot i que els seus components competencials no sempre es donaran en el mateix ordre ni amb la mateixa intensitat en totes i cadascuna de les matèries, atesa la gran divergència d'aquestes.

2.2.2. Components competencials i elements que formen part de la competència específica

Per facilitar la comprensió, el desenvolupament i l'avaluació de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes» en els laboratoris de Ciències i Tecnologia, s'identifiquen un seguit de components, anomenats *components competencials*, que es poden observar en la taula 2.1.

Taula 2.1. Relació dels components competencials i dels elements que formen part de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes»

Components	Elements
Mesurar/adquirir	<ul style="list-style-type: none">■ Adquirir dades, ja siguin experimentals o d'una altra indole, necessàries per a la realització d'experiments/projectes/investigacions.■ Enregistrar i documentar, de manera sistemàtica i fiable, dades, resultats i condicions de l'experiment/investigació/projecte científicotecnològics.■ Expressar correctament dades i resultats.■ Utilitzar les eines de mesura o els instruments necessaris per a la realització d'experiments/projectes/investigacions.■ Calibrar els instruments de mesura necessaris per a l'experiment/projecte.
Experimentar	<ul style="list-style-type: none">■ Plantejar i comprovar hipòtesis.■ Aplicar de forma adient tècniques instrumentals o bé operacions bàsiques de laboratori que reconeixin els riscos laborals i hi responguin adequadament.■ Planificar, dissenyar i executar experiments/prototipus/investigacions/protocols científicotecnològics.■ Tractar i interpretar correctament les dades obtingudes al laboratori.■ Representar gràficament dades i resultats, i interpretar correctament les representacions elaborades.■ Analitzar dades estadísticament i valorar la fiabilitat dels resultats obtinguts.

Components	Elements
Modelitzar	<ul style="list-style-type: none"> ■ Proposar, plantejar i escollir models matemàtics (analítics i numèrics) que descriguin acuradament els resultats experimentals. ■ Calcular o estimar els paràmetres del model escollit i ajustar-lo a les dades. ■ Establir els límits del model, tot analitzant i discutint la validesa dels models (capacitat d'extrapolació i d'interpolació, influència de factors o variables externs, etc.). ■ Validar o verificar, mitjançant l'observació/experimentació, els models proposats.
Projectar/predir	<ul style="list-style-type: none"> ■ Utilitzar el model obtingut per fer prediccions, simulacions, càlculs, etc., en casos d'interès. ■ Establir la confiança o l'estabilitat de la predicció. ■ Optimitzar els mitjans i les condicions per a l'execució de l'experiment/projecte/investigació. ■ Argumentar els resultats i extreure'n conclusions.
Decidir	<ul style="list-style-type: none"> ■ Assumir riscos en funció de la confiança en el model i les prediccions. ■ Prendre decisions en funció de les conclusions i de la viabilitat (tècnica, econòmica, etc.) de les propostes. ■ Comunicar, exposar i defensar les conclusions i les decisions preses.

2.3. LA COMPETÈNCIA ESPECÍFICA «APLICAR EL MÈTODE CIENTÍFIC PER A LA RESOLUCIÓ DE PROBLEMES».

NIVELLS COMPETENCIALS

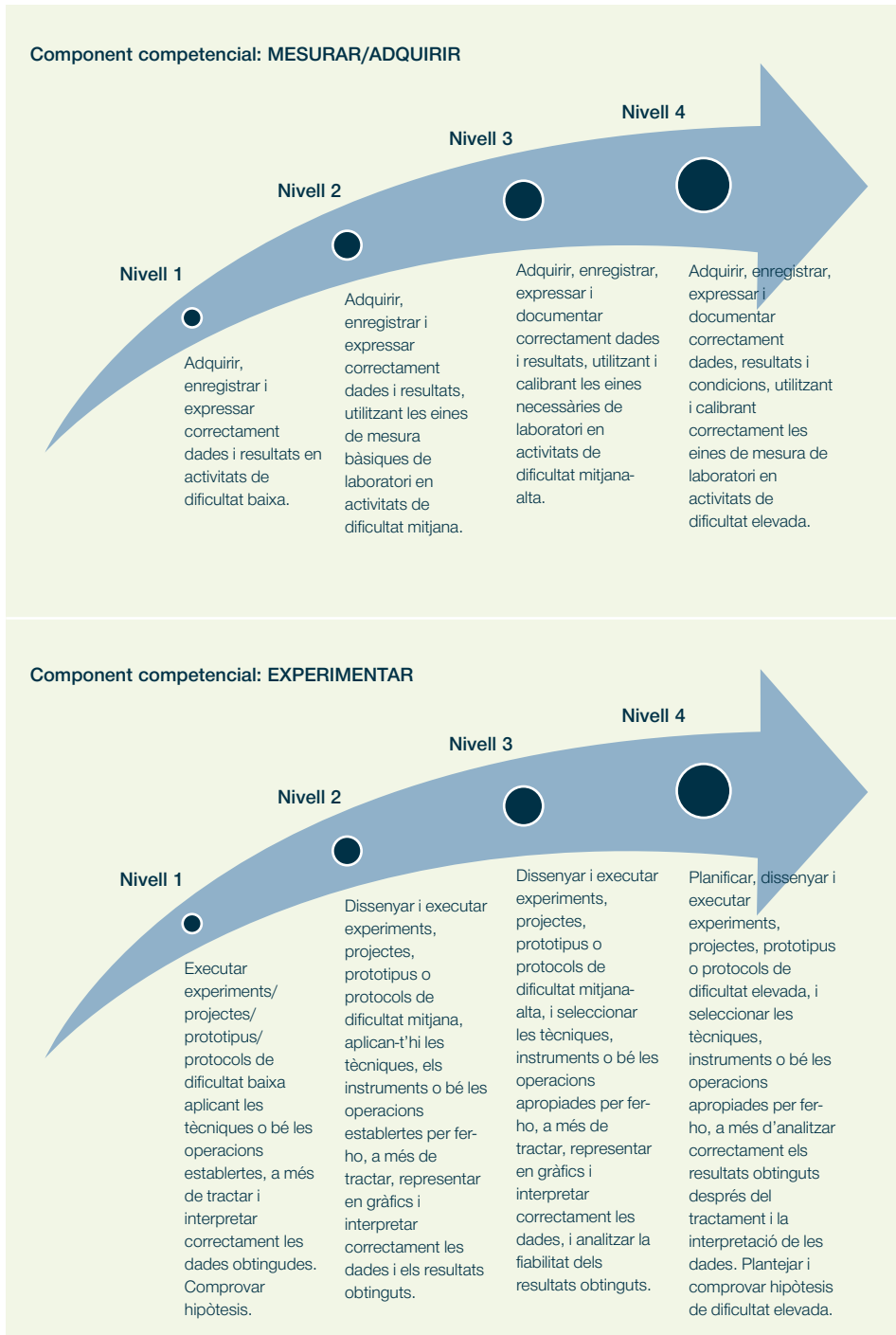
Abans de passar a considerar els nivells definits per al treball de la competència específica, anomenats *nivells competencials*, cal tenir en compte una sèrie de consideracions que ens permetran una adaptació i un desenvolupament més eficaç i eficient a la realitat de l'aula de cada professor i professora:

1. Els nivells competencials que es presenten en aquest document pretenen ser un marc de referència a partir del qual cada professor o professora pot treballar als laboratoris de Ciències i Tecnologia, adaptant cadascun dels ítems plantejats a cada nivell a les característiques de l'assignatura, activitat, grup d'estudiantat, etc. D'aquesta manera, cal tenir present que es pot donar el cas que en una determinada assignatura/matèria/titulació l'adquisició correcta de dades en el laboratori s'hagi de considerar un nivell inicial i, en una altra assignatura/matèria/titulació, aquesta adquisició de dades sigui un aprenentatge propi dels nivells més avançats.

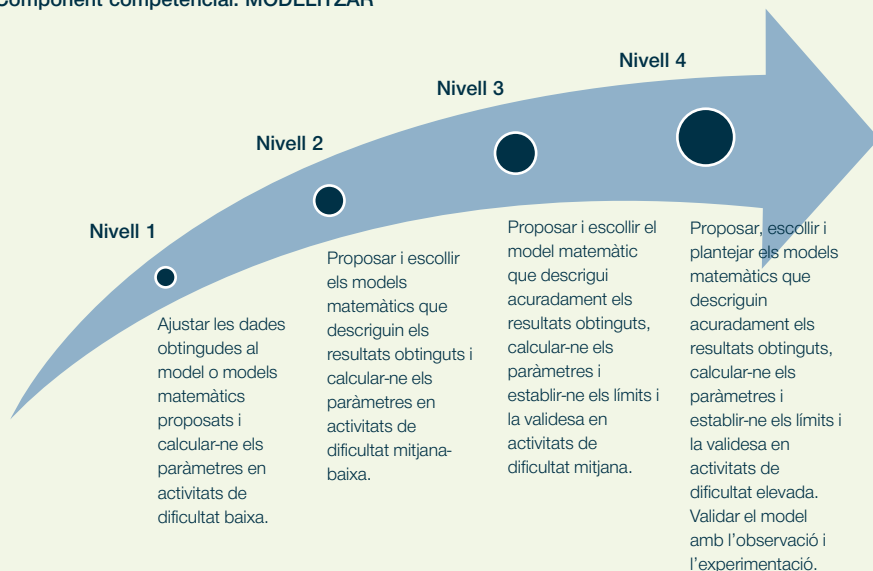
2. Les assignatures i les activitats no necessàriament se situen en un únic nivell en tots i cadascun dels components de la competència, ans al contrari, és molt probable que una assignatura treballi diferents nivells competencials en funció del component de què es tracti. Per exemple, es pot donar el cas de desenvolupar en una mateixa assignatura el nivell 3 de «Mesurar», el nivell 2 d'«Experimentar» i «Modelitzar» i el nivell 1 de «Projectar/predir» i «Decidir». Per aquest motiu, cada professor o professora ha de definir una rúbrica adaptada a les característiques i els objectius definits per a la seva assignatura.
3. Els nivells competencials que es presenten a continuació estan dirigits al professorat, és a dir, estan pensats com un instrument de mesura de la persona docent, no de l'estudiantat ni d'altres possibles agents avaluadors. No obstant això, aquests nivells poden donar orientacions per a l'elaboració d'instruments que permetin l'autoavaluació i la coavaluació entre l'estudiantat: poden servir per a l'elaboració de qüestionaris, escales, etc., d'autoavaluació i de coavaluació eficaces, sempre que estiguin orientades a l'estudiantat i a la seva capacitat d'avaluació, recullin el que la persona docent vol que s'avaluï i el grau en què vol que s'avaluï (mesurar, experimentar, etc.) i siguin coherents amb l'activitat i el seu contingut.
4. Els nivells competencials responen a una seqüència progressiva en la capacitat d'anàlisi, decisió i interpretació o, el que és el mateix, a una complexitat més gran dels aprenentatges que ha d'assolir l'estudiantat.

La figura 2.1. que apareix a continuació mostra, per a cada component competencial, els diferents nivells de complexitat que formen part de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes».

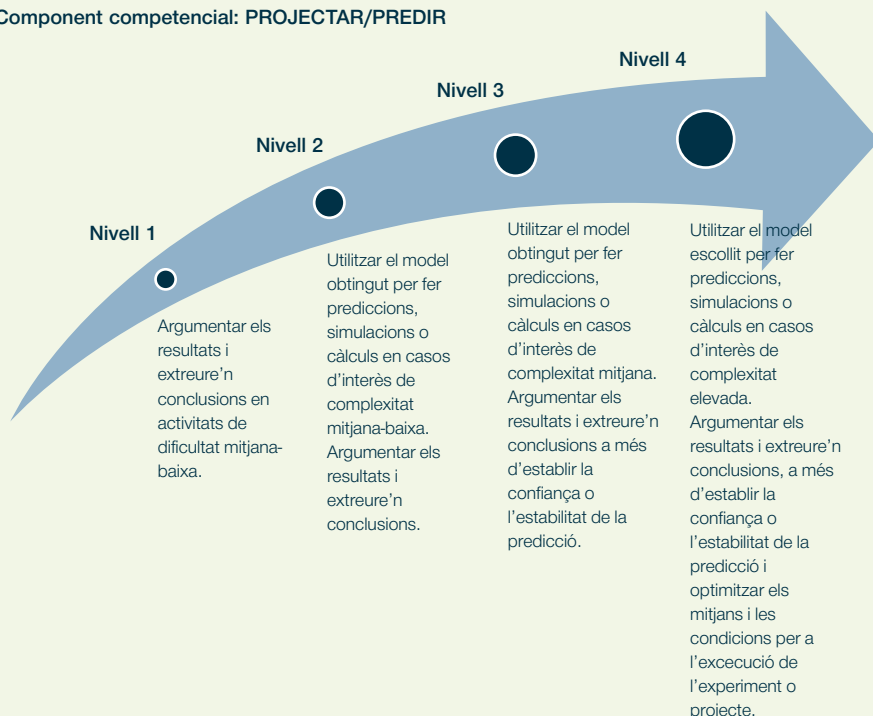
Figura 2.1. Nivells de complexitat dels components de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes»

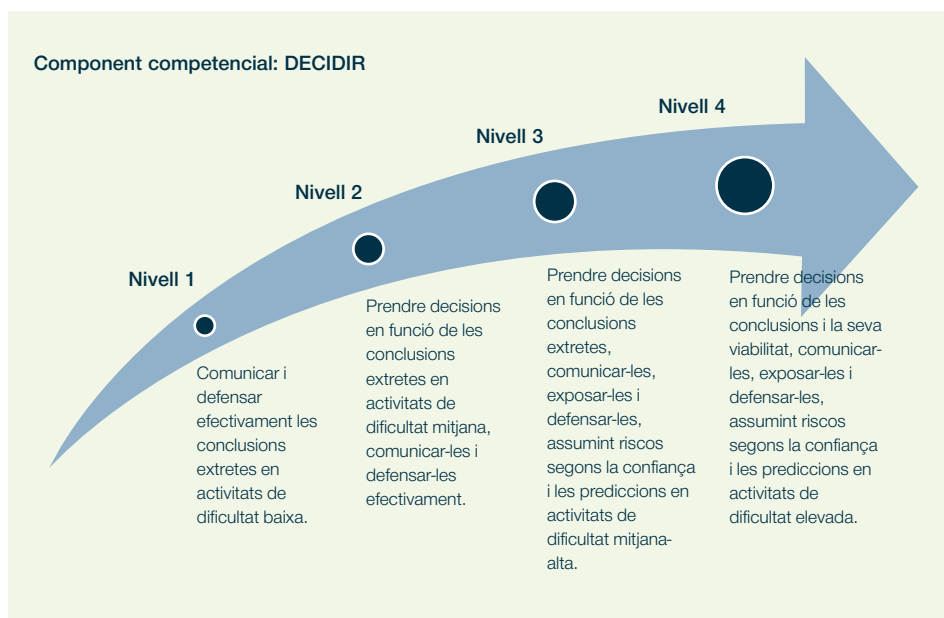


Component competencial: MODELITZAR



Component competencial: PROJECTAR/PREDIR





2.4. ESTUDI DE CAMP: EL DESENVOLUPAMENT DE LES COMPETÈNCIES GENÈRIQUES EN ELS LABORATORIS DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

Amb l'objectiu d'identificar les competències genèriques que el professorat considera importants de desenvolupar en els laboratoris de Ciències i Tecnologia, així com les activitats que en permeten el treball al laboratori, es va dissenyar un qüestionari,⁵ al qual van respondre un total de 76 professors de diferents universitats espanyoles: Universitat Carlos III de Madrid, Universitat d'Alcalá de Henares, Universitat de Màlaga, Universitat de Saragossa, Universitat Politècnica de Madrid, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Barcelona, Universitat Jaume I i Universitat Politècnica de València, i és majoritari el nombre de respostes obtingudes de la Universitat Politècnica de Catalunya.

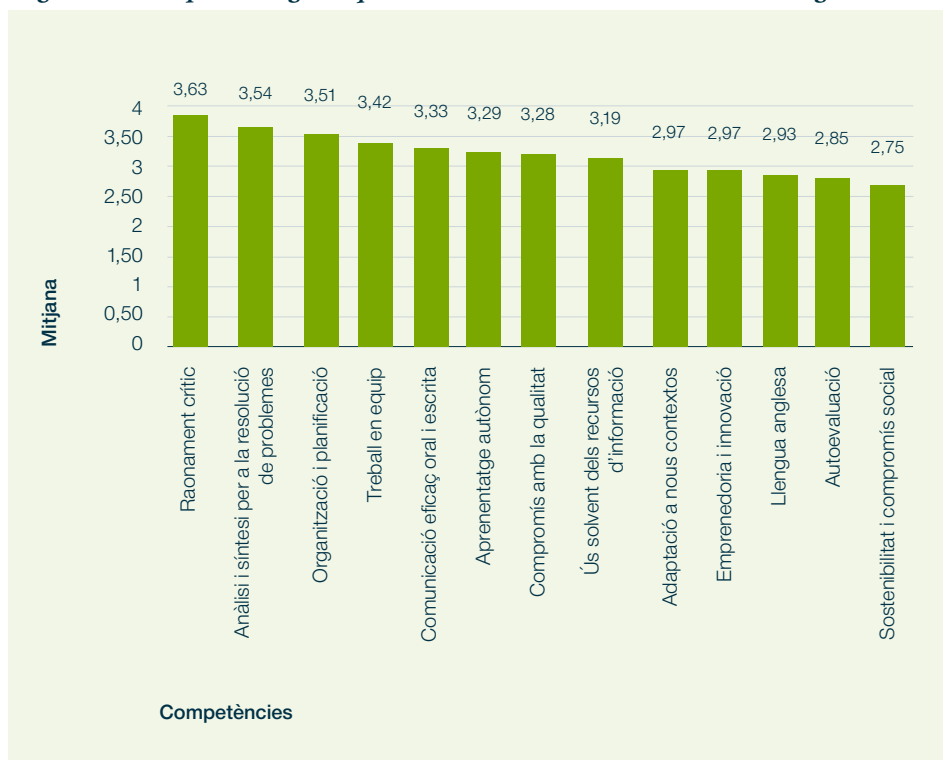
El qüestionari estava compost de dos grups de preguntes: el primer feia referència a les competències genèriques que el professorat de laboratoris de Ciències i Tecnologia considera importants de desenvolupar durant les sessions de laboratori, i el segon grup se centrava en les tasques/activitats que l'estudiantat ha de dur a terme per tal d'adquirir les diferents competències genèriques proposades en el qüestionari. A continuació es comenten els resultats obtinguts.

⁵ Vegeu l'annex 1, "Enquesta sobre competències genèriques" i l'annex 2, "Resultats de l'enquesta"

2.4.1. Competències genèriques en els laboratoris de Ciències i Tecnologia

En la figura 2.2. es poden observar les respostes al primer grup de qüestions. El professorat considera que les competències genèriques que s'han de treballar més als laboratoris de Ciències i Tecnologia són: el raonament crític, l'anàlisi i la síntesi per a la resolució de problemes, l'organització i la planificació.

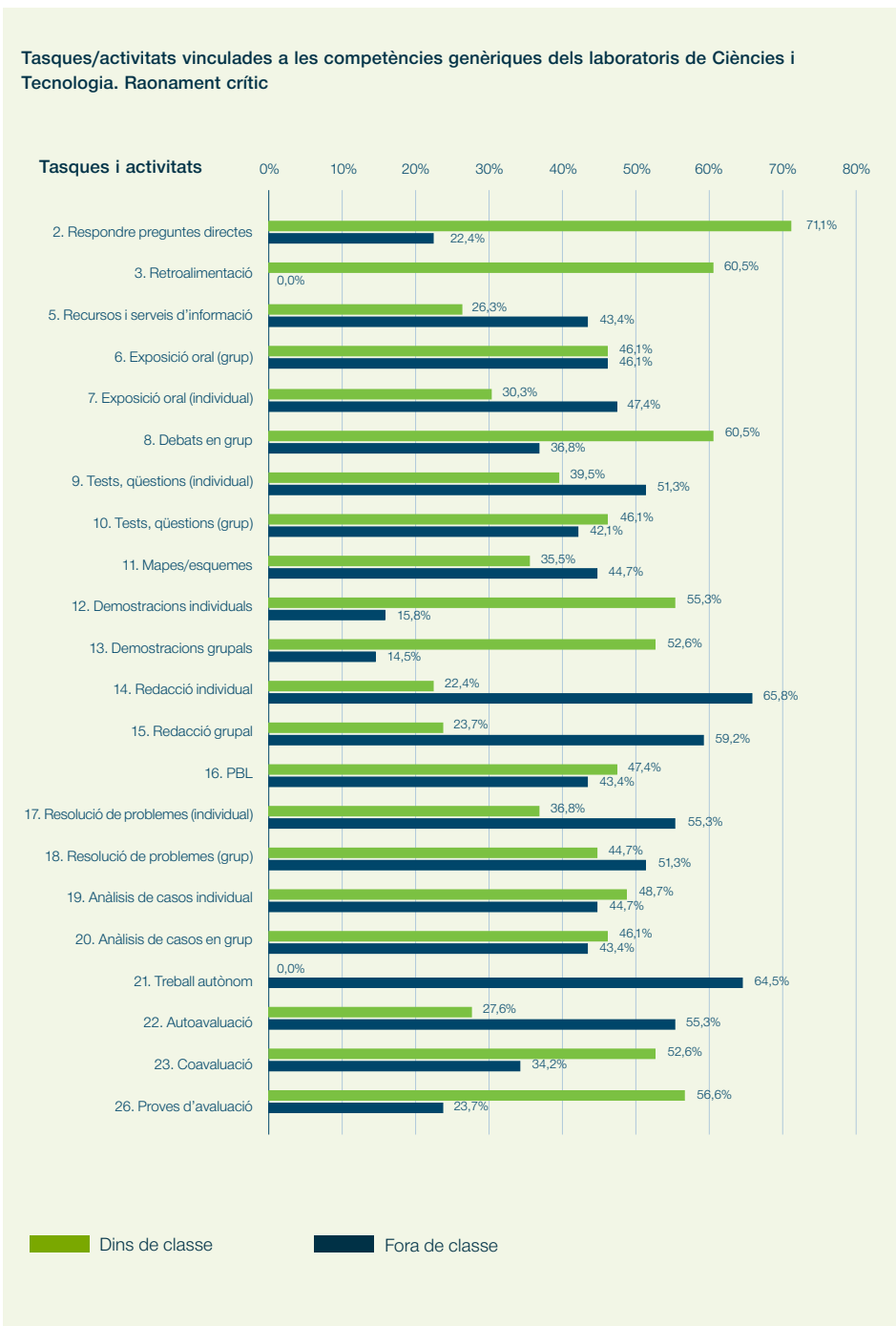
Figura 2.2. Competències genèriques en els laboratoris de Ciències i Tecnologia



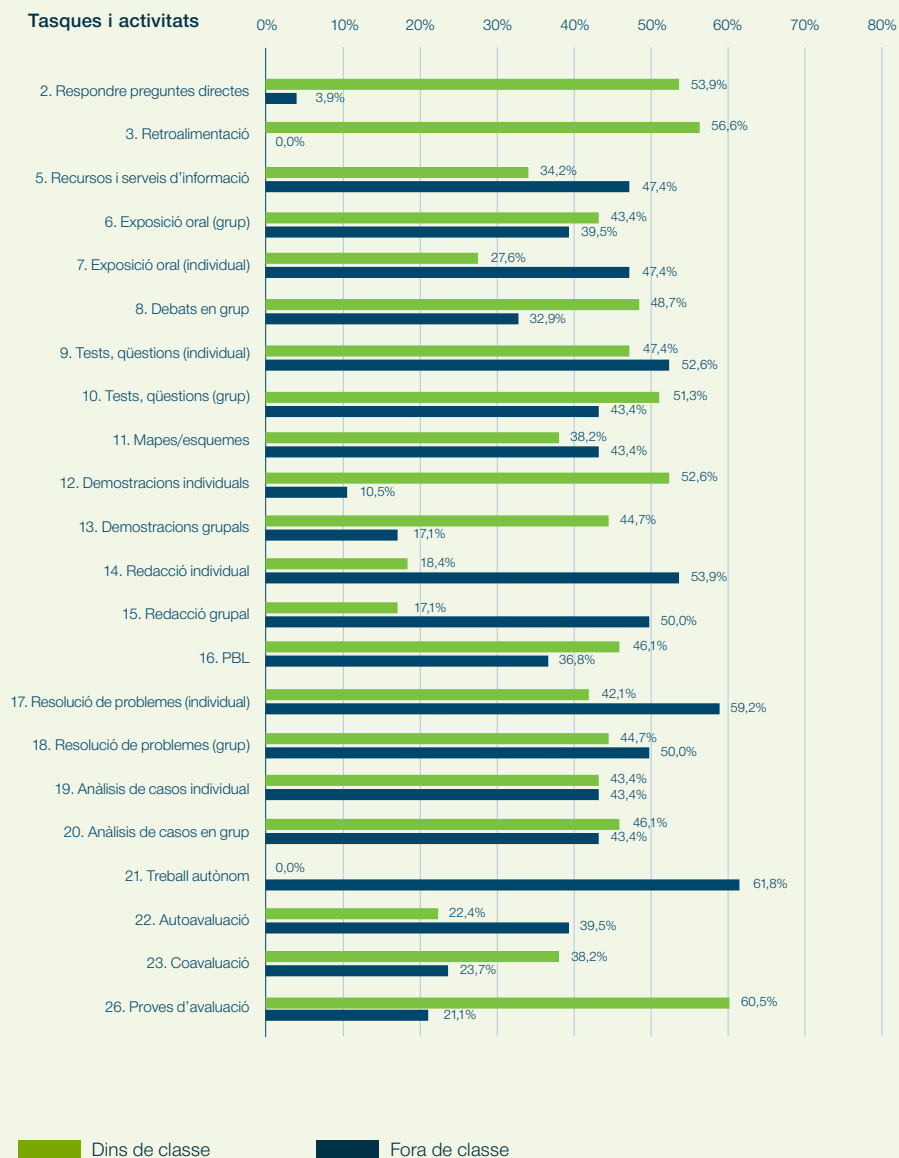
2.4.2. Tasques/activitats que desenvolupen les competències genèriques en els laboratoris

Les tasques/activitats que permeten el desenvolupament de les tres competències genèriques considerades més importants en els laboratoris de Ciències i Tecnologia, segons el professorat enquestat, i distribuïdes en funció de si es realitzen dins del laboratori o fora, queden recollides en la figura 2.3.

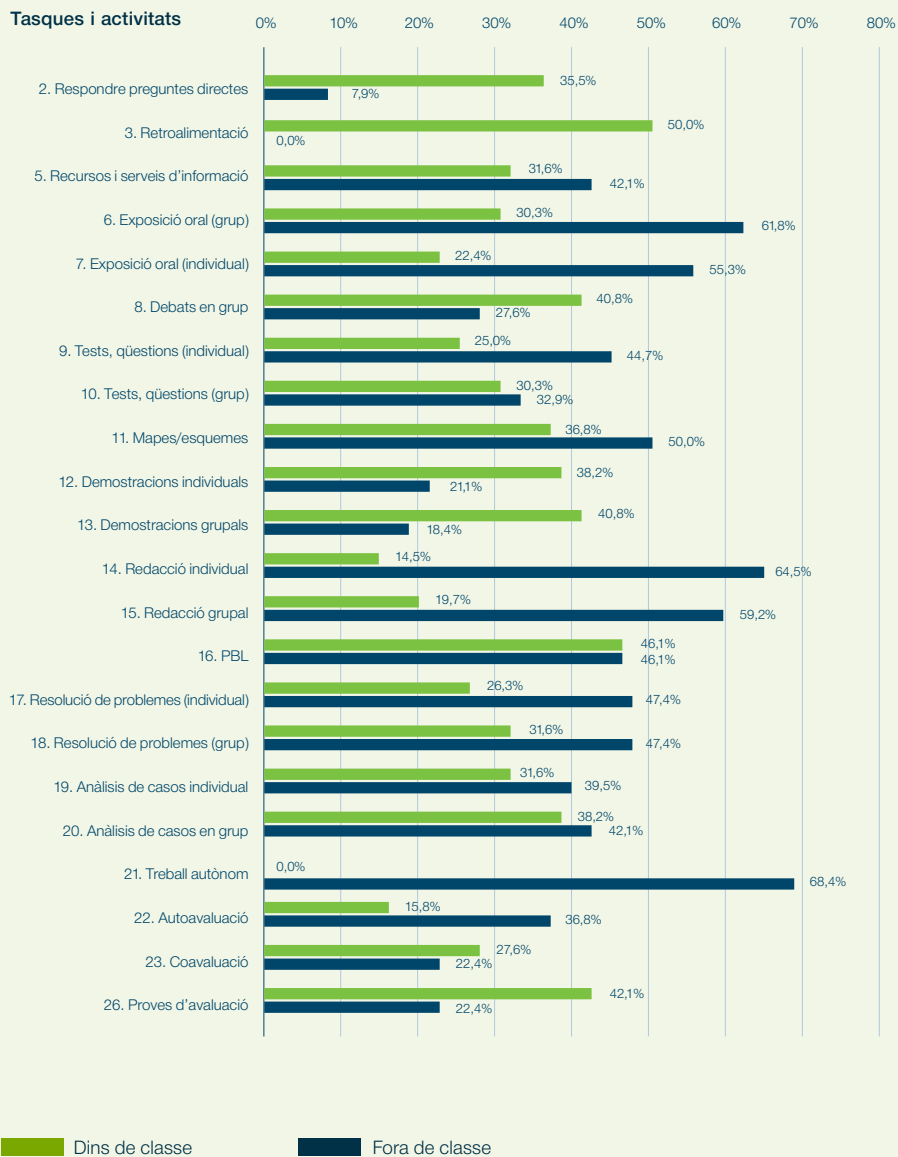
Figura 2.3. Tasques/activitats que permeten el desenvolupament de les competències genèriques en els laboratoris



Tasques/activitats vinculades a les competències genèriques dels laboratoris de Ciències i Tecnologia. Anàlisi i síntesi per a la resolució de problemes



Tasques/activitats vinculades a les competències genèriques dels laboratoris de Ciències i Tecnologia. Organització i planificació



De l'anàlisi dels resultats, se'n pot concloure que les tres competències genèriques considerades pel professorat enquestat ens permeten fonamentar la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes», definida per a l'àmbit dels laboratoris de ciència i tecnologia, atès que aquesta última integra, dins els seus components competencials, elements i aspectes propis de les primeres.

Amb relació a les tasques/activitats, és interessant observar que el treball autònom, assenyalat com a rellevant per més del 60% del professorat enquestat, és l'element fonamental i diferenciador de la metodologia (prelaboratori i postlaboratori) proposada per a l'aplicació de la competència específica. D'altra banda, tasques/activitats com respondre preguntes directes, retroalimentació, redacció individual i exposició oral, també assenyalades pel professorat com a importants, queden integrades al llarg d'aquesta guia en la metodologia i l'avaluació de la competència específica dels àmbits dels laboratoris de Ciències i Tecnologia.

3. COM INTEGRAR I AVALUAR LA COMPETÈNCIA ESPECÍFICA EN ELS LABORATORIS DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

3.1. PLANIFICACIÓ I DISSENY D'ACTIVITATS

Tot procés de planificació, d'execució i d'avaluació del procés formatiu és determinat per la perspectiva educativa en la qual s'emmarca la titulació i el pla d'estudis de què forma part, però també adopta un caràcter determinant per la visió del professorat, és a dir, la seva forma de concebre l'educació i la seva idea de persona i de societat que vol contribuir a formar en el marc del perfil consensuat col·lectivament.

Actualment, i cada vegada amb més intensitat, pren força una nova perspectiva sorgida en els darrers temps des del mateix àmbit dels laboratoris, que aposta per una nova visió que implica, necessàriament, un canvi en la concepció del procés d'ensenyament-aprenentatge i com es desenvolupa, així com en el rol que assumeixen els dos principals actors del procés educatiu: el professorat i l'alumnat.

Aquest nou corrent pedagògic o perspectiva pedagògica suposa una sèrie de canvis respecte a la forma com fins ara s'ha desenvolupat el procés educatiu en els laboratoris. La taula 3.1., aportada per Graells (2007), que esmenten Johson, Johson i Holubec (1998), pot resultar molt aclaridora respecte a les implicacions d'aquesta nova manera de plantejar el procés d'ensenyament-aprenentatge als laboratoris de Ciències i Tecnologia.

Taula 3.1. Resum del canvi de paradigma per a les assignatures d'experimentació

Factor	Paradigma antic. De la docència al laboratori	Paradigma nou. De la docència al laboratori
Objectiu	Reproduir les mesures de científics notables (potser de fa molt temps). Confirmar les lleis que van enunciar.	Dissenyar, executar i gestionar un projecte per adquirir, elaborar i comunicar coneixements experimentals.
Qualificació	Com més propera sigui la mesura al valor correcte, més alta en serà la qualificació.	Com més coneixements es comuniquin al final, més alta en serà la qualificació.
Coneixement	S'imparteix magistralment a la classe de teoria. Es verifica al laboratori.	S'elabora al laboratori. Concorda amb la teoria (apresa abans, després o durant).
Alumnat	Testimonis i mesuradors de fenòmens preparats convenientment.	Constructor actiu i transformador del propi coneixement. Ha de prendre decisions.
Professorat	Ajuda l'alumnat a obtenir els resultats correctes i evita que cometi errors al laboratori. S'encarrega de la «posada en escena».	Ajuda l'alumnat a obtenir les pròpies conclusions i a aprendre dels errors. Permet els errors si són didàctics.
Horitzó	Una sessió de laboratori per trobar el resultat correcte i «fer bé la pràctica». Les dades solen ser estadísticament insuficients.	Tot un quadrimestre per projectar l'experiment, recopilar les dades de la resta de la classe i obtenir més i millors resultats.
Context	Equips independents i aïllats que repeteixen la mateixa mesura.	Formació conjunta dels grups, que lideren projectes dependents i en comparteixen les dades.
Suposicions	Qualsevol persona docent pot impartir les sessions de pràctiques (fins i tot, o millor, els més joves i inexperts). Vigilar en el laboratori és més fàcil que impartir teoria.	La docència en el laboratori és complexa i demana molta planificació. La preparació, la gestió i el seguiment de projectes de laboratori demanen més temps que la classe magistral.

Font: Johnson *et al.* (1998).

Així doncs, segons Graells (2007), es planteja el laboratori com una oportunitat per a l'aprenentatge que el professorat ha de convertir en un autèntic entorn d'aprenentatge, en què sigui possible una formació integral que tingui en compte, entre altres aspectes, els continguts dispersos d'un conjunt de pràctiques metodològiques i d'avaluació. En l'apartat 3.4. es desenvolupa més extensament aquest model com un exemple de bones pràctiques. Per a la integració, el desenvolupament i l'avaluació de la competència específica proposada en aquesta guia, ens hem situat sota aquesta perspectiva. Els laboratoris no es consideren

subordinats al servei de sessions de caràcter més teòric, en què l'estudiantat aprèn a aplicar una sèrie de receptes inicialment preparades pel professorat, sinó a entorns d'aprenentatge en si mateixos, que contribueixen a altres matèries o assignatures i se'n nodreixen mitjançant una retroalimentació, i en què l'estudiantat han de posar en pràctica, manipular, experimentar, descobrir, prendre decisions, equivocar-se, etc. En definitiva: aprendre.

3.1.1. Planificació de les assignatures per al desenvolupament de la competència específica

Per a l'elaboració d'una planificació de les matèries o assignatures coherent amb el que s'espera que l'alumnat hagi après i hagi adquirit al llarg de la titulació, és necessari aclarir els aspectes següents, vinculats al mateix pla d'estudis:

- Objectius generals de la titulació.
- Competències específiques pròpies de la titulació que han de ser treballades en la matèria o assignatura.
- Competències transversals o genèriques assumides per la titulació que han de ser treballades en la matèria o assignatura.
- Les altres matèries o assignatures que treballen les mateixes competències (genèriques o específiques) i que en el nostre cas hem de desenvolupar.
- Sistema metodològic general de la titulació.
- Sistema avaluatiu i de qualificacions establert en la titulació.

La intervenció del professorat responsable d'una determinada matèria o assignatura quant a la planificació d'aquesta comença, una vegada aclarida la seqüenciació de la titulació, considerant aspectes directament vinculats a la matèria o assignatura:

- Identificació, descripció i contextualització de la matèria/assignatura, en funció de la seva relació amb la titulació i amb la resta de disciplines que la configuren.
- Descripció del contingut científic de la matèria o assignatura, en funció de la seva contribució al contingut de la titulació. En la determinació d'aquest tipus de contingut és necessari que la persona docent es plantegi la manera com es treballarà i la seva connexió amb la pràctica real, connexió que haurà de quedar explícita de manera molt clara en cadascuna de les activitats que ha de desenvolupar l'alumnat.
- Competències genèriques i específiques a les quals la matèria contribueix, així com el seu nivell de complexitat.
- Establiment d'objectius i resultats d'aprenentatge, en termes del que l'estudiantat ha de ser capaç de fer en acabar el procés formatiu.
- Metodologia de les activitats d'aprenentatge, és a dir, la relació de les activitats que, vinculades al nivell competencial en què se situa la matèria o assignatura i a través del treball de cadascun dels components competencials, han de permetre adquirir la competència.

- Explicitació del sistema d'avaluació i de qualificacions que definiran l'aprenentatge de l'estudiantat sobre la matèria/assignatura, i que necessàriament han de ser coherents amb els que hi ha establerts a la titulació i amb les matèries/assignatures relacionades amb la competència específica.

Totes les decisions que s'hagin de prendre en qualsevol moment del procés de planificació s'han de fonamentar en el context de la matèria/assignatura (titulació, disciplina, tipus de laboratori, institució, etc.), en el grup d'alumnat, en les competències que cal treballar i, sobretot, en les finalitats formatives de la matèria i de la titulació.

La fitxa de planificació de les matèries/assignatures per al desenvolupament de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes» que es presenta a continuació pot ser un instrument útil per a la planificació d'una matèria o assignatura per competències. Aquesta fitxa permet a la persona docent identificar, contextualitzar i definir els elements més importants que caracteritzaran i determinaran el desenvolupament de la matèria/assignatura i, també, reflexionar sobre les activitats que es plantejaran en el laboratori. Un dels aspectes importants és treballar cadascuna d'aquestes activitats i l'equilibri per desenvolupar la competència.

Per al desenvolupament de la competència, el més important no és el nombre d'activitats que ha de dur a terme l'alumnat, sinó que el més important és el que implica cada activitat per al seu aprenentatge i per a l'adquisició de la competència. Així, es pot donar el cas que en una matèria o assignatura hi hagi poques activitats, però que aquestes siguin d'elevada complexitat, en permetre el treball integral dels diferents components de la competència, mentre que en una altra matèria o assignatura es plantegi un nombre elevat d'activitats de caràcter més senzill per a la introducció dels diferents components de la competència. L'elecció d'unes activitats o unes altres s'ha de regir per la contribució que l'estudiantat adquireixi el nivell competencial definit (apartat 2.3).

Per tal que puguin contribuir al desenvolupament i a l'adquisició de la competència, les activitats han de ser necessàriament distribuïdes durant la matèria/assignatura, de manera que al llarg del procés formatiu el grau de dificultat augmenti: partint del nivell competencial immediatament inferior (tret del nivell 1, en què no n'hi ha cap de previ) fins als resultats esperats per al nivell competencial definit en la matèria/assignatura.

En el moment de planificació del procés formatiu, seria molt interessant plantejar un problema inicial estretament relacionat amb la realitat professional, a partir del qual convergeixin les diferents activitats plantejades en l'assignatura o matèria.

Taula 3.3. Exemple sobre planificació d'activitats

Components competencials		Activitats				
		Act. 1 Nom	Act. 2 Nom	Act. 3 Nom	Act. 4 Nom	Act. 5 Nom
Nivell 3	Mesurar/adquirir					
	Experimentar					
	Modelitzar					
	Projectar/predir					
	Decidir					

- +
Nivell de dificultat de les activitats

Activitats prelaboratori
 Activitats durant el laboratori
 Activitats postlaboratori

Aquest segon exemple, igual que el primer, es refereix a una assignatura que consta de cinc activitats. En aquest cas, en conjunt, les activitats incorporen els components de la competència específica, però amb un grau de complexitat creixent a cada activitat i en diversos moments del laboratori: en un principi, els components «modelitzar» i «projectar» es treballen durant el laboratori i, a continuació, es plantegen com a postlaboratori. Com que es tracta d'un nivell competencial elevat, les activitats requereixen una alta implicació d'aprenentatge autònom de l'estudiantat (prelaboratori i postlaboratori).

Fitxa de planificació de les matèries/assignatures per al desenvolupament de la competència específica

A continuació es proposa una fitxa de planificació de la matèria/assignatura per al desenvolupament de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes».

Dades generals

Titulació _____

Matèria/assignatura _____

Curs/quadrimestre _____

Nivell/s⁶ competencial/s⁷ _____

Dades específiques de l'assignatura o matèria

Descripció/contextualització

Cal identificar la matèria/assignatura i la seva contribució a la titulació.

Competències que desenvolupa la matèria/assignatura

En aquest apartat cal especificar les competències genèriques i específiques establertes per la titulació que la matèria/assignatura contribueix a desenvolupar.

Continguts propis de la matèria/assignatura

Cal considerar que aquests continguts poden estar vinculats a la disciplina i/o a les competències genèriques i, alhora, han de quedar reflectits en els objectius i els resultats d'aprenentatge.

Objectius i resultats d'aprenentatge

Per a cadascuna de les competències definides en l'apartat anterior i en funció del nivell competencial de cadascuna, cal especificar els resultats d'aprenentatge que s'esperen de l'estudiantat i integrar-hi els continguts propis de l'assignatura.

Metodologia

De forma general cal indicar la metodologia a partir de la qual es treballaran els continguts i es desenvoluparan les competències definides. Totes i cadascuna de les activitats definides posteriorment han de ser coherents amb aquesta metodologia.

⁶ Es pot donar el cas que en una determinada matèria/assignatura es treballin diferents nivells competencials. En aquest cas, s'han d'especificar tant en l'apartat de dades generals com en el de planificació d'activitats. En aquest darrer apartat s'ha d'ampliar la graella amb un altre nivell, en què s'indiquin els components que es treballen al llarg de la matèria o assignatura, però no s'hi han de reflectir necessàriament tots els components de cada nivell.

⁷ Per a l'establiment del nivell competencial, la persona docent ha de determinar, en funció de la classificació realitzada en l'apartat 2.3 d'aquesta guia, el nivell competencial en què se situa la seva matèria o assignatura i, a partir d'aquí, definir els altres apartats que s'indiquen a la fitxa.

Sistema d'avaluació i qualificació

Sovint, les activitats d'avaluació serveixen, d'una banda, per avaluar els aprenentatges adquirits (amb la consegüent qualificació a la nota final) i, d'altra banda, per comprovar el desenvolupament de la competència específica en el seu nivell competencial, proporcionant una retroalimentació a l'estudiantat per valorar i millorar el procés. L'avaluació de la competència no ha d'anar associada necessàriament a un pes en la qualificació final, però sí que hauria d'anar acompanyada d'una valoració qualitativa del grau d'adquisició del nivell competencial, establert en aquesta guia a través de les rúbriques de cada nivell.

Planificació d'activitats de l'assignatura o matèria								
Components competencials	Activitats							
	Act. 1 Nom	Act. 2 Nom	Act. 3 Nom	Act. 4 Nom	Act. 5 Nom	Act. 6 Nom	Act. n Nom	
Nivell	Mesurar/adquirir							
	Experimentar							
	Modelitzar							
	Projectar/predir							
	Decidir							

3.1.2. Disseny d'activitats per al desenvolupament de la competència específica

Una vegada planificada la matèria/assignatura, segons els apartats anteriors, és el moment de dissenyar les activitats d'aprenentatge que han de permetre assolir els objectius i desenvolupar les competències definides en el marc de la matèria o assignatura.

Durant el procés de disseny de les activitats d'aprenentatge cal dedicar una especial atenció a considerar:

- El moment en què se situa l'activitat concreta, en relació amb la resta d'activitats, per al treball gradual del nivell competencial establert en la matèria o assignatura.
- La seva pertinença, importància i contribució a l'aprenentatge de l'alumnat i a l'adquisició del nivell de la competència definit en la matèria (en els diferents components competencials).
- La seva coherència amb la metodologia i el sistema d'avaluació i qualificació previstos, tant per al desenvolupament de la matèria o assignatura com de la mateixa activitat.
- De quins moments es compon l'activitat, en funció dels objectius inherents a les tasques de prelaboratori, durant el laboratori i postlaboratori.⁸
- La situació l'activitat dins d'un context real.

Concretament, dissenyar les activitats d'aprenentatge implica definir tota una sèrie d'elements:

- Identificar els continguts que es tractaran durant l'activitat.
- Definir els objectius i els resultats d'aprenentatge, tant els que fan referència als propis de l'activitat com els que estan vinculats a l'aprenentatge de la competència, específicament al nivell competencial concret. La seva definició ha de ser d'acord amb els objectius i els resultats d'aprenentatge establerts o bé amb la matèria/assignatura.
- Planificar el conjunt de tasques que l'alumnat ha de dur a terme durant els diferents moments de l'activitat (prelaboratori, durant el laboratori i postlaboratori), prenent sempre com a referència els objectius i els resultats d'aprenentatge establerts.
- Determinar el temps de dedicació que l'estudiantat necessita per al desenvolupament de l'activitat.
- Definir les estratègies i els instruments a partir dels quals s'elaborarà l'avaluació de les evidències generades per l'alumnat, tant pel que fa a la competència específica de laboratori (si escau avaluar-la) com als aprenentatges més vinculats al treball dels continguts i els coneixements propis de la disciplina.

⁸ Els objectius vinculats als diferents moments del laboratori es descriuen en l'apartat 3.2.2 d'aquesta guia.

- Establir els criteris d'avaluació a partir dels quals s'avaluaran i es valoraran, d'una banda, els aprenentatges realitzats i, de l'altra, l'adquisició del nivell competencial. En aquest darrer terme cal tenir present que la competència ha de ser avaluada amb una finalitat formativa⁹ al llarg de tot el procés educatiu; amb aquest objectiu, la persona docent ha d'establir els criteris a partir dels quals determinarà el grau d'assoliment del nivell competencial establert prèviament.¹⁰

Tots aquests elements queden recollits en la fitxa de disseny d'activitats per al desenvolupament de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes», la qual pot anar acompanyada de materials, documentació o bibliografia específica i ser facilitada a l'estudiantat.

⁹ En l'apartat 3.3.1 d'aquesta guia s'aporta més informació sobre la finalitat formativa de l'avaluació.

¹⁰ Per establir els criteris a partir dels quals es determina l'assoliment del nivell competencial o no, la persona docent pot fer ús de les rúbriques que aporta aquesta guia, en l'apartat 3.3.5.

Fitxa de disseny d'activitats per al desenvolupament de la competència específica

A continuació es proposa una fitxa per dissenyar activitats per al desenvolupament de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes».

Dades generals de l'activitat		
Matèria/assignatura:		
Nivell competencial:	Components de la competència: ¹¹	
Núm. d'activitat: ¹²	Nom de l'activitat:	
Temps de dedicació de l'estudiant a l'activitat:		
Prelaboratori: ____ hores	Durant el laboratori: ____ hores	Postlaboratori: ____ hores

Desenvolupament de l'activitat		
Continguts que es treballen a l'activitat		
Objectius i resultats d'aprenentatge		
En la seva definició han de ser coherents amb els objectius i els resultats d'aprenentatge establerts per a la matèria/assignatura i amb el nivell competencial en què se situa l'activitat.		
<i>Objectius i resultats d'aprenentatge propis de l'activitat:</i>		
<i>Objectius i resultats d'aprenentatge de les competències (d'acord amb el nivell competencial):</i>		
Metodologia de l'activitat		
En aquest apartat cal descriure el procés de prelaboratori, durant el laboratori i de postlaboratori, que permetrà a l'estudiantat treballar la competència, tenint en compte sempre la coherència amb els objectius i els resultats d'aprenentatge establerts i amb el nivell competencial en què es pretén treballar.		
Avaluació: estratègies, instruments, criteris i qualificació		
L'elaboració d'aquest apartat ha de ser coherent amb els objectius i els resultats d'aprenentatge, amb el nivell de la competència i amb la metodologia definida en aquesta mateixa fitxa. Pel que fa a la qualificació, cal tenir en compte la dedicació que aquesta activitat requereix per a l'estudiantat i la seva contribució a l'aprenentatge en relació amb les altres activitats que configuren la matèria/assignatura, i cal especificar el pes que té en la qualificació final de l'alumnat.		

¹¹ Els components competencials s'han de correspondre amb els que hi ha establerts per a aquesta activitat en la fitxa de planificació de les matèries/assignatures per al desenvolupament de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes».

¹² El número de l'activitat s'ha de correspondre amb el número de la seqüència establert en la fitxa de planificació de les matèries/assignatures per al desenvolupament de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes».

Seria aconsellable incorporar en aquesta fitxa un apartat que s'anomeni «Propostes de millora», en què la persona docent pugui introduir les pròpies valoracions i les de l'estudiantat sobre el desenvolupament de l'activitat i incloure possibles millores i adaptacions de l'activitat per contribuir a una millora en l'aprenentatge que alhora permeti assolir amb més eficàcia els objectius i els resultats d'aprenentatge establerts.

D'altra banda, també és aconsellable que, en acabar el disseny de les diferents activitats que formaran la matèria o assignatura, el professorat reculli la informació més general d'aquestes en un pla de treball o una guia per a l'alumnat, amb la finalitat que l'estudiantat conegui el conjunt i el contingut de les activitats que haurà de desenvolupar durant la matèria, la càrrega de treball que li suposarà (comptabilitzat en crèdits ECTS) i el sistema mitjançant el qual serà avaluat de cadascuna.¹³

3.2. METODOLOGIA

Definir la metodologia pròpia de la matèria o assignatura consisteix a determinar el procediment mitjançant el qual es treballaran els continguts, s'integraran els aprenentatges i es desenvoluparan les competències definides prèviament. Això implica que, necessàriament, totes i cadascuna de les activitats que es defineixin posteriorment han de ser coherents amb la metodologia de la matèria o assignatura.

La metodologia es refereix a com es desenvoluparà el procés d'ensenyament-aprenentatge que ha de permetre a l'estudiantat assolir els objectius i adquirir les competències establertes.

Tenint en compte els elements esmentats en l'apartat 3.1.1 sobre planificació de matèries d'aquesta mateixa guia, la determinació de la metodologia que se seguirà durant una matèria/assignatura s'ha de regir pels criteris següents:

- Coherència amb els objectius generals i competències genèriques i específiques definides per la titulació, així com amb les orientacions metodològiques i d'avaluació pròpies del pla d'estudis.
- Coherència amb els continguts, objectius, resultats d'aprenentatge i sistema d'avaluació de la matèria/assignatura.

Però, alhora, és molt important considerar el context formatiu en què ens situem, i per això cal tenir en compte un tercer criteri:

- Coherència amb el marc educatiu europeu i amb el paradigma de treball als laboratoris.

¹³ En l'annex 3, «Guia d'activitats d'una assignatura d'experimentació en Enginyeria Química», es pot observar un model de guia de l'alumnat, adreçat a l'alumnat d'una assignatura de laboratori.

No obstant això, com es pot desenvolupar a l'aula una metodologia coherent amb el marc educatiu europeu i amb el paradigma de treball als laboratoris? La clau es troba a plantejar el laboratori de manera que l'estudiantat, necessàriament, s'hi hagi d'implicar, i actualment hi ha tota una sèrie d'estratègies que permeten al professorat desenvolupar a l'aula una metodologia activa. Un clar exemple el trobem en l'aprenentatge cooperatiu (Johnson; Johnson; Stanne, 2000) i en l'aprenentatge basat en projectes o problemes (Gibels; Dochy; Van den Bossche; Segers, 2005), els quals poden desenvolupar-se com a activitats aïllades, però també poden integrar-se com una metodologia pròpia de la matèria o assignatura.

En el capítol 4 d'aquesta guia s'incorporen exemples d'activitats al servei d'una metodologia activa, orientada a les directrius europees i al nou paradigma formatiu en l'àmbit dels laboratoris de Ciències i Tecnologia.

3.2.1. Canvis metodològics per augmentar l'eficàcia en els laboratoris de Ciències i Tecnologia

Diversos autors coincideixen a afirmar que hi ha una falta d'integració dels laboratoris de ciències en el context de les matèries/assignatures universitàries, fins i tot es podria parlar de la poca eficàcia d'aquestes activitats en el procés d'aprenentatge de l'estudiantat. El motiu d'aquesta aparent contradicció es podria trobar en el fet que, generalment, els objectius i els resultats esperats per l'estudiantat envers les sessions de laboratori no són prou explícits. A més, la metodologia emprada, generalment, no és la més adient per motivar l'alumnat, de manera que es perd la potencialitat d'aquestes sessions com a element clau en la formació de professionals (Hofstein; Mamlok-Naaman, 2007).

Dins d'aquest context, Bennet i O'Neale (1998) destaquen, com a principals limitacions dels laboratoris de ciències, els aspectes següents:

1. L'alumnat no té opció de participar en el disseny dels experiments, ans al contrari, rep un material amb què, tot seguint una «recepta», ha de desenvolupar un procediment per tal d'assolir un resultat, que pot ser una dada o un producte físic. Aquesta metodologia «tradicional» transmet a l'estudiantat la sensació que l'única fita és assolir un resultat i que només obtindrà una bona valoració si aquest resultat és «correcte».
2. La limitació de temps disponible per al desenvolupament de l'experiència fa que sovint l'alumnat només tingui opció de «fer» i no es pugui entretenir a «aprendre». Aquesta situació s'agreuja encara més quan el laboratori no és, en si mateix, una assignatura, sinó que és només una part aïllada d'una matèria, ja que aleshores esdevé una mera comprovació de coneixements o una sessió d'utilització d'equipaments de laboratori.

Els mateixos autors plantegen que totes dues limitacions es podrien resoldre si la informació proporcionada a l'estudiantat fos limitada, de manera que se'l forçés a buscar part del que necessita per al desenvolupament de l'experiment. Una altra activitat que millora la motivació consisteix a dividir un experiment en diferents etapes, amb fites de curt abast, de manera que l'estudiantat s'hi involucri progressivament i adopti un rol d'investigador novell i es

responsabilitzi de la pròpia consecució de resultats. La primera etapa no ha de consistir només a llegir notes o manuals, sinó que cal la implicació des del primer moment, i això s'aconsegueix amb activitats de prelaboratori que formin part d'un encàrrec concret i essencial per al desenvolupament correcte d'una tasca global. Els autors conclouen amb algunes recomanacions a l'hora de desenvolupar una activitat de laboratori, com ara seleccionar els conceptes teòrics associats a cada tasca, incorporar-hi les competències de forma lògica i coherent, i introduir activitats de prelaboratori i de postlaboratori per dinamitzar l'activitat de l'estudiantat.

Johnstone i Al-Shuaili (2001) coincideixen que un aspecte cabdal és aclarir els objectius, és a dir, que cal especificar què es pretén ensenyar al laboratori, quines estratègies s'han d'aplicar i com s'han de relacionar amb els objectius. La manipulació, l'observació, l'habilitat per interpretar les observacions i el disseny d'experiments són quatre objectius que recullen majoritàriament els resultats que espera obtenir l'estudiantat. Ara bé, el més habitual, en l'aprenentatge «tradicional», és que l'alumnat ni manipuli ni dissenyi l'experimentació, de manera que només recorre a dos d'aquests objectius: l'observació i la interpretació. En relació amb la limitació de temps, esmentada abans, els autors suggereixen que la planificació de l'experiment l'hauria de desenvolupar l'estudiantat, de manera prèvia a la sessió i consensuada en grup. Aquesta activitat apropiaria l'alumnat al rol d'equip de recerca.

Pel que fa a la falta de coherència dels objectius, concretament en els laboratoris d'enginyeria, els autors Fiesel i Rosa (2005) indiquen que aquest és el principal motiu pel qual les activitats de laboratori no són eficaces en el procés d'aprenentatge. Destaquen l'aplicació d'instrumentació, la modelització per predir comportaments reals, l'experimentació que té en compte els procediments i la interpretació de dades per caracteritzar el sistema, l'anàlisi de dades per argumentar les conclusions, el disseny segons especificacions requerides i altres aspectes relacionats amb competències genèriques, com ara aprendre dels errors, seguretat i riscos, treball en equip, creativitat, comunicació i ètica als laboratoris. Un altre motiu que justificaria el desencís en aquestes activitats de laboratori aniria vinculat a la falta d'innovació, situació que es podria pal·liar mitjançant l'ús de les TIC i eines virtuals. En aquest context, proposen la incorporació de simulacions i programari específic com a activitats de prelaboratori, que podrien familiaritzar l'estudiantat amb els equipaments de laboratori i, per tant, apropar-lo als laboratoris reals. D'aquesta manera, l'alumnat esdevé un investigador novell i el lloc on aquest aprèn i es desenvolupa ja és en el mateix laboratori.

En la mateixa línia d'innovació i d'activitats de prelaboratori trobaríem el treball publicat recentment per Llorens (2008), el qual aplica activitats de prelaboratori en laboratoris d'enginyeria química, mitjançant la plataforma interactiva Poliforma T. L'objectiu principal de la proposta de Llorens és augmentar el nivell d'autonomia de l'alumnat en el treball del laboratori, tot creant un ambient d'aprenentatge en un entorn de recerca molt diferent que el del laboratori de «seguiment de receptes». Alhora, aconsegueix augmentar la integració en el contingut de la matèria, la qual cosa fa que s'estrenyi la relació ciència-tecnologia-societat-entorn. Aquesta plataforma substitueix les lectures que habitualment s'aconsellen com a activitats prèvies de laboratori (prelaboratori). L'activitat consisteix en el següent: un objecte

d'aprenentatge (Polimedia), en què es crea un contingut multimèdia format per un vídeo sobre els objectius i els aspectes importants que cal introduir en les sessions de laboratori i els qüestionaris d'autoaprenentatge en línia.

Altres autors comparteixen les mateixes idees sobre la introducció d'activitats prèvies, si bé cal destacar-ne alguns que inclouen, a més de les activitats de prelaboratori, les de postlaboratori. Així, Reid i Shah (2007), en un treball sobre laboratoris de química, comenten els avantatges que les activitats de prelaboratori ofereixen a l'estudiantat i destaquen l'efecte estimulador que poden tenir pel fet que possibiliten la reflexió sobre els conceptes previs, ofereixen la possibilitat de planificar procediments, instrumentació i/o reactius, alhora que permeten establir ponts entre el laboratori i la teoria. Això redueix notablement els continguts i la utilitat dels manuals o els guions de laboratori. Aquests autors destaquen la importància de l'originalitat i la innovació en els plantejaments dels treballs proposats i també el fet que cal fomentar que els resultats obtinguts induïxin la discussió posterior entre membres del grup i, si escau, el debat. En aquest context, els autors plantegen activitats de postlaboratori i descarten les que no tenen cap valor afegit per a l'estudiantat, ja que només suposen una qualificació. Així, per exemple, proposen activitats que impliquin una nova aplicació, al món real, dels resultats concrets obtinguts en el laboratori, amb la idea de completar l'activitat i no deixar-la només en un procés que proporcioni una qualificació. Com a conclusió, destaquen que és important incorporar la «química real» i que per canviar les experiències no cal canviar l'experiment, només el subjecte (l'estudiantat). Les activitats de prelaboratori permeten a l'estudiantat aprofitar millor el temps al laboratori, mentre que les activitats de postlaboratori fan que l'alumnat raoni i trobi aplicacions als resultats obtinguts.

McDonnell (2007) proposa la incorporació de l'aprenentatge basat en projectes (PBL) mitjançant el desenvolupament de miniprojectes com a alternativa a les pràctiques «tradicional». Aquesta experiència, duta a terme amb un grup d'estudiants i estudiantes de segon curs, va revelar un increment de la participació i un notable augment de l'interès i de les activitats de reflexió vers els resultats obtinguts. Les activitats de prelaboratori proposades es basen en la recerca d'informació per Internet (informació general, riscos, processos experimentals, etc.), a més de l'elaboració d'un pla de treball que l'alumnat ha d'aplicar durant la fase de laboratori, tot identificant problemes i cercant solucions per tal de poder finalitzar la tasca. D'aquesta manera, abans de realitzar l'experiència en el laboratori, l'estudiantat ha de pensar com i què ha de fer, i responsabilitzar-se dels resultats esperats. Després del treball de laboratori, l'alumnat ha de lliurar els seus punts de vista i les seves reflexions sobre la tasca feta, identificar els cinc aspectes més positius i els cinc més susceptibles de millora de tot el procés i emplenar un qüestionari de satisfacció. Tota l'experiència, en conjunt, ha resultat molt positiva, atès que els ha permès d'aproximar-se notablement a les propostes realitzades en projectes de laboratori reals.

Cal destacar la publicació de Domin (2007), a través de la qual descriu l'experiència d'un mateix grup d'alumnes després d'haver participat de manera consecutiva en dos ambients diferents de laboratori: un, basat en la resolució de problemes, i l'altre, format més tradicional, però tots dos amb activitats de prelaboratori, durant el laboratori i de postlaboratori. Després de realitzar una enquesta de satisfacció per recollir l'opinió de l'alumnat, el 47% no troba diferències en l'efectivitat de tots dos laboratoris, però sí respecte

al moment en què l'alumnat té la percepció que l'aprenentatge és més significatiu. En el laboratori basat en problemes es creu que s'aprèn més durant la planificació de l'experiment i l'execució; en canvi, en el laboratori tradicional, es creu que s'aprèn més després d'haver completat l'activitat, quan es reflexiona sobre el que s'ha fet. Domini conclou, per tant, que en un laboratori tradicional és cabdal oferir oportunitats a les activitats de postlaboratori per donar l'opció a l'alumnat que reflexioni i argumenti.

Tenint en compte totes aquestes aportacions, una de les conclusions a les quals s'arriba és que una manera senzilla de millorar l'eficàcia de l'aprenentatge en els laboratoris consisteix a introduir activitats de prelaboratori i de postlaboratori. Aquest fet permet donar opció a la participació activa de l'alumnat en la planificació de l'experiment (prelaboratori) i generar oportunitats que permetin consolidar l'aprenentatge (postlaboratori).

3.2.2. Objectius dels diferents moments de les activitats en els laboratoris de Ciències i Tecnologia

Per a la planificació de les activitats dins el laboratori, cal considerar els objectius inherents a cada moment. Alhora, és important considerar que les activitats que posen l'accent en l'estona de laboratori haurien d'estar més concentrades en assignatures de primer nivell competencial, mentre que les activitats amb un pes destacat en tasques vinculades al postlaboratori, i que, per tant, potencien fortament l'aprenentatge autònom de l'alumnat, haurien d'incorporar-se, sobretot, en assignatures que treballin el tercer i el quart nivells competencials. El treball de laboratori al llarg de la titulació ha d'anar d'activitats més dirigides pel professorat a activitats que impliquin necessàriament el treball autònom de l'estudiantat en els últims nivells.

A continuació es detallen els objectius principals des del punt de vista del professorat i de l'estudiantat en funció del moment de les activitats dels laboratoris:

Prelaboratori

Del professorat:

1. Identificar quins són els coneixements que té l'estudiantat sobre un determinat tema.
2. Plantejar el problema en què es basa el treball al laboratori, contextualitzant-lo en el marc científic, tecnològic o social corresponent.
3. Promoure la reflexió sobre els continguts que després seran treballats al laboratori.
4. Avançar el treball del laboratori per afavorir el treball autònom de l'alumnat.
5. Introduir aspectes metodològics específics relatius al disseny experimental.

De l'estudiantat:

1. Aclarir els resultats d'aprenentatge esperats del treball al laboratori relatius al problema plantejat.
2. Reflexionar i/o avaluar el propi coneixement sobre la temàtica que es treballarà.
3. Identificar qüestions o dubtes sobre els continguts o els procediments amb què es desenvoluparà l'activitat.
4. Visualitzar (i planificar o dissenyar, si escau) el treball que s'ha de dur a terme i el paper que cal assumir.
5. Afavorir l'adquisició de competències genèriques (normes de seguretat, treball en equip, comunicació escrita, utilització solvent dels recursos d'informació, etc.), a més de l'específica de laboratori.

Durant el laboratori

Del professorat:

1. Adaptar les sessions en funció de la informació obtinguda en el moment de prelaboratori.
2. Plantejar els possibles dubtes en el laboratori i resoldre'ls juntament amb l'estudiantat.
3. Observar i enregistrar el desenvolupament de les tasques al laboratori.
4. Introduir accions per a la reconducció de les sessions en funció de la retroacció rebuda per l'estudiantat.
5. Ajudar l'estudiantat a establir fites i planificar actuacions per millorar l'aprenentatge.
6. Afavorir l'adquisició de competències genèriques (normes de seguretat, higiene i medi ambient, treball en equip, comunicació oral i escrita, etc.), a més de l'específica de laboratori.

De l'estudiantat:

1. Assumir el paper d'agent actiu i de protagonista durant l'activitat, la qual cosa li permetrà apropar-se al món professional.
2. Plantejar dubtes o preguntes sobre el contingut, el disseny o el procediment de l'activitat.
3. Desenvolupar les accions escaients per a la realització de les activitats de laboratori.
4. Analitzar el grau de consecució de les accions planificades.
5. Avaluar el propi procés d'aprenentatge (autoavaluació) en relació amb la competència, identificant mancances i potencialitats.

6. Avaluar el treball realitzat pels companys i companyes (coavaluació) en relació amb la competència, identificant mancances i potencialitats en els altres.
7. Planificar accions que li permetin assolir els objectius i els resultats d'aprenentatge de l'activitat/assignatura, etc.

Postlaboratori

Del professorat:

1. Facilitar la consolidació i la reflexió de l'aprenentatge dels continguts treballats durant les etapes anteriors.
2. Fomentar el treball en equip mitjançant discussions i debats sobre els diferents resultats obtinguts durant les activitats de laboratori.
3. Obtenir informació sobre l'aprenentatge adquirit, identificant errors en l'aprenentatge de l'estudiantat.
4. Avaluar els resultats d'aprenentatge o evidències de l'alumnat de l'activitat/assignatura.
5. Redissenyar i replanificar les activitats en funció de la informació obtinguda a través de la retroacció a l'estudiantat i de l'avaluació de l'assignatura.
6. Assignar una qualificació a cada estudiant o estudianta en funció del treball i l'avaluació realitzats durant tot el procés formatiu.
7. Afavorir l'adquisició de competències genèriques (treball en equip, comunicació oral i escrita, etc.), a banda de l'específica de laboratori.

De l'estudiantat:

1. Argumentar les conclusions obtingudes durant l'activitat.
 2. Extrapolar els coneixements adquirits cap a una altra situació del món professional.
 3. Constatar l'aprenentatge dels continguts treballats.
 4. Avaluar el propi procés d'aprenentatge (autoavaluació).
 5. Identificar mancances i punts febles per tal de posar-hi esment.
 6. Identificar punts forts per tal de potenciar-los en el futur.
 7. Prendre decisions relatives al treball desenvolupat.
 8. Avaluar el procés d'aprenentatge dels companys i companyes (coavaluació), si escau.
-

3.3. AVALUACIÓ

L'avaluació s'ha de constituir en un procés continu al llarg de la formació mitjançant el qual el professorat recull una sèrie d'evidències, a través d'uns instruments elaborats amb aquesta finalitat, amb informació vàlida i fiable que li han de permetre valorar el grau d'adquisició de la competència per l'alumnat. La informació recollida durant aquest procés d'avaluació permetrà prendre decisions orientades a la millora del procés formatiu i a la qualitat de l'aprenentatge de l'estudiantat (Villardón, 2006).

No obstant això, formar en competències en el context universitari actual implica fer un pas més en l'avaluació, significa integrar la mateixa avaluació en el mateix procés d'adquisició de la competència (Biggs, 2006). L'estudiantat ha de ser conscient d'on ha d'arribar (els objectius i els resultats d'aprenentatge definits) i com ho ha de fer (metodologia que cal seguir i activitats que cal dur a terme), però també ha de ser conscient de com ho fa i què ha de canviar de la seva actuació. Això no és altra cosa que iniciar processos d'anàlisi i d'avaluació individuals que li permetin introduir al propi aprenentatge mecanismes reguladors necessaris per assolir les fites proposades i adquirir-ne així la competència.

Per tant, avaluar per competències s'ha de constituir com un procés inherent a la formació, un element bàsic de tota relació ensenyament-aprenentatge.

D'aquesta manera, ens centrarem en la finalitat que ha de tenir l'avaluació de competències en el context europeu (De Miguel, 2005; Delgado, 2005) i en el nou paradigma de la formació en els laboratoris. S'identificaran els agents que han de formar part de l'avaluació de la competència i s'analitzaran els diferents instruments d'avaluació i les evidències, que poden ser d'utilitat per determinar el grau d'assoliment del nivell corresponent de la competència específica per a l'estudiantat.

3.3.1. Finalitat de l'avaluació en el laboratori de Ciències i Tecnologia

Aquesta guia no preveu l'avaluació com una actuació docent que es desenvolupa en finalitzar la formació i que té només com a objectiu la certificació d'un nivell de coneixements o l'acreditació de l'estudiantat. Tot i que aquesta anomenada avaluació sumativa continua formant part de l'avaluació, la relació amb els altres elements que són part del procés d'avaluació li dona un caràcter diferent.

L'avaluació formativa de les competències s'entén com un procés que ha de permetre a l'estudiantat saber com aprèn, què ha après, què li falta per aprendre i aplicar els mecanismes correctors que li permetin millorar contínuament el procés d'aprenentatge (Morales, 2008).

D'aquesta manera, la persona docent ha de dissenyar i planificar al llarg del procés formatiu tot un seguit de:

- Activitats d'avaluació que permetin desenvolupar i observar les competències.

- Evidències dels resultats d'aprenentatge durant el procés de formació de cada estudiant o estudianta.
- Instruments d'avaluació per recollir informació sobre el grau de competència assolit.
- Sistemes de retroalimentació de qualitat que permetin a l'estudiantat saber en quin moment del procés formatiu es troba.

No obstant això, abans de l'avaluació formativa l'avaluació diagnòstica ofereix a la persona docent la possibilitat de saber en quina situació es troba l'alumnat abans d'iniciar el procés formatiu, preveure possibles problemes i dissenyar accions correctives. Alhora, permet a l'estudiantat reflexionar sobre el propi coneixement o el nivell de competència i sobre el procés que ha de seguir per assolir els objectius establerts.¹⁴

3.3.2. Agents avaluadors

En un context formatiu en què l'alumnat és subjecte actiu del seu propi procés d'aprenentatge, no es concep que l'avaluació quedi únicament a les mans de la persona docent, i encara menys si la funció d'aquesta avaluació és millorar l'aprenentatge de l'estudiantat. L'avaluació s'ha de convertir en una eina que el mateix estudiantat ha de saber utilitzar per poder adquirir competències i assolir aprenentatges de qualitat. Per tant, ha de ser una eina coneguda i aplicada a la pròpia activitat i a la dels companys i companyes.

D'aquesta manera, adquireixen sentit les pràctiques d'autoavaluació i coavaluació (Valero; Díaz de Cerio, 2005), així com el disseny i la planificació d'activitats que les desenvolupin dins el procés formatiu. Ja sigui mitjançant qüestionaris, rúbriques, criteris de qualitat o informes sobre la pròpia actuació o la dels companys i companyes, les activitats d'autoavaluació poden constituir un recurs molt valuós, ja que, incloent-hi la reflexió, van més enllà i permeten analitzar la pròpia conducta, posant en interacció aquesta amb l'entorn, valorant les conseqüències de la resposta manifestada, identificant aspectes negatius i aspectes positius i elaborant plans de millora de la pròpia actuació. D'altra banda, les activitats de coavaluació, a més de la reflexió, de la possibilitat d'identificar avantatges i inconvenients i d'afavorir l'elaboració de plans de millora, proporcionen a l'estudiantat que avalua la possibilitat d'analitzar la conducta dels altres estudiants o estudiantes, visualitzant alternatives a la manera com ell o ella hauria actuat, i a l'estudiant o estudianta que ho rep, obtenir diferents opinions i punts de vista sobre la resposta donada a una situació concreta.

La figura del professorat continua tenint un paper fonamental, tant per dissenyar, planificar, dirigir i decidir el procés d'avaluació com per determinar el grau d'assoliment de la competència per l'estudiantat.

¹⁴ La figura 3.1 (apartat 3.3.4) aclareix els diferents moments i les finalitats de l'avaluació, i alhora pot servir per entendre el procés d'avaluació integrat dins el procés formatiu d'una titulació, matèria, assignatura o activitat.

3.3.3. Evidències i instruments d'avaluació de la competència específica

Les activitats plantejades durant el procés de formació han de permetre la recollida d'evidències de l'aprenentatge i de l'adquisició de competències per l'estudiantat. Dins l'avaluació formativa, la contínua recollida d'evidències esdevé cabdal per informar tant el professorat com l'estudiantat del procés d'aprenentatge, amb la qual cosa es pot actuar a temps per assolir els objectius establerts.

Per *evidències* entenem els productes d'aprenentatge proporcionats per l'alumnat, que permeten al professorat avaluar i constatar el progrés, o la manca de progrés, del grau d'assoliment de la competència. Les evidències més significatives relacionades amb la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes» són:

- **Qüestionaris.** Qualsevol tipus de qüestions plantejades pel professorat a l'estudiantat, en qualsevol format, han de ser lliurades per l'alumnat de forma escrita. Aquests qüestionaris es poden lliurar immediatament o després d'un termini determinat si són via intranet.
- **Qüestions orals.** Plantejades per l'alumnat o pel professorat, constitueixen un tipus d'evidència de recollida immediata i que permet una retroalimentació també immediata.
- **Proves de desenvolupament.** Preguntes obertes plantejades per la persona docent i que l'estudiantat, necessàriament, ha de respondre de manera argumentada i justificada, generalment en un termini prèviament determinat.
- **Informes.** Qualsevol material que l'estudiantat generi de forma escrita a partir de la seva experiència en el laboratori. En aquest apartat s'inclou informació sobre el procés que s'ha seguit i les presentacions de dades, càlculs, resultats, conclusions, etc. Quan els informes s'elaboren durant el moment de postlaboratori, generalment queden incorporats dins un document anomenat *memòria*.
- **Enregistrament d'actuació/execució directa de l'estudiantat.** És la documentació que el professorat elabora a partir de qualsevol acció desenvolupada per l'estudiantat en el laboratori.
- **Llibreta de laboratori.** Realitzada pel mateix alumnat, en què es recullen observacions, procediments i dades que s'han obtingut durant l'experimentació.
- **Proves pràctiques.** Situacions plantejades pel professorat en què l'estudiantat ha de posar en acció, dins el laboratori, la combinació de la majoria dels components de la competència específica en el nivell competencial establert prèviament.
- **Presentacions orals.** Comunicació oral estructurada que l'alumnat exposa davant dels altres companys i companyes de laboratori i del professorat sobre un tema determinat, relacionat amb l'àmbit dels laboratoris.
- **Presentacions pòster.** Exposició escrita mitjançant un format de pòster. De manera general, es presenta a la resta de companys i companyes de laboratori i al professorat i, de vegades, implica una explicació o discussió oral.

- **Dossier d'aprenentatge de l'estudiantat.** Organitzat individualment o en grup per l'alumnat, recull evidències del procés d'aprenentatge de manera contínua i permet la reflexió personal. El dossier pot recollir totes les evidències esmentades anteriorment o bé una selecció d'aquestes.
- **Projectes.** Són treballs en què es planteja a l'estudiantat una situació significativa i propera a la realitat professional i se li dóna llibertat perquè la desenvolupi. Són integradors i generalment s'elaboren en grup, amb una part important de recerca bibliogràfica en l'àmbit disciplinari corresponent, i preveuen, fonamentalment, els components de la competència «Projectar i decidir».

En la taula 3.4, en la qual es presenten les evidències més significatives per a l'avaluació en l'àmbit dels laboratoris de Ciències i Tecnologia, es relacionen aquestes evidències amb el component competencial i amb el moment de la seva recollida.

Taula 3.4. Relació d'evidències d'avaluació, components competencials i moments del laboratori

Evidències	Components					Moments		
	Mesurar	Experimentar	Modelitzar	Projectar	Decidir	Prelab.	Laboratori	Postlab.
Qüestionaris	X				X	X	X	X
Qüestions orals	X	X	X	X	X	X	X	X
Proves de desenvolupament		X		X			X	X
Informes	X	X		X	X	X	X	X
Enregistrament de l'actuació	X	X					X	
Llibreta de laboratori	X	X				X	X	
Proves pràctiques	X	X	X	X	X		X	X
Presentacions orals					X			X
Presentacions pòster				X	X			X
Dossier d'aprenentatge de l'alumnat	X	X	X	X	X	X	X	X
Projectes			X	X	X		X	X

Els **instruments d'avaluació** són les eines i els suports que la persona docent utilitza per a la recollida de la informació que s'ha obtingut a partir de les evidències i que és rellevant per a l'anàlisi del grau de consecució de les competències de l'estudiantat.

Els instruments es poden donar en formats diferents i poden ser utilitzats en moments diversos del procés formatiu, i és important que hi hagi una certa diversificació, ja que el mateix instrument no ho pot avaluar tot. Els instruments més significatius i utilitzats per a la recollida d'informació sobre la competència específica en els laboratoris de Ciències i Tecnologia són els qüestionaris, els enregistraments, les escales, les entrevistes i, sobretot,

les rúbriques. Aquestes últimes mereixen una menció especial dins d'aquesta guia, i s'inclouen en l'apartat 3.3.5.

És important que el professorat sigui conscient que no tots els instruments serveixen per avaluar les competències, però aquest fet no l'invalida com a instrument d'avaluació, ja que pot ser de gran utilitat per a l'avaluació d'altres aspectes, com ara els coneixements.

3.3.4. L'avaluació integrada en el laboratori de Ciències i Tecnologia

Integrar l'avaluació dins el procés formatiu propi dels laboratoris significa adequar la finalitat, les estratègies i els instruments d'avaluació als moments de prelaboratori, durant el laboratori i de postlaboratori. En la figura 3.1 es mostra aquesta integració entre l'avaluació i el moment:

Figura 3.1. L'avaluació integrada al procés formatiu en els laboratoris de Ciències i Tecnologia

		Procés formatiu		
		Avaluació diagnòstica		
Finalitat de l'avaluació		Avaluació diagnòstica	Avaluació formativa	Avaluació sumativa
Moment de laboratori		Pre	Durant	Post
Estratègies/instruments		Tutories Qüestionaris Rúbriques Autoavaluació	Aprenentatge basat en projectes o problemes Estudi de casos Aprenentatge col·laboratiu Enregistraments en vídeo Proves pràctiques Qüestions orals Qüestionaris Debats Rúbriques Autoavaluació Coavaluació	Simulacions Projectes Proves de desenvolupament Qüestions orals Qüestionaris Rúbriques Autoavaluació Coavaluació

3.3.5. Rúbriques de qualitat o correcció per a cadascun dels nivells de la competència específica

Malgrat que, com ja s'ha indicat, hi ha múltiples instruments que poden servir per avaluar la competència, uns dels més útils són les matrius de valoració o rúbriques.

Les rúbriques són instruments d'avaluació que permeten al professorat identificar els diferents components que formen part de la competència i assignar, per a cada component, diferents criteris d'avaluació a partir dels quals es considerarà que l'alumnat ha assolit la competència específica o no (disponible a: <<http://rubistar.4teachers.org/index.php>>).

Els criteris d'avaluació, doncs, s'agrupen en les denominades rúbriques, «graelles» de qualitat o pautes d'observació, que permeten establir o especificar el grau de qualitat que es pretén que adquireixi l'alumnat per assolir una competència. Per a la seva elaboració, és aconsellable partir del màxim o excel·lent nivell d'assoliment que s'espera de l'alumnat i, a continuació, definir el mínim grau d'adquisició. Finalment, es defineixen els nivells intermedis, tenint present que com més gran sigui la gradació, més dificultats trobarem a l'hora de determinar quines són les adquisicions pròpies de cada nivell i haurem de «filat més prim».

Les rúbriques tenen nombrosos avantatges tant per al professorat com per a l'estudiantat, sempre que es facin públiques des de l'inici del procés formatiu. Alguns d'aquests avantatges, segons Blanco (2008), són:

- Permeten que l'alumnat sigui conscient del que s'espera que assoleixi. Per tant, si coneix els criteris de qualitat, és més fàcil que ho faci millor.
- Permeten l'objectivitat en el procés d'avaluació, la qual cosa és molt útil quan hi ha més d'una persona docent.
- Faciliten l'avaluació, ja que ajuden el professorat a corregir més ràpid la informació recollida per l'estudiantat.
- Possibiliten la implicació del mateix alumnat en el procés d'avaluació, ja sigui la pròpia (autoavaluació) o la dels companys i companyes (coavaluació).

Per a l'avaluació de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes», s'han elaborat una sèrie de rúbriques a partir de les quals es pot avaluar cadascun dels nivells competencials, definits prèviament en l'apartat 2.3 d'aquesta guia.

No obstant això, per a la utilització d'aquestes rúbriques d'avaluació, recollides en les taules 3.5, 3.6, 3.7 i 3.8, que es presenten a continuació, és recomanable que cada persona docent adapti i faci seva la rúbrica del nivell competencial que, si escau, treballi al laboratori. Mitjançant aquests instruments el que s'ha pretès és definir, de forma general, una sèrie d'indicadors a partir dels quals es pot valorar el grau d'adquisició del nivell competencial per a la competència específica de l'àmbit dels laboratoris de Ciències i Tecnologia. Tot i això, en la seva aplicació real a l'aula caldrà que el professorat adapti aquests indicadors tenint en compte les característiques de la seva matèria i hi integri, a la vegada, els coneixements i les

actituds o els valors propis de la disciplina. D'aquesta manera, cada professor o professora que treballi la competència específica en els laboratoris tindrà una rúbrica adequada i orientada a l'avaluació d'aquesta competència en la seva pròpia matèria o assignatura, però amb uns paràmetres generals comuns a les rúbriques d'altres matèries o assignatures del mateix àmbit dels laboratoris de Ciències i Tecnologia.

Taula 3.5. Nivell competencial 1

Component de la competència	Nivell 1	Ben assolit
Mesurar/adquirir	Adquirir, enregistrar i expressar correctament dades i resultats en activitats de dificultat baixa.	S'han adquirit, enregistat i expressat correctament les dades i els resultats.
Experimantar	Executar experiments, projectes, prototipus o protocols de dificultat baixa, aplicant-hi les tècniques o bé les operacions establertes per fer-ho, a més de tractar i interpretar correctament les dades obtingudes. Comprovar hipòtesis.	S'ha executat correctament l'experiment i s'han aplicat les tècniques o bé les operacions establertes per fer-ho; a més, les dades obtingudes s'han tractat i interpretat correctament. S'han comprovat hipòtesis.
Modelitzar	Ajustar les dades obtingudes al model o models matemàtics proposats i calcular-ne els paràmetres en activitats de dificultat baixa.	Les dades s'han ajustat correctament al model proposat. S'han calculat els paràmetres del model.
Projectar/predir	Argumentar els resultats i extreure'n conclusions en activitats de dificultat mitjana-baixa.	S'han argumentat els resultats i se n'han extret conclusions correctes.
Decidir	Comunicar i defensar efectivament les conclusions extretes en activitats de dificultat baixa.	S'han comunicat i defensat efectivament les conclusions extretes.

Assolit	Poc assolit	No assolit
S'han adquirit i enregistrat correctament les dades i els resultats, però s'han expressat incorrectament.	S'han adquirit correctament les dades, però no s'han enregistrat o expressat correctament ni les dades ni els resultats.	No s'han adquirit correctament les dades.
S'ha executat l'experiment i s'han aplicat correctament les tècniques o bé les operacions establertes per fer-ho. S'han tractat correctament les dades, però la interpretació es pot millorar. S'han comprovat la majoria de les hipòtesis.	S'ha executat l'experiment i s'han aplicat correctament les tècniques o bé les operacions per fer-ho, però el tractament i la interpretació han estat incorrectes. No s'han comprovat totes les hipòtesis plantejades.	La tècnica o l'operació no s'ha aplicat adequadament a l'hora d'executar l'experiment. No s'han comprovat les hipòtesis plantejades.
Les dades s'han ajustat correctament al model proposat. S'han calculat alguns paràmetres del model.	L'ajust de les dades s'ha fet de manera incompleta. Els paràmetres calculats són incorrectes.	No s'ha fet l'ajust de les dades al model proposat.
L'argumentació dels resultats ha estat correcta, però no se n'han extret totes les conclusions possibles.	L'argumentació dels resultats ha estat correcta, però les conclusions extretes no han estat les correctes.	No s'han argumentat els resultats ni se n'han extret conclusions.
En general, la comunicació ha estat correcta, però alguna part de la defensa no ha estat clara.	S'ha de millorar tant la comunicació com la defensa de les conclusions.	No s'han entès ni s'han defensat la majoria de les conclusions.

Taula 3.6. Nivell competencial 2

Component de la competència	Nivell 2	Ben assolit
Mesurar/adquirir	Adquirir, enregistrar i expressar correctament dades i resultats, utilitzant les eines de mesura bàsiques de laboratori en activitats de dificultat mitjana.	S'han adquirit, enregistrat i expressat correctament dades i resultats, i s'han utilitzat de manera correcta les eines de mesura bàsiques de laboratori.
Experimentar	Dissenyar i executar experiments, projectes, prototipus o protocols de dificultat mitjana, aplicant-hi les tècniques, els instruments o bé les operacions establertes per fer-ho, a més de tractar, representar en gràfics i interpretar correctament les dades i els resultats obtinguts.	S'han dissenyat correctament i executat experiments, projectes prototipus o protocols de dificultat mitjana, i s'han aplicat les tècniques o bé les operacions establertes per fer-ho, a més de tractar, representar en gràfics i interpretar correctament les dades i els resultats obtinguts.
Modelitzar	Proposar i escollir els models matemàtics que descriu els resultats obtinguts i calcular-ne els paràmetres en activitats de dificultat mitjana-baixa.	S'han proposat i escollit models matemàtics que descriuen els resultats obtinguts, se n'han calculat els paràmetres i se n'han establert els límits i la validesa.
Projectar/predir	Utilitzar el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana-baixa. Argumentar els resultats i treure'n conclusions.	S'ha utilitzat correctament el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana-baixa. S'han argumentat els resultats i se n'han tret conclusions raonables.
Decidir	Prendre decisions en funció de les conclusions tretes en activitats de dificultat mitjana, comunicar-les i defensar-les efectivament.	S'han pres decisions en funció de les conclusions tretes, i s'han comunicat i defensat efectivament.

Assolit	Poc assolit	No assolit
<p>S'han adquirit, enregistrat i expressat correctament dades i resultats, però en alguns casos la utilització de les eines de mesura bàsiques es pot millorar.</p>	<p>S'han adquirit, enregistrat i expressat correctament dades i resultats, però no totes les eines de mesura bàsiques s'han utilitzat adequadament.</p>	<p>S'han adquirit, enregistrat i expressat correctament dades i resultats; però, en general, s'han utilitzat de manera incorrecta les eines de mesura bàsiques de laboratori.</p>
<p>El disseny d'experiments, projectes, prototipus o protocols que s'ha executat, aplicant-hi les tècniques o bé les operacions establertes per fer-ho, és correcte, però s'ha de millorar. S'han tractat, representat en gràfics i interpretat les dades i els resultats obtinguts de manera incompleta.</p>	<p>Encara que s'han executat experiments, projectes, prototipus o protocols aplicant-hi correctament les tècniques o bé les operacions establertes per fer-ho, no s'ha fet el disseny correctament o no s'han tractat ni interpretat correctament les dades i els resultats obtinguts.</p>	<p>Encara que s'han executat experiments o projectes aplicant-hi les tècniques o bé les operacions ja seleccionades, el disseny ha estat pràcticament nul. A més, no s'han tractat ni interpretat les dades obtingudes.</p>
<p>S'han proposat i escollit models matemàtics que descriuen acuradament els resultats obtinguts. S'han calculat els paràmetres dels models, però no se n'han establert els límits i/o la validesa.</p>	<p>S'ha escollit un model matemàtic, dels que s'han proposat, per descriure els resultats obtinguts, però l'elecció no ha estat la més adequada.</p>	<p>S'han proposat diversos models matemàtics per descriure els resultats obtinguts, però no se n'ha escollit cap.</p>
<p>S'ha utilitzat correctament el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana-baixa. S'han argumentat els resultats i se n'han tret conclusions no coherents amb les prediccions fetes.</p>	<p>S'ha utilitzat el model obtingut incorrectament per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana-baixa. S'han argumentat els resultats i se n'han tret conclusions poc raonables.</p>	<p>No s'ha utilitzat el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana-baixa. No s'han argumentat els resultats ni se n'han tret conclusions raonables.</p>
<p>S'han pres decisions coherents en gran manera amb les conclusions tretes, i també s'han comunicat i defensat efectivament.</p>	<p>No totes les decisions que s'han pres queden justificades en funció de les conclusions tretes, encara que s'han comunicat i defensat efectivament.</p>	<p>S'han comunicat i defensat les conclusions de manera efectiva, però no s'ha pres cap decisió.</p>

Taula 3.7. Nivell competencial 3

Component de la competència	Nivell 3	Ben assolit
Mesurar/adquirir	Adquirir, enregistrar, expressar i documentar correctament dades i resultats, utilitzant i calibrant les eines necessàries de laboratori en activitats de dificultat mitjana-alta.	S'han adquirit, enregistrat, expressat i documentat correctament les dades i els resultats, utilitzant les eines necessàries de laboratori en activitats de dificultat mitjana-alta.
Experimentar	Dissenyar i executar experiments, projectes, prototipus o protocols de dificultat mitjana-alta, i seleccionar les tècniques, instruments o bé les operacions apropiades per fer-ho, a més de tractar, representar en gràfics i interpretar correctament les dades, i analitzar la fiabilitat dels resultats obtinguts.	S'ha dissenyat i executat l'experiment, projecte, prototipus o protocol de dificultat mitjana-alta, i s'han seleccionat les tècniques o bé les operacions més apropiades per fer-ho; a més les dades s'han tractat, representat en gràfics i interpretat correctament, i s'ha analitzat la fiabilitat dels resultats obtinguts.
Modelitzar	Proposar i escollir el model matemàtic que descriu acuradament els resultats obtinguts, calcular-ne els paràmetres i establir-ne els límits i la validesa en activitats de dificultat mitjana.	S'ha proposat i escollit el model matemàtic que descriu adequadament els resultats obtinguts; se n'ha calculat els paràmetres i se n'ha establert els límits i la validesa en activitats de dificultat mitjana.
Projectar/predir	Utilitzar el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana. Argumentar els resultats i extreure'n conclusions a més d'establir la confiança o l'estabilitat de la predicció.	S'ha utilitzat correctament el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana. Tant l'argumentació com les conclusions extretes han estat raonables, i s'ha valorat la fiabilitat i la confiança de la predicció.
Decidir	Prendre decisions en funció de les conclusions extretes, comunicar-les, exposar-les i defensar-les, assumint riscos segons la confiança i les prediccions en activitats de dificultat mitjana-alta.	S'han pres decisions en funció de les conclusions. També s'han comunicat, exposat i defensat, i s'han assumit riscos segons la confiança i les prediccions fetes en activitats de dificultat mitjana-alta.

Assolit	Poc assolit	No assolit
<p>S'han adquirit, enregistrat, expressat i documentat correctament les dades i els resultats. Les eines necessàries de laboratori no s'han utilitzat correctament.</p>	<p>S'han adquirit, enregistrat i expressat correctament les dades i els resultats, però la documentació no ha estat ben sintetitzada.</p>	<p>S'han adquirit, enregistrat i expressat correctament les dades i els resultats, però la documentació no ha estat ben seleccionada.</p>
<p>S'ha dissenyat i executat l'experiment, projecte, prototipus o protocol de dificultat mitjana-alta, i s'han seleccionat les tècniques o bé les operacions adequades. El tractament i la interpretació de les dades han estat correctes, però l'anàlisi dels resultats ha estat incompleta.</p>	<p>S'ha dissenyat i executat l'experiment, projecte, prototipus o protocol de dificultat mitjana-alta, i s'han seleccionat les tècniques o bé les operacions no adequades. El tractament i la interpretació de les dades obtingudes han estat correctes, però l'anàlisi dels resultats ha estat incorrecta.</p>	<p>S'ha dissenyat i executat l'experiment, projecte, prototipus o protocol de dificultat mitjana-alta, però la majoria de les tècniques o bé les operacions seleccionades no han estat les més apropiades. El tractament i la interpretació de les dades i l'anàlisi dels resultats obtinguts han estat incorrectes.</p>
<p>S'ha proposat i escollit un model matemàtic per descriure els resultats obtinguts, i se n'han establert els límits i la validesa en activitats de dificultat mitjana. L'ajust dels paràmetres s'ha de millorar.</p>	<p>S'ha proposat i escollit un model matemàtic per descriure els resultats obtinguts en activitats de dificultat mitjana, però no se n'han establert els límits i la validesa, i no s'ha fet l'ajust dels paràmetres del model.</p>	<p>No s'ha proposat ni escollit cap model matemàtic que descriu els resultats obtinguts en activitats de dificultat mitjana.</p>
<p>S'ha utilitzat el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana. Tant en l'argumentació com en les conclusions extretes no s'han valorat ni la fiabilitat ni la confiança de la predicció.</p>	<p>S'ha utilitzat el model obtingut de forma incorrecta per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat mitjana. Tant en l'argumentació com en les conclusions extretes no s'han valorat ni la fiabilitat ni la confiança de la predicció.</p>	<p>No s'ha utilitzat el model obtingut per fer prediccions en casos d'interès de complexitat mitjana. L'argumentació i les conclusions extretes no han estat raonables.</p>
<p>S'han pres decisions en funció de les conclusions. També s'han comunicat i defensat, i s'han assumit la majoria dels riscos segons la confiança en el model i les prediccions fetes, però l'exposició no ha estat adequada.</p>	<p>S'han pres decisions en funció de les conclusions, s'han comunicat i defensat sense tenir en compte les prediccions fetes, i l'exposició no ha estat adequada.</p>	<p>S'han pres decisions en funció de les conclusions i s'han comunicat i defensat efectivament, però sense assumir riscos segons la confiança i les prediccions fetes.</p>

Taula 3.8. Nivell competencial 4

Component de la competència	Nivell 4	Ben assolit
Mesurar/adquirir	Adquirir, enregistrar, expressar i documentar correctament dades, resultats i condicions, utilitzant i calibrant correctament les eines de mesura de laboratori en activitats de dificultat elevada.	S'han adquirit, enregistrat, expressat i documentat correctament dades, resultats i condicions, utilitzant i calibrant correctament les eines de mesura de laboratori en activitats de dificultat elevada.
Experimentar	Planificar, dissenyar i executar experiments, projectes, prototipus o protocols de dificultat elevada, i seleccionar les tècniques, instruments o bé les operacions apropiades per fer-ho, a més d'analitzar correctament els resultats obtinguts després del tractament i la interpretació de les dades. Plantejar i comprovar hipòtesis de dificultat elevada.	S'han planificat, dissenyat i executat experiments, projectes, prototipus o protocols, i s'han seleccionat les tècniques o bé les operacions apropiades per fer-ho; a més s'han analitzat correctament els resultats obtinguts després del tractament i la interpretació de les dades en activitats de dificultat elevada. S'han plantejat i comprovat les hipòtesis.
Modelitzar	Proposar, escollir i plantejar models matemàtics que descriu acuradament els resultats obtinguts, calcular-ne els paràmetres i establir-ne els límits i la validesa en activitats de dificultat elevada. Validar el model amb l'observació i l'experimentació.	S'ha proposat, escollit i plantejat un model matemàtic que descriu acuradament els resultats obtinguts, se n'han calculat els paràmetres i se n'han establert els límits i la validesa en activitats de dificultat elevada. El model s'ha validat amb l'observació i l'experimentació.
Projectar/predir	Utilitzar el model escollit per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat elevada. Argumentar els resultats i treure'n conclusions, a més d'establir la confiança o l'estabilitat de la predicció i optimitzar els mitjans i les condicions per a l'execució de l'experiment o el projecte.	S'ha utilitzat el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat elevada. S'han argumentat els resultats i se n'han tret conclusions. A més, s'ha establert la confiança o l'estabilitat de la predicció i s'han optimitzat les condicions de l'experiment.

Assolit	Poc assolit	No assolit
<p>S'han adquirit, enregistrat, expressat i documentat les dades, els resultats i les condicions, però o bé el calibratge de les eines de mesura de laboratori utilitzades no ha estat del tot correcte o bé no s'han identificat les fonts d'informació corresponents al seu àmbit d'especialització.</p>	<p>S'han adquirit, enregistrat i expressat correctament les dades, els resultats i les condicions, però la documentació elaborada no s'ha interpretat ni sintetitzat.</p>	<p>S'han adquirit, enregistrat i expressat correctament les dades, els resultats i les condicions; però, en general, en la documentació no s'ha seleccionat la informació rellevant.</p>
<p>S'han planificat, dissenyat i executat correctament experiments, projectes, prototipus o protocols, i s'han seleccionat les tècniques o bé les operacions apropiades per fer-ho. L'anàlisi que s'ha fet dels resultats obtinguts després del tractament i la interpretació de les dades no han estat correctament justificades.</p>	<p>S'han planificat, dissenyat i executat experiments, projectes, prototipus o protocols, i s'han seleccionat les tècniques o bé les operacions més adequades, però la planificació s'ha de millorar. L'anàlisi dels resultats que s'ha fet després del tractament i la interpretació de les dades obtingudes no han estat correctes.</p>	<p>S'han dissenyat i executat experiments, projectes, prototipus o protocols, i s'han seleccionat les tècniques o bé les operacions més adequades per fer-ho, però la planificació ha estat quasi inexistent. Després del tractament i la interpretació de les dades obtingudes no s'han analitzat els resultats.</p>
<p>S'ha proposat i escollit un model matemàtic que descriu acuradament els resultats obtinguts, se n'han calculat els paràmetres i se n'han establert els límits i la validesa. Tant el plantejament com la validació del model s'haurien de millorar.</p>	<p>S'ha proposat i escollit un model matemàtic que descriu acuradament els resultats obtinguts, se n'han calculat els paràmetres i se n'han establert els límits i la validesa, però o bé el plantejament o bé la validació del model són incorrectes.</p>	<p>S'ha proposat i escollit un model matemàtic per descriure acuradament els resultats obtinguts; se n'han calculat els paràmetres i se n'han establert els límits i la validesa, però el model ni s'ha plantejat ni s'ha validat.</p>
<p>S'ha utilitzat el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat elevada. S'han argumentat els resultats i se n'han tret conclusions. A més, s'ha establert la confiança de les prediccions, però no s'han optimitzat tots els mitjans i les condicions per a l'execució de l'experiment o el projecte.</p>	<p>S'ha utilitzat el model obtingut per fer prediccions, simulacions o càlculs en casos d'interès de complexitat elevada. En l'argumentació i les conclusions no s'ha tingut en compte la confiança o l'estabilitat de la predicció, o no se n'han optimitzat les condicions.</p>	<p>Tant l'argumentació com les conclusions tretes han estat raonables a l'hora de valorar la fiabilitat dels resultats. Però tant les prediccions en casos d'interès com l'optimització de les condicions de l'experiment han estat incorrectes.</p>

Component de la competència	Nivell 4	Ben assolit
Decidir	Prendre decisions en funció de les conclusions i de la seva viabilitat, comunicar-les, exposar-les i defensar-les, assumint riscos segons la confiança i les prediccions en activitats de dificultat elevada.	S'han pres decisions correctes en funció de les conclusions i de la seva viabilitat tècnica o econòmica. També s'han comunicat, exposat i defensat, i s'han assumit riscos segons la confiança i les prediccions fetes.

Assolit	Poc assolit	No assolit
Les decisions s'han pres en funció de les conclusions i de la seva viabilitat, encara que s'han de millorar. S'han comunicat i defensat, i s'han assumit riscos segons la confiança i les prediccions.	Les decisions s'han pres en funció de les conclusions, tenint en compte la seva viabilitat, encara que de forma molt incompleta. S'han comunicat i defensat, i s'han assumit riscos segons la confiança i les prediccions.	Les decisions s'han pres en funció de les conclusions, però sense tenir-ne en compte la viabilitat. La comunicació i la defensa s'han fet assumint riscos segons la confiança i les prediccions.

3.4. EXEMPLES DE BONES PRÀCTIQUES METODOLÒGIQUES I D'AVUACIÓ EN ELS LABORATORIS DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

A continuació es recullen exemples que permeten incorporar una sèrie d'elements metodològics i d'avaluació que afavoreixen la introducció de la competència específica definida en aquesta guia, així com d'altres competències més transversals, relacionades molt directament amb l'àmbit dels laboratoris de Ciències i Tecnologia.

3.4.1. L'ús del llenguatge adequat

Primer cal fer referència a l'aprenentatge que té lloc a través dels missatges tàcits que comporten determinades fórmules del llenguatge. Existeix un llenguatge molt arrelat que implícitament abona el preconcepte de *pràctiques* com a mer exercici de mesura amb l'objectiu de verificar la teoria impartida magistralment. El fet de parlar de lleis i constants universals, que ja han estat descobertes, i d'entendre que en el laboratori cal reproduir aquests descobriments no fa altra cosa que abocar l'alumnat a trobar el «resultat correcte». Cap alumne o alumna no s'atrevirà a contradir el que va dir Newton o Lavoisier, ni a determinar un valor experimental diferent dels que es troben tabulats.

Així, no seria adequat que el títol d'una pràctica fos «Comprovació experimental de la llei de...», sinó que caldria adoptar un llenguatge, oral i escrit, que parlés de models, de correlació de dades i d'ajust de paràmetres (sense menystenir les necessàries referències a la teoria). Quan arribi el moment, aquest llenguatge ha de permetre entendre com a anàlegs una regressió lineal i l'entrenament d'un model informàtic (p. ex., una xarxa neuronal).

3.4.2. Gestió de projectes experimentals (GPE)

El laboratori, a diferència de l'aula tradicional, és un escenari millor per al desenvolupament de determinades competències, actituds i aptituds. Així, el laboratori és un espai més

adequat per promoure accions de lideratge, de treball en grup, i d'organització, de planificació i de control del treball, tant en l'àmbit individual com en el de grup, i tant en el rol de líder com en el de subordinat. És per això que es proposa un esquema que permeti aprofitar aquests avantatges més enllà de la realització de meres pràctiques instrumentals destinades a verificar el que ja se sap de la teoria.

Aquest exemple d'organització de la formació en el laboratori està tret de l'àmbit de l'enginyeria química (Graells, 2007), però es presenta d'una manera suficientment general perquè es pugui adaptar a qualsevol àmbit de les ciències i la tecnologia.

A l'exemple, en la figura 3.2, se suposa un grup de 15 estudiants i estudiantes, organitzat en cinc grups de treball de tres persones (G1, G2, G3, G4, G5). En un esquema docent com el de l'apartat «Programació en fase», de la figura 3.2, cada sessió (S1, S2, S3, S4, S5) es dedicaria, suposant que hi hagi una disponibilitat de recursos suficient, a un únic experiment (E1, E2, E3, E4, E5), que cada grup fa de manera independent, buscant el resultat correcte i sense que el professorat permeti que l'alumnat revisi els resultats dels altres companys i companyes. Aquest esquema està clarament orientat a adquirir unes certes habilitats operacionals en l'ús dels aparells de mesura i en l'execució de protocols ben establerts, però desaprofita l'oportunitat de posar en marxa l'escenificació d'un problema complex que permeti assajar i aprendre altres competències.

Figura 3.2. Exemple d'organització de grups d'estudiants

	Programació en fase					Programació fora de fase					
	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5	
S1	E1	E1	E1	E1	E1	S1	E1	E2	E3	E4	E5
S2	E2	E2	E2	E2	E2	S2	E5	E1	E2	E3	E4
S3	E3	E3	E3	E3	E3	S3	E4	E5	E1	E2	E3
S4	E4	E4	E4	E4	E4	S4	E3	E4	E5	E1	E2
S5	E5	E5	E5	E5	E5	S5	E2	E3	E4	E5	E1

Una alternativa a aquest esquema és la «Programació fora de fase», de la mateixa figura 3.2, entesa no com un mal necessari derivat de la manca de recursos, sinó com la manera de planificar l'aprenentatge de competències al llarg de tot el quadrimestre o curs. Sota aquest esquema, cada grup es pot convertir en el grup expert (grup gestor o director) d'un experiment (G1 → E1, G2 → E2, G3 → E3, G4 → E4, G5 → E5) i alhora ser, en sessions posteriors, el *grup executor* d'una part d'un altre experiment dirigit pel corresponent *grup expert*. Certament, perquè aquest esquema tingui sentit cal que el nombre d'experiments sigui el mateix que el nombre de grups de treball.

La gestió de projectes experimentals (GPE) és un esquema docent basat en la programació fora de fase que proposa una gestió interdependent de diversos projectes experimentals,

segons la qual cada grup ha d'obtenir i ha de gestionar les dades experimentals obtingudes pels altres grups al llarg del quadrimestre. L'experiment esdevé així un projecte que s'ha de gestionar íntegrament com a tal.

La GPE és el marc didàctic que permet proporcionar a l'alumnat un entorn d'aprenentatge innovador i ambiciós en què sigui possible una formació integral que tingui en compte no només els continguts dispersos d'un conjunt de pràctiques, sinó també les competències necessàries per gestionar un projecte experimental (modest o no) que obligui l'alumnat a treballar en grup, a dirigir i ser dirigit, a planificar tasques, a documentar-se i recopilar informació, a organitzar i processar dades, a prendre decisions i a exposar i defensar els resultats i les conclusions a la resta del grup i al professorat.

La GPE, al començament, es pot organitzar mantenint els continguts (guions i muntatges de laboratori), fent uns canvis mínims, amb la finalitat de tenir el mateix nombre d'experiments que de grups, de manera que s'aconsegueixi una programació simètrica en què tots els grups duguin a terme necessàriament un experiment diferent en cada sessió de laboratori.

Amb aquest esquema, al grup que el primer dia duu a terme un experiment se li assigna el rol de grup expert (grup gestor o director, o *project manager*). En les altres sessions, cada grup ha d'anar rebent dades d'aquest mateix experiment fet pels altres grups (subordinats) i cal que el grup director les recopili, les analitzi i les presenti al final de l'assignatura en forma d'una memòria i que en faci una presentació oral i pública davant de tot el grup. Conseqüentment, tots els grups, d'una manera simultània, assumeixen els rols de director i subordinat, i es troben en les mateixes condicions respecte a les exigències mútues necessàries. En aquest punt, les possibilitats són múltiples i els detalls organitzatius del joc (simulació) poden ser diferents segons l'assignatura i el centre docent.

En resum, el *grup expert* rep l'encàrrec de dur a terme un experiment concret dels seus superiors (persones docents) i, al final, ha de retre comptes de la gestió i dels resultats. Per aquesta raó el grup gestor és el responsable de:

- Entendre la finalitat de l'experiment i els objectius.
- Saber el funcionament del sistema que s'estudia i les variables.
- Establir les condicions (dins d'un rang fixat) dels experiments que faran, primer, el grup expert i, després, els grups executors i que, al final, permetran resoldre el problema plantejat.
- Planificar l'execució de les diferents mesures que cal anar prenent al llarg del quadrimestre per completar el projecte experimental.
- Comunicar i coordinar la tasca que correspon a cada grup executor.
- Gestionar i revisar les dades obtingudes pels altres grups al llarg del quadrimestre.
- Prendre les decisions que calguin durant l'execució del projecte (segons els resultats obtinguts, els errors de planificació, les demores en la finalització de les tasques programades, etc.).

- Elaborar un informe escrit amb els objectius del projecte, la planificació, els resultats, les incidències, les decisions adoptades i la justificació, i les conclusions.
- Defensar el projecte experimental (no solament els resultats) en públic.

El *grup executor* rebrà la informació necessària de la part que li correspon i ha de retre comptes davant del grup gestor dels resultats obtinguts. Així, serà responsable de:

- Entendre el funcionament del sistema i les condicions experimentals específiques que cal analitzar i els paràmetres que cal mesurar i controlar.
- Realitzar els experiments i les mesures segons les especificacions rebudes.
- Informar de les incidències que s'hagin produït durant la realització de l'experiment.
- Presentar els resultats en el temps i en la forma establerts.

D'aquest esquema general, cal destacar-ne els avantatges següents o, en qualsevol cas, les oportunitats que ofereix per fomentar tot un seguit de competències transversals:

- Capacitat de dirigir, comunicar, discutir, resoldre conflictes, etc. i mantenir les relacions interpersonals necessàries per realitzar el treball dins d'una organització.
- Capacitat de gestionar i planificar el treball de grup (cap grup no té totes les dades experimentals fins a l'últim dia, massa tard per començar a analitzar-ne els resultats).
- Capacitat de liderar i prendre decisions (i revisar-les).

És clar, però, que a més es potencia fortament la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes». Si més no, per a un projecte experimental, que és original i únic per a cada grup:

- Es disposa de moltes més dades i, per tant, de la possibilitat de fer una anàlisi millor, de fer un tractament estadístic més extens i d'obtenir uns resultats finals més acurats.
- Es necessita gestionar d'una manera adient les dades experimentals (cada grup ha de dissenyar una petita, però primera, base de dades).
- Cal controlar tots els graus de llibertat del sistema estudiat per poder assegurar que els experiments efectuats en les sessions per grups diferents són comparables.
- Es pot abordar el disseny de l'experiment proposant noves condicions de treball per a sessions posteriors (quan la reflexió necessària hagi permès establir un nou objectiu).
- Els resultats obtinguts no són bons o dolents per si mateixos, sinó dins d'un conjunt suficient de mesures i en el context de la informació recollida al llarg del quadrimestre.
- El fet d'afrontar un projecte de tot un quadrimestre amb un fil conductor més enllà d'una sessió de laboratori permet aprendre no només els detalls d'un assaig, sinó tot el procés i el mètode per resoldre un problema complex, partint de zero.

De la mateixa manera, l'aprenentatge d'aquesta competència metodològica es veu reforçat pel fet d'explicitar els objectius del treball que es duen a terme al laboratori:

- L'objectiu no és prendre mesures amb la finalitat de corroborar uns conceptes teòrics.
- L'objectiu no és (o no és només) adquirir destresa en l'ús de tècniques i aparells.
- L'objectiu de l'experimentació és adquirir informació i coneixements nous per poder prendre decisions millors.
- L'objectiu és executar un projecte experimental que, com a tal, exigeix gestió, planificació i avaluació del cost, de l'impacte ambiental i de les oportunitats de millorar, i que implica tant una responsabilitat social com una necessitat de comunicar els resultats.

D'aprenentatge actiu:

- El grup, com a propietari del projecte, té més ben interioritzada l'experiència.
- És possible equivocarse i aprendre dels errors, perquè es corregiran (caldrà corregir-los) en les sessions posteriors. L'error, de fet, forma part del mètode, i cal gestionar-lo.
- S'aprofiten els avantatges de l'aprenentatge cooperatiu gràcies a la interdependència dels grups i a la necessitat que tenen els uns dels resultats i/o de l'experiència dels altres.
- Es produeix un aprenentatge eficaç entre iguals (*peer-teaching*), en què els «experts» se senten motivats a fer que els companys i companyes aprenguin.
- Pel que fa al professorat, cal destacar que aquest aprenentatge representa una motivació i una implicació més elevades, tant per l'originalitat que representa cada projecte nou com per la possibilitat de fer explorar a cada grup expert opcions que no són possibles en els altres grups.

A continuació, es resumeixen els elements o els aspectes que s'hi incorporen, o que s'hi poden incorporar, en funció de cada cas particular, en adoptar un esquema de treball similar a la GPE:

1. **Orientació a projectes:** la planificació i el seguiment d'un projecte durant tot un quadrimestre permet incorporar gradualment diferents eines i elements, com ara actes de reunió, taules d'assignació de tasques i dates de lliurament, reunions de seguiment, avaluació econòmica del projecte i control dels recursos humans invertits. Això darrer possibilita que el professorat tingui dades per fer el seguiment de la dedicació de temps de l'alumnat, que ha de permetre quantificar els crèdits ECTS corresponents.
2. **Aprenentatge cooperatiu:** l'esquema cooperatiu permet treballar les competències de direcció (dirigir i ser dirigit), la comunicació interpersonal, la resolució de conflictes, etc. Cada grup de treball es fa responsable d'un dels experiments programats i exerceix la direcció de la resta de grups pel que fa a aquest tema; alhora, és dirigit pels altres grups a mesura que van realitzant els experiments programats corresponents.

3. **Tecnologies de la informació i la comunicació:** es fomenta molt l'ús de les eines TIC, sobretot un ús intensiu del processador de textos, el full de càlcul, l'elaboració de gràfics, el correu electrònic, a més de la recerca bibliogràfica relacionada amb els experiments. Això esdevé forçós tant per tractar la informació experimental (base de dades) com per als aspectes de documentació i comunicació.
4. **Qualitat:** s'utilitzen diversos documents normalitzats (actes, proposta de preguntes d'examen, etc.) i plantilles (Word i PowerPoint per als informes i les presentacions, tots amb formats i colors corporatius) i també diversos protocols de comunicació per correu electrònic (codificació dels assumptes dels missatges, dels noms dels fitxers, de l'enviament amb còpia, etc.). El projecte de l'alumnat sempre es dirigeix amb criteris de traçabilitat i millora contínua, aprenentatge dels errors i resolució de problemes.
5. **Comunicació:** s'ha assumit que el professorat s'ha de dedicar també a fer que l'alumnat aprengui a redactar informes i presentacions tècniques. Tradicionalment, l'informe és el mitjà pel qual l'alumnat presenta els resultats, de manera que s'assumeix que tothom sap fer un informe i que només cal avaluar-ne els resultats. En el marc de la GPE, el professorat corregeix i comenta els aspectes formals de la comunicació i dóna a l'alumnat pautes per elaborar els informes i les presentacions orals.
6. **Coavaluació:** s'han posat en marxa mecanismes per augmentar la implicació i la responsabilitat de l'alumnat en l'avaluació, tant personal com de grup. S'ha dissenyat un mecanisme de participació en la confecció d'una part de l'examen per cada grup expert i que demostra a l'alumnat la necessitat de dominar la tècnica del llenguatge per formular adequadament preguntes i respostes. Cada grup, en qualitat d'expert, també avalua els informes d'altres grups, i la qualificació corresponent es compara amb la qualificació del professorat. Això ha forçat a dissenyar i explicitar un cànon de correcció que permet ajustar criteris no tan sols entre l'alumnat, sinó també entre el mateix professorat.

3.4.3. Gestió de la seguretat i el medi ambient

Un altre aspecte relacionat amb l'escenificació que es pot dur a terme als laboratoris és l'aprenentatge de competències professionals relacionades amb la responsabilitat de la gestió de la seguretat i el medi ambient. De fet, el laboratori és el lloc on es posen en pràctica tot un seguit d'aspectes importants que generalment es deixen per a assignatures de darrers cursos i probablement optatives i teòriques.

En canvi, lligat al rol de grup expert de la GPE, també és possible instituir molt fàcilment el rol de cap de seguretat i medi ambient que l'alumnat exerceix per torns. Així, és el cap de seguretat el que ha de complir i fer complir les normes i el que ha d'assumir la responsabilitat davant d'una possible inspecció de treball o de medi ambient (simulada pel professorat). L'alumnat, doncs, pot exercir funcions de diversa responsabilitat, que impliquen diferents actituds i habilitats davant la seguretat, el risc i la prevenció. D'altra banda, això pot anar acompanyat d'un seguit de protocols i formularis per documentar actuacions de les quals depèn la seguretat i el medi ambient (tancament del laboratori, investigació d'accidents, etc.).

Aquest esquema formatiu permet introduir un gran canvi conceptual: no es tracta de formar operaris que respectin la normativa, sinó tècnics que seran responsables de la seguretat d'altres persones, és a dir, que, a banda de treballar sense riscos, hauran d'aprendre a prevenir-los i, en la mesura que sigui possible, evitar-los. Conseqüentment, i sobretot tenint en compte les funcions de responsables de planta o de laboratori que en el futur professional haurà d'assumir l'alumnat, durant les diferents sessions de laboratori aquest executarà el rol de responsable de seguretat.

Al laboratori s'acostuma a designar un grup encarregat de la neteja, però hi ha un gran salt qualitatiu quan a aquest grup se l'anomena *cap de seguretat i medi ambient*. La neteja és una tasca menor que l'alumnat accepta i fa a desgrat, perquè toca, però la de cap de seguretat i medi ambient és una tasca pròpia d'un titulat universitari. És per això que es pot exigir més a l'alumnat, tant pel que fa a l'aprenentatge de continguts relacionats com sobretot a l'aprenentatge d'actituds necessàries per fer complir la normativa i augmentar la prevenció.

Les accions de caràcter més significatiu amb la finalitat que l'alumnat visqui de forma més propera la responsabilitat professional i específicament la relacionada amb la seguretat i el medi ambient poden ser:

Protocol i fitxa normativa per identificar un experiment en marxa. Darrere l'habitual paper (no normalitzat) en què es deixa escrit «No ho toqueu» hi ha una concepció d'interès personal, però en cap cas de prevenció, d'una actuació tècnica destinada a facilitar les tasques en cas d'emergència. Així, doncs, resulta formatiu utilitzar una fitxa en què consti la informació suficient perquè es compregui la natura de l'experiment i els riscos associats. Evidentment, també és informació imprescindible un telèfon de contacte i l'adreça electrònica de l'alumnat responsable, a més de la data en què està previst retirar l'experiment. És clar que perquè hi hagi aprenentatge el professorat ha d'explicar els motius tècnics d'aquest procediment.

Protocol i fitxa normativa de tancament del laboratori. Consta d'una sèrie de punts que permeten revisar sistemàticament tots els aspectes de seguretat i medi ambient (i neteja, lògicament) i prendre accions en el cas que sigui necessari. Això obliga les persones responsables a advertir els companys i companyes, que alhora també en són més conscients, ja que han protagonitzat (o protagonitzaran) aquest mateix rol. L'alumnat reconeix que aquesta sistemàtica és positiva i permet gestionar millor el laboratori. Paral·lelament, això és clarament profitós, ja que el professorat, en rebre el protocol de tancament de laboratori degudament empenat per l'alumnat que li'n reclama el vistiplau, aplica la mateixa filosofia de la qualitat i té l'oportunitat de revisar ràpidament el laboratori i confirmar que tot està en ordre.

Protocol i fitxa normativa d'investigació d'accidents. Un concepte integral de gestió porta a considerar la qualitat, la seguretat i el medi ambient tres components principals d'un tot, que és la qualitat total. L'alumnat responsable de la seguretat, seguint l'esquema de la qualitat (executar, avaluar, planificar), ha de documentar i investigar les causes d'un accident o una situació de risc produïda, amb la finalitat de prevenir futures situacions. D'aquesta

manera, el trencament d'una proveta deixa de ser un fet desgraciat i inevitable, del qual ningú no té la culpa, i passa a ser un problema d'enginyeria que demana un seguit d'actuacions tècniques que han de portar la implantació de noves mesures preventives. En definitiva, es tracta que l'alumnat interioritzi els principis de la qualitat en la gestió de la seguretat:

- Executar (reparar, reposar, resoldre un incident, accident, segons el protocol establert).
- Avaluar (analitzar les causes, investigació d'accidents).
- Planificar (revisar protocols, plans d'emergència, etc.).

La reticència que s'observa per una part de l'alumnat a signar els protocols de revisió del laboratori és indicatiu de la poca consciència que l'alumnat té del seu futur professional. «Sí, la idea de la *checklist* està bé, però el que no m'està bé és haver-la de signar». Aquest és un comentari que permet tractar sobre el tema de la signatura, de la responsabilitat i del sou corresponent.

«No és culpa meva...» és una altra frase relacionada, de la qual el professorat pot treure molta informació sobre la formació de l'alumnat. Aquest llueix amb cert orgull el distintiu de cap de seguretat a la bata, però, en canvi, percep com a injust que se'l faci responsable de l'acció o l'omissió d'una altra persona (p. ex. no portar ulleres).

«S'ha trencat...», en impersonal, acostuma a ser la resposta de l'alumnat davant d'un accident comú en el laboratori. Aquesta resposta vaga sempre ha merescut algun comentari del professorat, però el fet d'haver explicitat la investigació d'accidents és més formatiu que la bona voluntat o la inspiració del moment. Un informe escrit de les causes de l'accident i de les mesures que cal adoptar és una bona reflexió sobre la responsabilitat i els procediments de millora contínua. Els resultats poden ser sorprenents fins i tot per al professorat.

4. EXEMPLES D'ACTIVITATS DEL LABORATORI DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

En aquest capítol es recullen exemples trets d'activitats reals de laboratoris de Ciències i Tecnologia, adaptats i relacionats amb els components de la competència específica, definida prèviament en el capítol 2. L'objectiu és que puguin servir de guia i d'orientació al professorat per a la planificació d'activitats en els laboratoris, en què es recullin aspectes que ja es fan actualment i s'integrin en una nova forma de planificar, desenvolupar i avaluar l'activitat coherent amb el treball per competències.

Els exemples proposats en aquest capítol s'han seleccionat en funció dels criteris següents:

- Varietat en els nivells de complexitat: des del nivell competencial 1 fins al 4, segons s'ha establert en l'apartat 2.3.
- Divergència en l'estructura, en funció del pes atribuït als diferents moments de l'activitat (prelaboratori, durant el laboratori i postlaboratori).
- Diferència en l'abast de l'activitat proposada. Es poden trobar pràctiques o experiments puntuals dins d'una assignatura, activitats que formen part d'un conjunt d'activitats experimentals o activitats que representin tota l'assignatura.

4.1. EXEMPLE DE PLANIFICACIÓ D'UNA ASSIGNATURA O MATÈRIA PER AL DESENVOLUPAMENT DE LA COMPETÈNCIA ESPECÍFICA

Consideracions prèvies per a la lectura dels exemples de les fitxes de planificació de les matèries/assignatures:

- En l'apartat «Competències que desenvolupa la matèria o assignatura», se centren els exemples en la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes», i cal ser conscients que determinades matèries o assignatures hauran de contribuir al desenvolupament d'altres competències específiques pròpies de la disciplina i d'altres competències genèriques establertes per la titulació.
- En l'apartat «Objectius i resultats d'aprenentatge», es descriuen els objectius i els resultats d'aprenentatge propis de la competència específica per als laboratoris de Ciències i Tecnologia, tot i que en la planificació de les matèries o assignatures, aquest apartat ha d'incloure la resta d'objectius i resultats d'aprenentatge corresponents al nivell competencial de les competències definides prèviament (tant les genèriques com les específiques). D'altra banda, també cal considerar que la competència «Aplicar el

mètode científic per a la resolució de problemes» integra necessàriament, en el seu treball al laboratori, els continguts i els coneixements propis de la disciplina, de manera que per definir aquest apartat pot resultar d'utilitat per al professorat recuperar la definició que aporta aquesta guia de cadascun dels nivells competencials (vegeu l'apartat 2.3 d'aquesta guia), contextualitzar-los i adaptar-los als continguts i coneixements de la disciplina.

A continuació, es presenta l'exemple de planificació de l'assignatura Experimentació en química.¹⁵

Dades generals	
TITULACIÓ	Enginyeria Química
ASSIGNATURA	Experimentació en química
CURS/QUADRIMESTRE	4t quadrimestre
NIVELL COMPETENCIAL	2

Dades específiques de l'assignatura o matèria

Descripció/contextualització

Aquesta assignatura és de caràcter experimental i està constituïda per un conjunt d'activitats de laboratori que configuren una part de l'experimentació en química, amb un contingut centrat en l'aplicació de la química inorgànica i analítica. L'objectiu general és iniciar i familiaritzar l'alumnat en les diferents tècniques experimentals inorgàniques i analítiques utilitzades en un laboratori químic, un dels objectius generals de la titulació.

En aquest cas, l'estudiantat cursa de manera simultània, o ha cursat prèviament, una assignatura que tracta sobre els aspectes relacionats amb els conceptes teòrics d'aquesta matèria. L'alumnat ja ha fet experiments al laboratori general de química durant cursos anteriors i posteriorment també passarà per altres laboratoris docents, més relacionats amb l'àmbit de l'enginyeria química.

Competències que desenvolupa la matèria/assignatura

Competència específica: aplicació del mètode científic per a la resolució d'un problema en l'àmbit de la química analítica.

Competències genèriques: desenvolupament del treball en equip, aprenentatge autònom, comunicació eficaç oral i escrita, i ús solvent de les noves tecnologies i recursos informacionals.

Continguts de la matèria

Sessions preliminars d'explicació general del funcionament i avaluació de l'assignatura pel professorat.

Sessió d'introducció a les eines de gestió d'informació científicotècnica en els serveis de documentació de la biblioteca.

Experiment 1: determinació de la duresa d'aigua potable per valoració complexomètrica.

Duresa temporal, permanent i deguda a Ca i Mg en diferents tipus d'aigües.

Experiment 2: determinació del contingut d'àcid acetilsalicílic en un analgèsic per volumetria.

Hidròlisi bàsica i posterior volumetria àcid-base, per retrocés, de diferents analgèsics.

Experiment 3: control de la terbolesa d'aigua potable per turbidimetria.

Determinació de la intensitat de la llum dispersada en mostres d'aigua potable per determinar les unitats de terbolesa segons el mètode estàndard d'anàlisi de qualitat d'aigües potables.

¹⁵ El disseny d'activitat d'aquesta assignatura es troba definit en l'apartat 4.2.2 d'aquesta guia, concretament en l'exemple 2.

Experiment 4: anàlisi de metalls contaminants en aigües per absorció atòmica.

Determinació en ppm de la concentració de Cu i Ni en mostres d'aigües residuals procedents d'indústries.

Experiment 5: control de qualitat en una beguda de cola per potenciometria.¹⁶

Objectius i resultats d'aprenentatge

Els objectius i els resultats d'aprenentatge esperats per al treball de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes en l'àmbit de la química analítica» en el nivell competencial 2 són:

- Adquirir, enregistrar i expressar correctament dades i resultats obtinguts durant l'experimentació, utilitzant les eines de mesura bàsiques d'un laboratori químic d'anàlisis clàssiques i instrumentals, com ara pH-metres, balances analítiques, material volumètric de precisió.
- Dissenyar i executar experiments relacionats amb l'anàlisi de controls de qualitat de mostres aquoses, aplicant-hi les tècniques instrumentals estàndards d'aquest tipus de laboratoris, com ara aparells de turbidimetria, conductimetria, espectroscòpia d'absorció atòmica, espectrofotometria UV-vis, cromatografia líquida d'alta eficàcia (HPLC), etc., a banda de tractar i interpretar correctament les dades i els resultats obtinguts, i elaborar-ne gràfics.
- Proposar i escollir models matemàtics que descriguin acuradament els resultats obtinguts, calculant-ne els paràmetres.
- Utilitzar el model obtingut per fer prediccions o càlculs en casos d'interès de complexitat similar. Argumentar els resultats i treure'n conclusions.
- Prendre decisions en funció de les conclusions tretes, comunicar-les i defensar-les efectivament.

Metodologia

La matèria es fonamenta en una metodologia eminentment pràctica, centrada en l'aprenentatge actiu i col·laboratiu, que prioritza el plantejament de problemes/situacions de laboratori estretament vinculats a la realitat personal i professional i que permeten a l'estudiantat construir de forma significativa el seu propi aprenentatge.

L'experimentació està planificada de manera que l'alumnat efectui cada experiment en dues sessions de quatre hores al laboratori, en setmanes intermitents, per deixar temps a les tasques de prelaboratori i postlaboratori associades a cada experiment. Es fan en parelles i de manera simultània, així en cada sessió cada parella duu a terme un experiment diferent. Cada experiment està duplicat, d'una banda, per afavorir el treball en equip entre dues parelles, que es constituïran en grup d'experts en l'experiment de la primera sessió i, d'altra banda, perquè amb aquesta distribució no es fan necessaris tants experiments diferents, la qual cosa facilita el treball en casos de grups nombrosos. Cada grup expert ha d'anar rebent dades de l'experiment realitzat pels altres grups i també ha de col·laborar per resoldre els dubtes que puguin sorgir durant l'experimentació. Conseqüentment, tots els grups, d'una manera simultània, assumeixen els rols de director i de subordinat, i es troben en les mateixes condicions respecte de les exigències mútues necessàries.¹⁷ Tant la preparació prèvia com el treball posterior al laboratori són més importants per al grup expert que per a la resta de l'alumnat.

Durant el prelaboratori, l'objectiu principal és que l'alumnat prengui consciència del que farà al laboratori i dels resultats que se n'espera, tot relacionat amb els objectius de l'experiment i de manera coherent amb les competències que es vol contribuir a promoure. Amb aquest prelaboratori es pretén evitar el fet

¹⁶ Aquest contingut es desenvolupa en l'apartat 4.2.2.

¹⁷ Seguint un model similar al que s'ha desenvolupat en l'apartat 3.4.

que l'alumnat arribi al laboratori i apliqui una recepta per posteriorment planteja qüestions al professorat del tipus «És correcte aquest resultat?». Es potencia en aquesta fase el desenvolupament de competències genèriques i l'ús solvent de les noves tecnologies i recursos informacionals, així com la de l'aprenentatge autònom.

Durant les sessions al laboratori, el professorat guia i reorienta el treball de cada grup, i fa aclariments i explicacions quan ho creu oportú, amb la qual cosa afavoreix el procés d'aprenentatge, ja sigui plantejant qüestions, revisant el diari del laboratori o resolent dubtes. Durant el temps al laboratori es desenvolupen, a més de la competència específica dels laboratoris, les competències genèriques: treball en equip (per al qual disposen de pautes), manipulació i gestió amb seguretat de reactius, materials químics i residus.

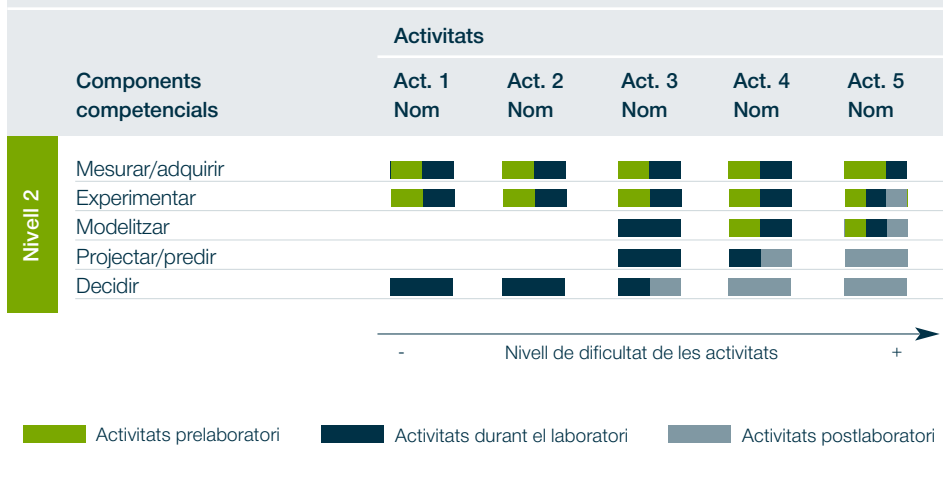
Com a treball de postlaboratori, es pretén sempre que l'alumnat tingui ocasió de reflexionar sobre el que ha fet i així afavorir un aprenentatge més profund. Durant aquesta fase les competències genèriques que es desenvolupen, a banda de les anteriors, són la comunicació eficaç oral i escrita.

En el cas del grup expert, el postlaboratori consisteix en l'elaboració d'un miniprojecte sobre una altra aplicació de la tècnica analítica del seu experiment a una mostra d'interès mediambiental o de la vida quotidiana. Aquest projecte és encarregat des de l'inici del curs per afavorir el treball continuat i per això es regulen les dades de seguiment amb la persona docent tutora. També se'ls proporciona plantilles d'elaboració i models de treballs científics i de pòster, material d'aprenentatge de treball en equip i plantilles d'actes de reunions. Es preveu el lliurament d'una taula amb dades de dedicació de temps en hores per a l'elaboració del miniprojecte, en què s'especifiquen també les dates, els objectius, els membres del grup, les tasques i les propostes per a la sessió següent, etc., per poder calcular els ECTS de l'assignatura.

Sistema d'avaluació i qualificació

- *Sistema de qualificació (orientatiu):* llibreta de laboratori de l'estudiantat per parelles (20%); prova pràctica per parelles (30%); prova de desenvolupament individual (20%); presentació d'un miniprojecte en format escrit i pòster en grups de quatre membres (30%).
 - *Sistema d'avaluació de la competència específica de laboratori:* l'assignatura es caracteritza per introduir l'avaluació formativa i continuada del grau d'assoliment de la competència específica del laboratori, proporcionant una retroalimentació contínua del professorat amb l'objectiu de reconduir el procés d'aprenentatge de l'alumnat en cas d'errors conceptuals i/o metodològics. Aquest feedback té lloc durant la realització de cadascuna de les activitats previstes. El seguiment del grau d'assoliment de la competència específica dels laboratoris es fa mitjançant els criteris definits en la rúbrica del nivell competencial 2.
-

Planificació d'activitats



4.2. EXEMPLES DE FITXES DE DISSENY D'ACTIVITATS PER AL DESENVOLUPAMENT DE LA COMPETÈNCIA ESPECÍFICA «APLICAR EL MÈTODE CIENTÍFIC PER A LA RESOLUCIÓ DE PROBLEMES»

Tot i que la fitxa proposada en l'apartat 3.1.2, sobre disseny d'activitats, s'ha elaborat amb la finalitat d'integrar tant els continguts com la resta de competències genèriques i/o específiques a les quals contribueix l'activitat dins l'assignatura, els exemples proposats pretenen donar al professorat una visió més concreta i centrada en la competència específica de l'àmbit dels laboratoris de Ciències i Tecnologia, que aclareixi quins canvis implica o què suposa de nou per al professorat integrar aquesta competència específica a les activitats que actualment desenvolupa en el laboratori.

Seguidament, en els exemples de fitxes de disseny d'activitats, s'introdueix un apartat en què es recull de forma més detallada el desenvolupament en el laboratori. En l'annex 4 es poden trobar més exemples d'experiments en laboratoris de Ciències i Tecnologia.

4.2.1. Exemple 1. Experiment: El divisor de tensió

Fitxa de disseny d'activitat de l'experiment: El divisor de tensió

Dades generals de l'activitat

Matèria/assignatura: Components i circuits

Nivell competencial: 1

Components de la competència: tots

Núm. d'activitat: 2

Nom de l'activitat: El divisor de tensió

Temps de dedicació de l'estudiant a l'activitat:

Prelaboratori: 2 hores

Durant el laboratori: 4 hores

Postlaboratori: 2 hores

Desenvolupament de l'activitat

Continguts que es treballen a l'activitat

Experiment 2: El divisor de tensió

- Treball i diferència de potencial.
- Corrent elèctric.
- Potència elèctrica.
- Components, dispositius i circuits.
- Lleis de Kirchhoff.
- Llei d'Ohm.
- Concepte de circuit equivalent.
- Associació de resistències en sèrie. El divisor de tensió.

Objectius i resultats d'aprenentatge

Objectius i resultats d'aprenentatge propis de l'activitat:

En finalitzar aquest experiment l'estudiantat ha de ser capaç de:

- Utilitzar correctament el multimetre per fer mesures de tensió, corrent i resistència.
- Identificar els components i els dispositius d'un circuit elèctric bàsic.
- Expressar les mesures de tensió, corrent i resistència amb el nombre correcte de xifres significatives a partir de determinar-ne la incertesa.
- Seleccionar un circuit que desenvolupi una funció predeterminada.
- Determinar l'expressió algebraica que defineix el comportament d'un divisor de tensió.
- Utilitzar l'eina de simulació Proteus com a alternativa a l'anàlisi manual de circuits.

Els objectius i els resultats d'aprenentatge esperats per a aquesta activitat sobre la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució d'un problema en l'àmbit de l'electrònica analògica» són els que s'indiquen en el nivell competencial 1.

Metodologia

En el desenvolupament d'aquest experiment de laboratori s'introdueixen algunes estratègies pertanyents a l'**aprenentatge cooperatiu**, per incrementar la comunicació entre els membres del grup base i entre els diferents grups de la classe i intentar que cada membre del grup es responsabilitzi de l'aprenentatge del company o companya.

El primer dia de classe la persona docent explica els objectius de l'assignatura, n'indica el material necessari i defineix els grups de pràctiques. Aquests grups, de dues persones, han de ser al més heterogenis possible per tal que cada membre pugui aprofitar al màxim les potencialitats de la parella.

Per formar els grups de manera eficient es divideix la classe en dues seccions: la primera està composta per alumnat amb una mica d'experiència en el maneig d'instruments de laboratori (perquè ha cursat altres assignatures o procedeix d'un mòdul professional) i la segona, per alumnat provinent de batxillerat que no té cap experiència en el laboratori. La persona docent assigna de manera aleatòria un número a cada membre de la primera secció i segueix el mateix procediment per als components de la segona secció. L'alumnat que tingui el mateix número formarà parella.

Els grups disposen del **manual de pràctiques** o guió de laboratori, en què es detallen tots els experiments que es duran a terme (set pràctiques i un petit projecte d'aplicació); una **carpeta**, on guardaran els diferents **informes previs (prelaboratori)**, que cada grup de pràctiques ha d'ensenyar al professorat a l'inici de cada sessió, i els informes de cada pràctica que l'estudiantat vagi elaborant a cada sessió. La **llibreta de laboratori** ha de contenir els resultats i les incidències que sorgeixen durant la realització i el muntatge de cada experiment. En aquesta llibreta l'alumnat anota de manera seqüencial tota la informació recollida (diagrames de connexions dels muntatges, càlculs numèrics, explicacions del professorat, etc.), amb la qual cosa s'intenta inculcar l'**hàbit del mètode científic**.

En cada experiment i de manera alternada cada membre del grup ha de responsabilitzar-se del contingut de la carpeta i de la llibreta de laboratori, una vegada consensuat pels dos components. Cada grup ha de tenir molt clar que l'èxit individual s'aconsegueix a partir de l'èxit del grup, per la qual cosa cada membre ha d'assegurar-se que la parella ha assimilat els conceptes i les habilitats corresponents a cada experiment, atès que durant la sessió de laboratori el professorat passa per cada grup i planteja una sèrie de qüestions de forma aleatòria i assigna la puntuació al grup. Aquesta valoració assegura que l'estudiantat es pren seriosament aquest procés d'aprenentatge i verifica mútuament que sap respondre les preguntes de la persona docent.

Paral·lelament al desenvolupament de cada sessió de laboratori, l'alumnat ha de respondre les qüestions del guió sobre l'experiment, la qual cosa dona com a resultat l'**informe de laboratori**. A l'inici de la sessió següent, el professorat lliura l'informe corregit, la qual cosa facilita que l'alumnat s'adoni dels encerts i els errors que ha comès.

Avaluació: Estratègies, instruments, criteris i qualificació

Les evidències recollides durant aquesta activitat són les següents:

- **Prelaboratori:** l'estudiantat ha de presentar en grup una còpia de l'**informe previ**, en què la nota s'assigna equitativament entre els dos membres del grup. Aquest informe previ es torna corregit a l'inici de la sessió següent. El professorat també planteja una sèrie de qüestions orals a l'estudiantat per comprovar que ha entès el que s'ha de fer al laboratori.
- **Durant el laboratori:** la persona docent planteja **qüestions orals** durant el laboratori per identificar el grau de coneixement de l'alumnat, per saber com està treballant i comprovar el treball que ha dut a terme. Durant el laboratori, l'estudiantat elabora la **llibreta de laboratori**. A més, la persona docent recull evidències a partir de l'**enregistrament de l'actuació de l'estudiantat al laboratori**.
- **Postlaboratori:** és en aquest moment quan l'alumnat ha de lliurar l'**informe de laboratori**.

El moment de prelaboratori i durant el laboratori, l'avaluació té una finalitat clarament formativa, mentre que el moment postlaboratori es caracteritza per la finalitat sumativa.

Els criteris d'avaluació utilitzats per a aquesta activitat són els que recull la rúbrica del nivell competencial 1 (com per exemple argumentar correctament els resultats per treure'n conclusions), a més dels següents:

- Bona presentació/netedat.
- Ortografia correcta.
- Resposta adequada a les preguntes orals i escrites plantejades pel professorat.

La qualificació d'aquesta activitat representa un 10% de la nota final de les pràctiques de l'assignatura.

Desenvolupament de l'experiment: El divisor de tensió

a. Escenificació

Suposeu que disposeu d'una bateria de 9 V i heu d'aplicar una tensió de referència a un convertidor analògic digital de 5 V. Quin seria el circuit resistiu més simple que us permetria realitzar aquesta funció? Decidiu, després d'analitzar una sèrie de mostres circuitals, si aconsegueixen el requisit anterior.

b. Treball de prelaboratori

Responen les qüestions següents, després de llegir el treball al laboratori.

- Esbrineu mitjançant una cerca a Internet el codi de colors de les resistències que en determinen el valor nominal i la tolerància.
- Quins són els colors que determinen les resistències de valors 1 k Ω i tolerància 5%, 4k7 i tolerància 10%?
- Executeu algun programa d'exemple de circuits elèctrics bàsics que es troben en el «Help» del programa de simulació de circuits Proteus.
- Feu una representació de la característica corrent/tensió d'una resistència de 2,2 k Ω i una resistència de 5k6.
- Expliqueu raonadament els conceptes de diferència de potencial i corrent elèctric.
- Consulteu el manual del multímetre digital i indiqueu-ne la incertesa en la mesura de tensió, corrent i resistència.

Informe de prelaboratori. (Aquest informe pot ser útil tant per a l'autoavaluació de l'estudiantat com per a l'avaluació que ha de fer el professorat en el prelaboratori. Aquesta avaluació és bàsicament formativa.)

Mesurar/adquirir	Resposta estudiantat
Quina és la precisió amb què s'han de mesurar les diferents magnituds de l'experiment?	És la precisió dels instruments de mesura. En aquest cas, el del multímetre del laboratori.
Quina garantia es té de l'exactitud de la mesura de les diferents magnituds de l'experiment?	Relacionat amb l'elecció del material utilitzat (tolerància de les resistències) i incerteses dels instruments de mesura.
Quins són els patrons de referència d'aquestes mesures? S'haurà de fer alguna prova de control o en blanc?	<ul style="list-style-type: none">■ Patrons per calibrar el multímetre digital quan calgui.■ No es necessita fer cap prova de control o en blanc.

Experimentar

Quina hipòtesi es planteja?

Deduir un circuit (divisor de tensió) que obtingui a la sortida 5 V, a partir d'una entrada de 9 V.

Quines són les variables d'entrada i quines les variables de resposta del sistema que s'estudia?

- Apartat E4. Variables d'entrada: tensions que apliquem a l'entrada del circuit.
La variable de resposta: tensió de sortida del circuit.
- Fixades: resistències del circuit i tensions d'entrada.

Quines variables del sistema han d'estar explícitament fixades per tal de simplificar l'estudi?

Decisions: rang de variació de les variables d'entrada. Per què?

- Han de garantir que els elements del circuit dissipin una potència adequada, per evitar-ne la destrucció.
L'exactitud en les variables de control no és crítica. El que interessa és el quocient entre la sortida i l'entrada del sistema.

Nombre de mesures. Per què?

- Mesures suficients per poder satisfer els requisits de la pràctica.

Modelitzar

Quin model o gràfic s'ha d'utilitzar per correlacionar els valors de les variables de control i les respostes del sistema?

Es tracta d'un model algebraic que relaciona les resistències del circuit i la tensió d'entrada amb la tensió de sortida.

El model o gràfic que s'utilitza és empíric? De principis bàsics/fonamentals? Quin és el rang de validesa del model?

- És de principis bàsics/fonamentals, ja que correspon a una expressió matemàtica deduïble a partir de la llei d'Ohm i de les lleis de Kirchhoff.

Es pot fer servir el model per extrapolar o només per interpolat?

- Aquest model es pot fer servir per extrapolar els resultats a altres valors de tensions d'entrada i de resistències.

S'han d'assajar diferents models? S'han de validar aquests models?

- Com que *a priori* no se sap el model del divisor de tensió, s'assagen diferents models per deduir-ne el més simple. Aquests models es poden validar experimentalment i teòricament.

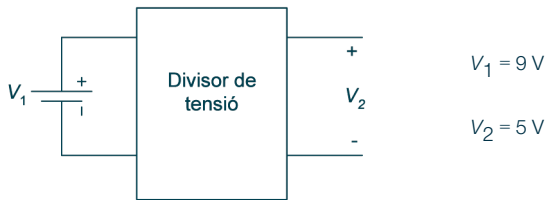
En què es basa la decisió d'escollir-ne un i no un altre?

- La decisió és en funció del compliment dels requisits inicials i que el model sigui al més simple possible.

c. Treball al laboratori

Introducció

Les tensions amb les quals treballen els circuits electrònics solen ser baixes i contínues, per exemple 5 V o 3 V. Si disposem d'una pila de 9 V i volem alimentar un circuit a una tensió de 5 V, quin circuit d'interfície (anomenat *divisor de tensió*) podem usar?



Un divisor de tensió és un circuit resistiu lineal que obté una tensió de sortida que és una fracció de la tensió d'entrada. El seu estudi i la seva anàlisi permeten resoldre circuits de més complexitat per mitjà de la tècnica de reducció de circuits.

Seguretat i medi ambient

El risc zero no existeix. Preneu les precaucions habituals al laboratori i tingueu especial cura amb les connexions amb les quals trebal·leu.

Sigueu estrictes amb la manipulació del material elèctric i electrònic. Minimitzeu el volum de residus generats i així reduïreu el cost econòmic i mediambiental de l'experiment.

Tots els residus generats han de ser abocats al dipòsit corresponent del laboratori.

Procediment experimental

Disposeu de tres resistències de valors: $1 \text{ k}\Omega$, $1 \text{ k}\Omega$ i $4 \text{ k}\Omega$, i una font d'alimentació que us farà la funció de bateria per obtenir el circuit que voleu.

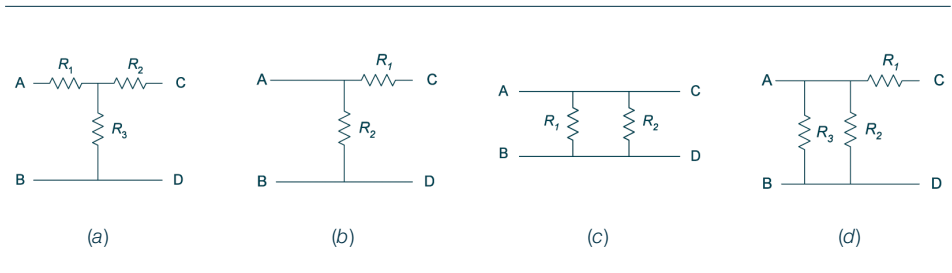
E1. Mesureu amb el multímetre digital cadascuna de les resistències i indiqueu la incertesa que us dona el manual de l'instrument. Utilitzeu únicament les xifres significatives que cregueu convenients. Completeu la taula 1.

Taula 1. Mesura de resistències

	Colors	Valor nominal	Tolerància (Ω)	Marge de valors que conté el valor real de la resistència	Valor mesurat i la seva incertesa (Ω)
R					

E2. Amb les anteriors resistències feu el muntatge de les quatre topologies resistives següents.

Figura 1. Topologies de circuits resistius



Seguint el vostre criteri, poseu el valor numèric que vulgueu a cada resistència i mesureu amb el multímetre la resistència equivalent (R_{eq}) de cada configuració, entre els terminals A-B i C-D.

Taula 2. Mesura de resistències equivalents

	Valor mesurat i la seva incertesa (Ω)	
	Entre A i B	Entre C i D
R_{eq}		

E3. Com tots sabem, l'energia és un bé escàs, per tant, els circuits que dissenyem han de consumir al menys possible. En aquesta part mesurarem el **consum** de les quatre configuracions anteriors, aplicant primer la font d'alimentació de 9 V entre els terminals A i B i després entre els terminals C i D.

Taula 3. Mesura del consum (corrent elèctric) de cada topologia

Valor mesurat i la seva incertesa (A)		
	Corrent que entra pel terminal A	Corrent que entra pel terminal C
I		

E4. En les configuracions de la figura 1, apliqueu entre els terminals A i B una tensió de 9 V i mesureu la tensió entre els terminals C i D. Torneu a fer les mesures, però ara apliqueu la font d'alimentació entre els terminals C i D i mesureu la tensió entre els terminals A i B.

Taula 4. Mesura de tensions

Valor mesurat i la seva incertesa (V)		
	Tensió mesurada entre A i B	Tensió mesurada entre C i D
V		

Heu assolit aproximadament els 5 V en algunes de les anteriors configuracions? Ordeneu de més alta a més baixa la tensió assolida en les 4 configuracions anteriors i descarteu les que cregueu que no satisfan la **hipòtesi inicial**.

E5. A partir de les mesures anteriors, si n'heu tingut prou per assolir la **hipòtesi inicial**, o bé a partir d'altres proves que heu hagut de fer, seleccioneu un circuit que satisfaci els requisits inicials, amb el mínim consum de corrent.

E6. A partir de la llei d'Ohm i les lleis de Kirchhoff **deduïu** l'expressió que relaciona la tensió de sortida del divisor de tensió i la tensió d'entrada. Feu un gràfic que relacioni la tensió de sortida en funció de la tensió d'entrada dels diferents circuits estudiats. Quants components té el circuit? Es pot obtenir un model circuital amb menys components? Justifiqueu la vostra resposta.

E7. Connecteu el circuit que heu seleccionat a una resistència de 5k Ω . Quina és la tensió entre els seus terminals? Ha augmentat o disminuït la tensió respecte de fer la mesura en circuit obert? Per què?

Resultats

Contesteu les qüestions següents i lliureu-les al professorat en finalitzar l'experiment:

1. L'esquema de l'estructura de divisor de tensió més simple és:
2. L'expressió algebraica de la tensió de sortida (V_2) en funció de la tensió d'entrada (V_1), que **modelitza** el comportament d'un divisor de tensió, heu **decidit** que és:
3. Altres estructures que poden fer la funció de divisors de tensió són:

d. Treball de postlaboratori

Discussió de resultats

1. Com han de ser les resistències d'un divisor de tensió per tal que el consum del circuit sigui petit?
2. Per què diem que un divisor de tensió és lineal?
3. Compareu el resultat obtingut de l'expressió algebraica del divisor de tensió amb el que heu trobat a la bibliografia i amb els resultats dels companys.

Conclusions

- Enumereu clarament les conclusions generals d'aquest experiment. Quina és l'expressió algebraica d'un divisor de tensió?
- Què succeeix si es connecta una resistència a la sortida d'un divisor de tensió? Justifiqueu la vostra resposta.
- **Decidiu** si els resultats obtinguts amb els diferents circuits (tenint en compte els resultats dels companys) són correctes.
- Busqueu algunes aplicacions pràctiques reals del divisor de tensió.

Informe de laboratori i postlaboratori. *(Útil tant per al professorat quan planifica o dissenya l'activitat al laboratori com per a l'avaluació, amb la rúbrica del nivell competencial, i per a l'estudiantat com a autoavaluació.)*

Identifiqueu els elements aplicats de la competència específica «Aplicació del mètode científic» aplicats durant l'execució de l'experiment i després d'aquest:

Mesurar/adquirir		Apartat de l'experiment	
Adquirir dades		Apartats E1, E2, E3, E4	Lab.
Enregistrar i documentar resultats i condicions experimentals		Apartats E1, E2, E3, E4	Lab.
Expressar correctament dades i resultats		Apartats E1, E2, E3, E4	Lab.
Utilitzar les eines de mesura necessàries per a la realització de les pràctiques		Apartats E1, E2, E3, E4	Lab.
Experimentar			
Comprovar hipòtesis		Apartats E4, E5, E6, E7	Lab.
Tractar i interpretar correctament les dades experimentals		Apartats E5, E6	Lab.
Elaborar gràfics i interpretar-los correctament		Apartat E6	Lab.
Modelitzar			
Ajustar les dades obtingudes al model o models matemàtics proposats i calcular-ne els paràmetres		Apartats E5, E6	Lab.
Projectar/predir			
Argumentar els resultats i treure'n conclusions		Discussió de resultats i conclusions	Post.
Decidir			
Prendre decisions en funció de les conclusions i de la viabilitat (tècnica, econòmica, etc.)		Segons la coherència de tots els resultats	Post.
Comunicar i defensar les decisions		Discussió de resultats i conclusions	Post.

4.2.2. Exemple 2. Control de qualitat d'una beguda de cola

Fitxa de disseny d'activitat de l'experiment: Control de qualitat d'una beguda de cola

Dades generals de l'activitat

Matèria/assignatura: Experimentació en química

Nivell competencial: 2

Components de la competència: tots

Núm. d'activitat: Última (5)

Nom de l'activitat: Control de qualitat d'una beguda de cola

Temps de dedicació de l'estudiant a l'activitat:

Prelaboratori: 6 hores

Durant el laboratori: 12 hores

Postlaboratori: 30 hores

Desenvolupament de l'activitat

Continguts que es treballen a l'activitat

Experiment 5: Control de qualitat d'una beguda de cola per potenciometria

- Descripció dels fonaments químics de la tècnica potenciomètrica.
- Interpretació d'aquests diagrames logarítmics de sistemes àcid-base polipròtics realitzats mitjançant un programa de càlcul (VCHEM).
- Simulació amb el programa interactiu (VLAB 3D)¹⁸ d'un laboratori virtual per dissenyar la tècnica de potenciometria (tot establint les variables i constants del sistema químic).
- Construcció i interpretació de corbes de valoració àcid-base relacionades amb el model matemàtic que descriu sistemes àcid-base polipròtics.
- Mesura i monitorització de variacions de propietats i canvis químics amb un pH-metre.
- Realització de càlculs gràfics per determinar, a partir de corbes de valoració experimentals, el valor de la concentració d'una espècie àcida o bàsica en solució.
- Manipulació, amb seguretat i higiene, de materials, reactius i residus químics.
- Conduir adequadament procediments estàndards i instrumentació bàsica de laboratori químic.

Objectius i resultats d'aprenentatge

Objectius i resultats d'aprenentatge propis de l'activitat:

En finalitzar aquest experiment l'estudiantat ha de ser capaç de:

- Identificar l'àcid inorgànic component d'una beguda de cola i esbrinar el rang habitual de concentració d'aquest àcid en aquestes begudes.
- Aplicar el programa de càlcul d'equilibris VHEM (disponible a les aules informàtiques del centre), per realitzar i interpretar diagrames logarítmics de sistemes àcid-base polipròtics. Utilitzar el programa interactiu VLAB 3D (aules informàtiques) per simular la potenciometria del sistema «estudi» en un laboratori virtual.
- Identificar les magnituds o variables del sistema que s'han de mesurar en una potenciometria i representar gràficament les variables i les respostes d'un sistema àcid-base, mitjançant un full de càlcul. Analitzar i tractar correctament els resultats obtinguts.
- Realitzar o executar el muntatge experimental d'una valoració potenciomètrica i aplicar-lo en una determinació àcid-base.
- Aplicar el millor mètode de càlcul gràfic i numèric per al càlcul de la concentració de l'àcid.
- Calcular i expressar correctament la concentració total de l'àcid en una beguda de cola.

¹⁸ <http://hdl.handle.net/2117/341se>

- Extrapolar l'aplicació de la potenciometria per a la determinació del contingut àcid o bàsic d'una beguda o compost de la vida quotidiana o amb interès mediambiental.

Els objectius i els resultats d'aprenentatge esperats per a aquesta activitat sobre la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució d'un problema en l'àmbit de la química analítica» es corresponen al nivell competencial 2, i queden explicats en la fitxa de la matèria.

Metodologia de l'activitat

La metodologia que se segueix és la general de l'assignatura, detallada en la fitxa prèvia. Amb l'objectiu de situar l'experiment en el món real, es planteja el problema com un encàrrec d'anàlisi de control de qualitat al laboratori d'una empresa productora de begudes de cola. Així, es fixa l'objectiu general de determinar la quantitat d'àcid inorgànic present en les begudes, per comprovar si aquest valor és el que s'espera. Se li demana a l'alumnat que porti begudes de cola, de marques comercials variades. Per centrar el problema, es planifiquen unes activitats de prelaboratori (consistents en qüestions orals i escrites i en el lliurament d'un informe) relatives a l'experiment, amb l'ús d'un programa de càlcul d'equilibri àcid-base i un simulador interactiu en tres dimensions per tal que l'estudiantat sigui conscient dels conceptes químics associats a l'experiment i al disseny de variables del procediment experimental.

Durant el laboratori, es preveu la realització de dues sessions presencials de quatre hores cadascuna amb els objectius següents:

- 1 sessió: comprovar si el disseny experimental previst és l'adequat.
- 2 sessió: executar l'experiment.

En la mesura que per a la resolució d'aquest problema es preveuen tots els components de la competència específica de laboratori i es preveu que la faci el grup expert, com a tasca de postlaboratori ha de lliurar un miniprojecte en què, a més de presentar les dades recollides (tenint en compte les dels altres grups), tractades i interpretades per escrit, s'ha de desenvolupar alguna altra aplicació de la potenciometria com a mètode de control de qualitat d'un producte i/o substància d'interès en el medi ambient o en la vida quotidiana. Cada grup té assignat un professor tutor, que farà un seguiment, guiat, del procés. Abans de la versió final, es preveu un seguiment i el lliurament d'una o dues versions prèvies amb les corresponents retroalimentacions del professor tutor, amb l'objectiu de donar opció a la millora del treball de l'estudiantat. Per afavorir el treball en equip durant tot el procés, l'alumnat disposa d'instruments (campus virtual), com ara plantilles d'actes de reunió, qüestionaris de funcionament de grup, a més d'una sessió presencial inicial d'orientacions i consells relatius al treball en equip (ingredients del treball cooperatiu, assignació de rols, etc.). També se li proporcionen guies (documents de la biblioteca de la universitat) sobre com s'ha d'elaborar un treball acadèmic i un pòster en format científic.

Finalment, hi ha una sessió presencial per a la presentació i la discussió del pòster davant la resta de grups i professorat i per a l'avaluació i la coavaluació dels pòsters. Es fa en una sessió única i pública, organitzada de manera similar que en els congressos científics: tots el grups han de portar un breu resum del contingut del pòster per lliurar a la resta de grups i al professorat, cada membre del grup ha d'estar-se un temps fixat davant del pòster defensant-lo, mentre els companys i companyes es passegen preguntant els dubtes que tenen als altres grups, amb l'objectiu de comprendre els continguts de tots els pòsters presentats. Durant aquest temps, el professorat també planteja qüestions valorant els diferents aspectes dels pòsters.

Es preveu una dedicació de l'estudiantat de sis hores de treball autònom de prelaboratori per a la simulació i els càlculs d'equilibri i de treball autònom/dirigit de postlaboratori per treure conclusions de l'experiment i per a l'elaboració, el seguiment i la presentació del miniprojecte.

Avaluació: Estratègies, instruments, criteris i qualificació

En la taula que es presenta a continuació, centrada en la competència específica dels laboratoris, es fa una relació entre les estratègies, els instruments i els criteris utilitzats per a l'avaluació de les evidències recollides en els diferents moments de l'activitat desenvolupada.

Moment	Elements/ parts de l'activitat	Evidències	Estratègia	Instruments d'avaluació ¹⁹	Criteris d'avaluació ²⁰ (nivell 2)
Pre	Treball previ de disseny i planificació de l'experiment	Qüestionari	■ Avaluació del professorat	Qüestionari d'avaluació de les respostes de l'alumnat	Adquisició correcta de les dades
		Qüestions orals	■ Avaluació del professorat	Qüestionari d'avaluació de les qüestions orals respostes per l'alumnat	Disseny adequat de l'experiment Utilització i aplicació adient dels instruments
		Informe de prelaboratori	■ Avaluació del professorat. Autoavaluació	Rúbrica d'avaluació i d'autoavaluació de l'informe	Tractament i interpretació correcta de les dades experimentals
Durant	Execució de l'experiment	Llibreta de laboratori	■ Avaluació del professorat	Correcció de la llibreta	Ajust adequat de les dades experimentals
		Informe de resultats i càlculs	■ Avaluació del professorat. Autoavaluació	Rúbrica d'avaluació i autoavaluació dels resultats i dels càlculs	Presa de decisions coherent amb les conclusions tretes
		Enregistrament de l'actuació de l'estudiantat	■ Avaluació del professorat	Rúbrica d'observació de l'actuació	
Post	Elaboració del projecte	Projecte	■ Avaluació del professorat	Rúbrica d'avaluació	
	Presentació del pòster	Pòster	■ Avaluació del professorat ■ Coavaluació	Rúbrica d'avaluació i de coavaluació	

¹⁹ Els instruments d'avaluació introdueixen ítems vinculats als continguts i els components de la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució de problemes».

²⁰ Per a l'elaboració d'aquests criteris d'avaluació, seria convenient utilitzar les rúbriques aportades per aquesta mateixa guia sobre els diferents nivells competencials (vegeu l'apartat 3.3.5).

A l'inici de la sessió del laboratori, el professorat comprova oralment i de forma individual alguna de les respostes a les qüestions prèvies i revisa l'informe de prelaboratori, d'acord amb els criteris establerts en la rúbrica corresponent per al desenvolupament de la competència específica.

La valoració del treball durant l'experimentació en el laboratori es fa mitjançant la llibreta de laboratori i l'enregistrament de l'actuació de l'estudiantat, tant de l'adquisició, l'enregistrament i l'expressió adequats de dades experimentals com de l'execució de l'experiment. Al final de l'experiment cada parella ha de lliurar l'informe amb els càlculs (elaborats al mateix laboratori amb ordinador i Excel), els gràfics i els resultats obtinguts que el professorat retornarà a la propera sessió corregits, amb la retroalimentació corresponent. Mentre l'estudiantat rep una valoració del seu treball, se li dona l'opció, si escau, d'esmenar l'informe i tornar-lo a lliurar tantes vegades com ho necessiti abans de finalitzar les sessions experimentals. Aquesta avaluació té una finalitat formativa, ja que tota la informació serveix a l'alumnat per veure el grau d'assoliment de la competència específica de laboratori en el seu nivell competencial i li serveix també per a la realització d'una prova pràctica final.

Per a l'avaluació de postlaboratori, s'utilitza l'elaboració d'un miniprojecte i la presentació d'un pòster. Al final de la sessió de presentació del pòster, cada grup avalua la resta de grups en funció dels criteris donats pel professorat mitjançant una rúbrica. Finalment, i per potenciar la discussió i treure'n conclusions generals, dins l'aula el professorat planteja qüestions de forma oral i en públic, tant de manera individual com grupal, sobre el treball de cadascú i el de la resta de companys i companyes. De manera no presencial (a través del campus virtual) es passa a l'estudiantat un qüestionari perquè reflexioni tant sobre la seva participació en el grup com la dels companys i companyes.

La qualificació d'aquesta activitat representa un 35% de la nota final de l'assignatura, ja que inclou, a més de l'activitat de prelaboratori i la de laboratori (5%), l'elaboració i la presentació del miniprojecte en format escrit i pòster (15% + 15%).

Desenvolupament de l'experiment: Control de qualitat d'una beguda de cola

a. Escenificació

Suposeu que sou encarregats del laboratori de control de qualitat en una línia de producció de begudes de cola i la concentració d'àcid inorgànic present ha de ser dins d'un rang concret. Decidiu, després d'analitzar una sèrie de mostres, si la línia de producció està funcionant correctament i si signaríeu les anàlisis que s'han dut a terme.

b. Treball de prelaboratori

Responen les qüestions següents, després de llegir el treball al laboratori i abans de fer l'experiment:

a) *Esbrineu, mitjançant una cerca a Internet:*

Quin tipus d'àcid inorgànic conté una beguda de cola? En quina concentració aproximada s'acostuma a trobar?

b) *Amb el programa de càlcul d'equilibris químics VCHEM:*

Realitzeu el diagrama logarítmic del sistema àcid-base corresponent. Indiqueu les zones de predomini de les diferents espècies del sistema.

c) *Deduiu, mitjançant aquest diagrama, el pH inicial aproximat d'una dissolució de l'àcid corresponent.*

d) *Dissenyeu el procediment experimental que s'haurà d'efectuar al laboratori i detalleu el material i els reactius necessaris. Per fer-ho, utilitzeu el programa virtual interactiu, VLAB 3D, que permet simular l'experiment dins un laboratori virtual en les condicions de treball.*

e) *Dibuixeu la forma teòrica de la corba de valoració de l'àcid esmentat.*

f) *Identifiqueu els mètodes gràfics de càlcul que normalment s'utilitzen per a la determinació de la concentració d'un àcid polipròtic mitjançant corbes de valoracions.*

g) *Expliqueu raonadament el fonament químic d'una potenciomètria i les reaccions àcid-base implicades.*

L'informe següent permet relacionar el desenvolupament de l'experiment amb els diferents components i elements de la competència específica «Aplicació del mètode científic per a la resolució de problemes en l'àmbit de la química analítica».

Informe de prelaboratori. (Aquest informe pot ser útil tant per a l'autoavaluació de l'estudiantat com per a l'avaluació que ha de fer el professorat en el prelaboratori. Aquesta avaluació és bàsicament formativa.)

Mesurar/adquirir	Apartat de l'experiment
<p>Quin àcid inorgànic i en quina concentració acostuma a ser present en una beguda de cola?</p>	<p>Àcid fosfòric, aproximadament 0,01 g per 100 mL de beguda ($1 \cdot 10^{-3}$ M).</p>
<p>Quin és el valor de pH inicial, utilitzant el diagrama logarítmic? Quin és el valor aproximat del pH final de la valoració?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Valors entre 1 i 2. ■ Aproximadament pH 10, perquè el segon salt ja és suficient.
<p>Quina és la precisió amb la qual s'han de mesurar les diferents magnituds de l'experiment?</p>	<p>El valorant s'ha de mesurar amb la bureta, amb una precisió aproximadament de 0,1 mL i el volum de beguda, amb pipeta. El pH amb 1 decimal és suficient (material utilitzat durant els apartats 1 i 2 del procediment experimental).</p>
<p>S'ha de fer alguna prova de control o en blanc? Quins són els patrons de referència d'aquestes mesures?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ No cal fer cap prova de control en blanc, però s'ha de calibrar el pH-metre. ■ Patrons per calibrar el pH-metre: 4 i 7.

Experimentar

Quina hipòtesi es planteja?	És un àcid tripròtic: en concret, el fosfòric.
Quin nombre de salts podem observar a la corba de valoració teòrica?	Teòricament tres, perquè l'àcid pot intercanviar tres protons.
Quin valorant és adient utilitzar? I de quina concentració aproximada?	Base forta: NaOH 0,02 M d'acord amb la concentració aproximada d'àcid a la cola.
Quines són les variables de control i quines seran les variables de resposta del sistema que s'estudia?	<ul style="list-style-type: none">■ Variables de control: increment de volum de valorant addicionat i criteri d'estabilitat de mesura. La variable de resposta: pH de la solució resultant.
Quines variables del sistema han d'estar explícitament fixades per tal de simplificar l'estudi?	<ul style="list-style-type: none">■ Fixades: temperatura; volum de dissolució de beguda; tipus i concentració de valorant.
Decisions: rang de variació de les variables de control. Per què?	<ul style="list-style-type: none">■ Volum addicionat cada cop; $\Delta V = \text{cte} = 0,5 \text{ mL}$, per observar bé els canvis de pH i criteris d'estabilitat de mesura de pH sempre constant, p. ex. cinc segons.
Nombre de mesures? Per què?	<ul style="list-style-type: none">■ Mesures suficients per poder dibuixar tots els salts de la corba, fins al plató constant passat l'últim punt final (cal fer la corba al mateix temps que la potenciometria).
Quins són els mètodes per al càlcul gràfic de la concentració d'àcid?	El de la primera i la segona derivades.

Modelitzar

Quin model s'ha d'utilitzar per correlacionar els valors de les variables de control i les respostes del sistema?	El de la representació de la corba de valoració de l'àcid fosfòric: el model calcula el pH en funció del volum de valorant addicionat, utilitzant les concentracions d'àcid-base així com els valors dels pKa.
Quin és el rang de validesa del model?	<ul style="list-style-type: none">■ Vàlid per a qualsevol àcid feble polipròtic modificant els corresponents valors de les variables del sistema àcid-base (pKa, C).
Es pot fer servir el model per extrapolar o només per interpolar?	<ul style="list-style-type: none">■ Només per interpolar.

c. Treball al laboratori

Introducció

Les begudes carbonatades tenen un alt grau d'acidesa perquè contenen àcid.

En aquest experiment es determinarà la concentració d'àcid inorgànic en una beguda de cola carbonatada, mitjançant una valoració àcid-base, i se seguirà la reacció mitjançant una potenciometria utilitzant un elèctrode combinat. A partir dels resultats obtinguts es determinarà la concentració d'àcid inorgànic total present a la beguda.

Seguretat i medi ambient

Consulteu els fulls de seguretat dels reactius i les dissolucions que s'utilitzin i obreu en conseqüència.

El risc zero no existeix. Preneu les precaucions habituals al laboratori i tingueu especial cura amb les connexions elèctriques i les dissolucions àcides o calentes amb les quals trebal·leu.

Sigueu estrictes amb la manipulació de les dissolucions i les mostres. Minimitzeu el volum de residus generats i així reduireu el cost econòmic i mediambiental de l'experiment.

Tots els residus generats han de ser abocats al dipòsit corresponent del laboratori, mai a la pica.

Procediment experimental

1. Preparació de la mostra

Mesureu 100 mL de la mostra de cola, i escalfeu-la fins a l'ebullició durant 20 minuts.

Deixeu-la refredar i prepareu 100 mL de dissolució amb aigua.

2. Valoració potenciomètrica de la mostra

Feu el muntatge de l'experiment segons s'ha dissenyat prèviament (o segons us han indicat).

Per fer la valoració, n'hi ha prou amb 25 mL de dissolució problema, que aboqueu en un vas de precipitats. Introduïu l'elèctrode combinat, que prèviament s'ha rentat i assecat, en el vas que conté la mostra.

Connecteu l'agitació magnètica i espereu un minut, mesureu i anoteu el pH de la dissolució abans d'iniciar l'addició de la dissolució del valorant. Seguidament inicieu la valoració, sempre amb agitació magnètica, addicionant amb cura volums de 0.5 mL de dissolució valorant, i fixeu un criteri de mesura constant durant tota la valoració.

Per a la determinació del pH utilitzeu un pH-metre amb un elèctrode combinat que prèviament heu de calibrar amb dues dissolucions esmorteïdores de $\text{pH} = 4$ i $\text{pH} = 7$. L'elèctrode inicialment es troba en una dissolució de HCl, l'heu de mantenir sempre en dissolució i heu d'evitar que s'assequi.

3. Obtenció de les corbes de valoració i determinació del punt final

Realitzeu la valoració mesurant el pH després de cada addició de petites quantitats de valorant i al mateix temps construïu la corba de valoració $\text{pH} = f(V_T)$. Decidiu el moment final de la valoració per tal de poder identificar els diferents salts.

La determinació dels volums d'equivalència, en una valoració potenciomètrica, pot fer-se per diversos mètodes, escolliu el més adequat.

Haureu de recollir el procediment experimental detallat a la llibreta de laboratori.

Resultats i càlculs per a la determinació

Contesteu les qüestions següents (durant la sessió presencial) i lliureu l'informe al professorat en finalitzar l'experiment:

1. Construïu les taules corresponents a les variables mesurades i necessàries per a la determinació (mitjançant el full de càlcul Excel).
2. Representeu la corba de valoració i les gràfiques necessàries per a la determinació dels volums d'equivalència (mitjançant el full de càlcul Excel).
3. Calculeu la concentració total d'àcid inorgànic present en la vostra mostra.

d. Treball de postlaboratori

Discussió de resultats

1. Observeu la corba de valoració obtinguda i interpreteu els salts observats o canvis bruscos de pH i discuteu-ne la coherència, segons els valors dels pKa de l'àcid.
2. Coincideix el valor de pH inicial mesurat amb l'esperat? Raoneu el valor obtingut i relacioneu-lo amb les espècies del sistema àcid-base (utilitzeu el diagrama logarímic del sistema àcid-base).
3. Justifiqueu la idoneïtat del nombre de mesures realitzades i l'elecció del moment d'acabar la valoració. Hi ha prou dades experimentals? L'ajust de les dades experimentals amb la corba és l'adequat?
4. Raoneu quin dels mètodes gràfics utilitzats per calcular els diferents volums d'equivalència ofereix més garanties d'èxit o considereu el que s'ajusta més a les dades experimentals.
5. Compareu el resultat obtingut del càlcul de la concentració total d'àcid a la beguda amb els que heu trobat a la bibliografia i els resultats dels companys.

Conclusions

- Depèn la concentració de l'àcid determinat de la mostra de beguda de cola? (Tingueu en compte els resultats dels vostres companys.)
- Decidiu si els resultats obtinguts amb les diferents mostres de beguda (tenint en compte els resultats dels companys) són correctes i, per tant, si assumiríeu signar l'anàlisi de control de qualitat amb aquests resultats.

Presentació del miniprojecte

Per al grup expert:

Busqueu una altra possible aplicació de la potenciometria, com a mètode de control de qualitat d'alguna mostra d'interès en el medi ambient o en la vida quotidiana, i elaboreu un miniprojecte (memòria escrita i presentació pòster). Per demostrar l'interès del compost escollit, partiu d'alguna notícia publicada sobre algun problema que hi estigui relacionat.

Informe de laboratori i postlaboratori. (Útil tant per al professorat quan planifica o dissenya l'activitat al laboratori com per a l'avaluació, amb la rúbrica del nivell competencial, i per a l'estudiantat com a autoavaluació.)

Mesurar/adquirir	Apartat de l'experiment	
Adquirir dades experimentals	Procediment experimental 2. Valors de V (mL) i pH	Lab.
Enregistrar dades i resultats i condicions experimentals	Resultats i càlculs: taules amb dades experimentals	Lab.
Expressar correctament dades i resultats	V: mL i resultat concentració: mol L ⁻¹	Lab.
	Resultats i càlculs: 3	Post.
Utilitzar les eines de mesura necessàries per a la realització dels experiments	Material i instrumentació utilitzats adequadament (procediment experimental 2)	Lab.
Calibrar els instruments de mesura	pH-metre (procediment experimental 2)	Lab.
Experimentar		
Plantejar hipòtesis i comprovar	Hipòtesis: fosfòric i comprovar-ho després en el laboratori amb la corba experimental	Pre. Lab.
Aplicar de forma adient tècniques instrumentals establertes	Procediment experimental 2: tècnica de potenciometria	Lab.
Dissenyar i executar l'experiment	Dissenyar i executar l'experiment en el laboratori. En el diari de laboratori s'ha de redactar un protocol o guió del procediment experimental	Pre. Lab.
Tractar i interpretar correctament les dades experimentals	Resultats i càlculs: 2 i 3	Lab.
	Discussió de resultats: 2 i 4	Post.
Representar i interpretar gràfics correctament	Resultats i càlculs: 2 i 3.	Lab.
	Discussió de resultats: 1 i 4	Post.
Analitzar els resultats obtinguts	Discussió de resultats: apartats 2 i 5; primera conclusió	Post.

Modelitzar

Escollir un model matemàtic que descrigui els resultats obtinguts	La corba de valoració àcid-base és el model que ha de permetre determinar el pH en funció del volum de valorant	Lab.
	Discussió 3. Descriure l'ajust en funció de les dades experimentals	Post.
Calcular els paràmetres del model i ajustar-los a les dades experimentals	Els paràmetres del sistema són els valors de pKa i concentració inicial de fosfòric, que es podran calcular a partir de la corba de valoració (resultats i càlculs: 2 i 3)	Post.

Projectar/predir

Utilitzar el model per fer càlculs	Resultats i càlculs: 3	Lab.
	Discussió de resultats: 1, 3 i 4	Post.
Argumentar els resultats i treure'n conclusions	Discussió de resultats: 5. Conclusions: 1	Post.

Decidir

Prendre decisions en funció de les conclusions	Conclusions	Post.
Comunicar i defensar les decisions	Miniprojecte: presentació de memòria escrita i en format pòster als altres grups	Post.

4.2.3. Exemple 3. Experiment: Separació, purificació i caracterització de l'acetat de *n*-butil

Fitxa de disseny d'activitat de l'experiment: Separació, purificació i caracterització de l'acetat de *n*-butil

Dades generals de l'activitat

Matèria/assignatura: Experimentació en química orgànica

Nivell competencial: 2-3

Components de la competència: tots menys modelitzar

Núm. d'activitat: 17.2

Nom de l'activitat: Separació, purificació i caracterització de l'acetat de *n*-butil

Temps de dedicació de l'estudiant a l'activitat:

Prelaboratori: 3 hores

Durant el laboratori: 3 hores

Postlaboratori: 4 hores

Desenvolupament de l'activitat

Continguts que es treballen a l'activitat

Experiment 17.2: Separació, purificació i caracterització de l'acetat de *n*-butil

- Obtenció i tractament de la informació.
- Reconeixement de les tècniques més apropiades per separar i purificar un compost líquid.
- Descripció del fonament teòric de la separació per decantació i destil·lació.
- Planificació i execució adequades de les tècniques de separació per decantació i destil·lació.
- Planificació d'un experiment paral·lel amb noves condicions experimentals i, si escau, d'un nou producte per separar.
- Càlcul del rendiment del producte pur obtingut.
- Estudi de les necessitats d'ús de l'acetat de *n*-butil i proposar alternatives en funció dels problemes relacionats amb l'ús i la seva obtenció.
- Treball responsable: manipulació amb seguretat i higiene de materials, reactius i residus químics; elaboració de la llibreta de laboratori.

Objectius i resultats d'aprenentatge

Objectius i resultats d'aprenentatge propis de l'activitat:

1. Descriure el fonament de la tècnica de separació líquid-líquid per decantació i destil·lació.
2. Identificar la tècnica de separació que permet separar un compost donat partint de la diferència de les propietats físiques dels components que formen la mescla.
3. Dissenyar un procés alternatiu que suposi una millora respecte del que s'ha experimentat, especificant les condicions i el procediment experimental, seleccionant els solvents i els equips necessaris.
4. Preparar els muntatges i executar-ne la separació amb un embut de decantació, i la purificació, utilitzant solvents adequats i fent una correcta manipulació de l'instrumental.
5. Calcular el rendiment i analitzar-ne els resultats obtinguts.
6. Argumentar l'eficàcia del procés experimentat partint del rendiment i la puresa, i la probable eficiència del procés alternatiu que es proposa basant-se en la sostenibilitat.
7. Decidir si es posaria en marxa el procés experimentat o bé si s'assajaria abans amb el que s'ha proposat com a alternativa.

Els objectius i els resultats d'aprenentatge esperats per a aquesta activitat sobre la competència específica «Aplicar el mètode científic per a la resolució d'un problema en l'àmbit de la química orgànica» es recullen en la fitxa de l'assignatura i es relacionen amb el nivell competencial 2 i 3.

Metodologia de l'activitat

- L'activitat té tres parts diferenciades. A l'inici, l'estudiantat ha d'obtenir la informació necessària (prelaboratori) per tal d'executar adequadament el procediment que s'escaigui en l'activitat (experimentació, part de laboratori) i finalment ha de fer el tractament dels resultats o de les dades obtingudes (postlaboratori), argumentar la informació que generen, treure'n conclusions i prendre decisions finals, la qual cosa es recull com un informe o bé en forma de pòster.
 - Els experiments es fan en grups de dos.
 - S'afavoreix el treball cooperatiu en totes les etapes, però de manera especial a l'hora de fer les valoracions finals, en què cal que l'alumnat analitzi els resultats de tots els grups.
-

Avaluació: Estratègies, instruments, criteris i qualificació

En la taula que es presenta a continuació, centrada en la competència específica dels laboratoris, es fa una relació entre les estratègies, els instruments i els criteris utilitzats per a l'avaluació de les evidències recollides en els diferents moments de l'activitat desenvolupada.

Moment	Elements/ parts de l'activitat	Evidències	Estratègia	Instruments d'avaluació	Criteris d'avaluació (nivell 2)
Pre	Treball previ de preparació	Qüestionari	■ Avaluació del professorat	Qüestionari d'avaluació de les respostes de l'estudiantat	NIVELL 2 Adquisició correcta de les dades i els coneixements
		Un/Una estudiant/a explicarà el procediment experimental	■ Coavaluació, avaluació del professorat	Rúbrica d'avaluació d'explicació de procediments experimentals	NIVELL 2 Utilització i aplicació adients dels instruments
		Informe de prelaboratori	■ Avaluació del professorat	Rúbrica d'avaluació de l'informe de prelaboratori	NIVELL 2 Tractament i interpretació correctes de les dades experimentals
Durant	Execució de l'experiment	Llibreta de laboratori	■ Avaluació del professorat	Rúbrica d'observació de la llibreta	NIVELL 3 Anàlisi de la sostenibilitat del procés i, si escau, disseny d'un procés alternatiu més sostenible
		Informe de resultats i càlculs	■ Avaluació del professorat	Rúbrica d'avaluació de l'informe del laboratori	NIVELL 2 Prendre decisions coherents amb les conclusions tretes
		La persona docent observa l'actuació de l'estudiantat	■ Avaluació del professorat	Rúbrica d'observació de l'actuació	
Post	Elaboració de la memòria o del pòster	Memòria	■ Avaluació del professorat	Rúbrica d'avaluació de la memòria	
		Pòster	■ Coavaluació ■ Avaluació del professorat	Rúbrica d'avaluació del pòster	

L'avaluació d'aquesta activitat es caracteritza per la seva finalitat formativa, ja que proporciona un *feedback* constant a l'estudiantat. El resultat del treball de l'alumnat, retroalimentat per la persona docent i els companys (mitjançant la coavaluació) queda recollit en el dossier d'aprenentatge utilitzat al llarg de l'assignatura.

La qualificació d'aquesta activitat és del 12% del total de l'assignatura.

Desenvolupament de l'experiment: Separació, purificació i caracterització de l'acetat de butil

a. Escenificació

Suposeu que voleu posar en marxa el procés d'obtenció de l'acetat de butil, el qual és rendible si el rendiment està comprès entre el 70% i el 80%. Després d'experimentar el procediment indicat, haureu d'analitzar els resultats que han obtingut els altres grups, a més del vostre, i decidir si tiràrieu endavant la posada en marxa del procés d'obtenció de l'acetat de butil tal com està dissenyat o bé si introduiríeu petites modificacions en alguna part del procés.

b. Treball de prelaboratori

Realitzeu les accions següents:

1. Llegiu-vos les fitxes tècniques dels compostos orgànics que formen la mescla: àcid acètic, butanol, acetat de butil i aigua.
2. Anoteu-ne les propietats físiques, relatives als compostos que s'indiquen en les taules N.1 i N.2. Mostreu els càlculs.
3. Vegeu les pel·lícules que teniu al campús digital: *Refinament del sucre i Destil·lació del whisky*.
4. Expliqueu el fonament de la tècnica de separació per decantació i destil·lació.
5. En la destil·lació del whisky interessa obtenir un component pur? Justifiqueu-ne la resposta.
6. Digueu si és possible separar l'etanol dissolt en aigua per un dels procediments que s'indiquen a continuació i justifiqueu-ne la resposta:
 - Mitjançant la separació per decantació.
 - Per destil·lació de l'etanol.
7. Feu l'esquema del procediment de separació, de manera que s'observin fàcilment els dissolvents que s'utilitzen i el component o components que se separen en cadascun dels passos.

Taula N.1. Dades relatives als compostos

Reactius _ catalitzador	P. ebullició	Densitat	Massa molar	Puresa

Taula N.2. Dades relatives als compostos

Reactius _ catalitzador	ml	mols

Informe de prelaboratori. (Aquest informe pot ser útil tant per a l'autoavaluació de l'estudiantat com per a l'avaluació que ha de fer el professorat en el prelaboratori. Aquesta avaluació és bàsicament formativa.)

Mesurar/adquirir	Apartat de l'experiment
<p>A part de les mesures generals que s'han de tenir en compte en la manipulació de productes químics, creieu que heu de tenir especial cura en aquest experiment? Raoneu-ne la resposta.</p>	<p>Haureu de llegir les fitxes de seguretat dels compostos implicats en el procés i comprovar si s'ha de tenir especial cura en la manipulació d'algun dels productes que utilitzareu: toxicitat, inflamabilitat o altres aspectes que calgui tenir en compte.</p>
<p>Calculeu els grams d'acetat de butil que es poden obtenir tenint en compte el reactiu limitant i l'estequiometria de la reacció. Mostreu-ne els càlculs.</p>	<p>Haureu de documentar-vos, amb manuals o altres llibres, per saber les principals propietats físiques dels compostos implicats en el procés i fer els càlculs pertinents. Heu de completar les taules 1 i 2.</p> <p>Cal tenir en compte la puresa i la massa molar dels reactius i calcular, per factors de conversió, els grams de producte que es podran obtenir com a màxim.</p>
<p>Digueu quins components constituïran la mescla resultant de la reacció.</p> <p>Atenent les propietats físiques dels components de la mescla, digueu en quin estat es trobaran a temperatura ambient: tindrem una solució homogènia o bé heterogènia, o potser alguns dels components es trobaran en estat sòlid?</p>	<ul style="list-style-type: none">■ A partir del rendiment que heu calculat, podeu comprovar els reactius, o bé subproductes, que constituïran la mescla resultant.■ Haureu de comprovar l'estat en què es trobaran els components de la mescla, partint de les seves propietats físiques en condicions ambientals de treball.
<p>Estudieu el fonament de la tècnica de separació per decantació L-L, i de destil·lació.</p>	<p>Vegeu els vídeos del campus virtual, en els quals s'expliquen algunes tècniques de separació.</p>
<p>Creieu que es podria separar l'acetat de butil de la resta de components per destil·lació simple?</p>	<p>Cal tenir en compte la diferència de punts d'ebullició dels diferents components que formen la mescla.</p>

Experimentar

La reacció d'obtenció de l'acetat de butil és espontània o bé es tracta d'un equilibri?

En la reacció que es mostra en el guió, podeu veure que es tracta d'un equilibri. A més, haureu de relacionar els coneixements teòrics adquirits en l'estudi de les reaccions d'esterificació.

Expliqueu com es pot afavorir la reacció.

- Apliqueu catàlisi àcida, l'addició de pocs ml d'àcid sulfúric té aquesta funció, o bé afegiu-hi algun dels reactius en excés, ja que repercuteixen en un augment de la velocitat de reacció.

Es pot evitar la reacció inversa?

- També la podeu afavorir eliminant l'aigua que es forma com a subproducte.

Mostreu de forma esquemàtica el procediment indicat en el guió de l'experiment i els resultats previsibles.

Tenint en compte la solubilitat dels components que constitueixen la mescla que s'obté, en la síntesi de l'acetat de butil podreu reconèixer quins components se separen en cadascun dels passos indicats en el procés de separació per decantació L-L.

c. Treball al laboratori

Introducció. Separació de compostos orgànics líquids

La separació dels components que formen una mescla de compostos es basa en la diferència de propietats fisicoquímiques: solubilitat, acidesa, basicitat, caràcter electromagnètic, diferència considerable de punts d'ebullició o bé fusió.

Una condició necessària per tenir èxit en una separació és que els components siguin de tal naturalesa que tinguin una àmplia diferència de polaritat o que aquesta es pugui induir entre els membres. Sovint s'utilitzen solvents que dissolen alguns dels components, de manera que constitueixen fases diferents (fase orgànica, fase aquosa), separables per decantació.

Purificació

La destil·lació purifica i caracteritza l'acetat de *n*-butil, i recull el producte a la seva temperatura d'ebullició.

Seguretat i medi ambient

Consulteu els fulls de seguretat dels reactius i les dissolucions que s'utilitzin i obreu en conseqüència.

En la separació per decantació, els residus generats són solucions aquoses, per la qual cosa no comporta cap risc tirar-les a la pica. El producte obtingut en aquest procés, que després haureu de purificar i caracteritzar, l'heu de lliurar al professorat, perquè són productes que s'utilitzaran en altres procediments.

Procediment experimental

1. Separació de l'acetat de butil per decantació L-L

Passeu la solució obtinguda en l'experiment anterior en un embut de decantació de 500 mL i remeneu suaument. Destapeu l'embut i deixeu-la en repòs fins que s'observin dues capes totalment separades, moment en què ja podreu decantar la capa inferior. És aconsellable que pareu la decantació de tant en tant, agiteu l'embut i deixeu temps fins que obtingueu una altra vegada dues capes separades.

Renteu l'acetat de butil (capa superior) amb 100 mL d'aigua desmineralitzada i torneu a decantar la capa inferior.

Afegiu-hi 25 mL de solució saturada de NaHCO_3 , per tal d'afavorir una òptima separació de l'acetat de butil i torneu a decantar la capa aquosa.

Finalment, renteu-ho amb 50 mL d'aigua i quedeu-vos la capa superior.²¹

Passeu l'acetat de butil a un Erlenmeyer de 100 mL i tracteu-lo amb uns 6 g d'un agent assecant. Agiteu-lo fins que aconseguiu una solució clara (aproximadament uns 10 min) i a continuació, si els grumolls són grossos, decanteu el líquid en un matràs de fons rodó de 100 mL. Si aquest procediment no és possible, filtreu-ho amb un embut cònic de vidre.

2. Purificació i caracterització de l'acetat de butil

Tireu uns trossos de porcellana al matràs de destil·lació i prepareu l'equip de destil·lació. Escalfeu el matràs. Abans de començar la destil·lació, poseu a punt tres recipients nets, eixuts i tarats. En el primer i tercer recipients, recolliu-hi el producte que destil·la respectivament, per sota i per sobre del punt d'ebullició de l'acetat de butil, mentre que el segon feu-ho servir per recollir el producte que destil·la en l'interval de temperatures més aproximat a la temperatura d'ebullició teòrica ($124 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$). Torneu a pesar els tres recipients i lliureu el producte pur (2) a la persona docent.

Resultats i càlculs

Contesteu les qüestions següents (plantejades durant la sessió presencial) i lliureu-les al professorat en finalitzar l'experiment:

1. Anoteu les quantitats exactes de reactius que heu introduït al matràs i el temps que heu deixat a reflux la solució inicial.
2. Digueu si heu fet alguna observació interessant en la separació de l'acetat de butil per decantació.
3. Mostreu en una taula els intervals de temperatures, i la quantitat, en què heu recollit cadascuna de les fraccions destil·lades.
4. Calculeu el rendiment a partir del producte de més puresa que heu obtingut.

²³ El material que s'utilitzi a partir d'aquesta última separació cal que estigui totalment net i eixut.

d. Treball de postlaboratori

Discussió de resultats

1. Quin propietat física us ha permès caracteritzar l'acetat de butil?
2. Comenteu la puresa del producte que heu obtingut.
3. Anoteu els resultats que han obtingut els altres grups pel que fa a la fracció d'acetat de butil de més puresa: intervals de temperatures en què ha destil·lat i la quantitat.
4. Justifiqueu la idoneïtat del procés de separació, purificació i caracterització, en funció del rendiment i de la qualitat del producte.

Conclusions

- Tenint en compte els resultats de tots els grups d'estudiants, decidiu si posaríeu en marxa el procés.
- Considereu que el procediment que heu experimentat és adequat o bé caldria modificar-ne algunes parts? Justifiqueu-ne la resposta.
- En cas que hàgiu proposat algunes modificacions, proposeu alguna alternativa raonada.
- Indiqueu els principals usos de l'acetat de butil. Considereu que l'ús de l'acetat de butil suposa assumir riscos? Raoneu-ne la resposta.
- En cas de ser desaconsellable l'ús d'aquest producte, proposeu-hi alternatives.

Informe de laboratori i postlaboratori. *(Útil tant per al professorat quan planifica o dissenya l'activitat en el laboratori com per a l'avaluació, amb la rúbrica del nivell, així com per a l'estudiantat com a autoavaluació.)*

Mesurar/adquirir	Apartat de l'experiment	
Adquirir dades experimentals	Resultats i càlculs: <ul style="list-style-type: none"> ■ Separació de l'acetat de butil per decantació L-L. ■ Obtenció del producte pur, per destil·lació: interval de les temperatures d'ebullició i quantitat de producte. ■ Càlcul del rendiment. 	Lab.
Enregistrar dades i resultats, i condicions experimentals	Consulta de les dades relatives als diferents tipus de dissolvents. En finalitzar la part experimental, cal lliurar els resultats: <ul style="list-style-type: none"> ■ Quantitat d'acetat de butil separat en la decantació. ■ Tipus, i quantitat, de dissolvents que s'han utilitzat. ■ Registrar en una taula les temperatures en què s'han recollit els destil·lats. La fracció pura és la que destilla a temperatures molt properes al punt d'ebullició teòric. 	Post. Lab.
Experimentar		
Aplicar de forma adient tècniques instrumentals establertes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Separació de l'acetat de butil, per decantació L-L. ■ Purificació i caracterització de l'acetat de butil per destil·lació. 	Lab.
Analitzar els resultats obtinguts	Discussió dels resultats: q1, q2, q3 i q4 <ul style="list-style-type: none"> ■ Reconèixer l'eficiència de la separació per decantació L-L experimentada. ■ Reconèixer l'eficiència de la destil·lació, distingint el producte de màxima puresa. 	Post.
Dissenyar i executar l'experiment	Executar l'experimentació de manera responsable: <p>Conclusions: segons l'eficàcia comprovada pel conjunt de tots els grups de treball, proposar un procés de separació alternatiu que suposi una millora dels resultats i, si és possible, el màxim de sostenible: mínima quantitat de solvents, amb la mínima toxicitat i risc ambiental.</p>	Lab. Post.
Representar i interpretar gràfics correctament	Mostrar l'esquema del procés alternatiu que l'estudiantat proposa, tenint en compte les propietats físiques dels components que constitueixen la mescla, i escollint solvents adients.	Post.
Projectar/predir		
Argumentar els resultats i treure'n conclusions	Exposar arguments vàlids que justifiquin l'eficàcia del procés de separació i de purificació de l'acetat de butil que l'alumnat ha experimentat, en funció del rendiment i la qualitat del producte. <p>Exposar arguments vàlids que justifiquin la presumpta eficàcia del procés de separació que es proposa com a alternatiu al que s'ha experimentat en la toxicitat, la perillositat i el cost dels reactius, productes o solvents.</p>	Post.

Decidir

Prendre decisions en funció de les conclusions	Conclusions. Posarien en marxa el procés experimentat o bé amb molta probabilitat seria més adequat el que han proposat?	Post.
Comunicar i defensar les decisions	Presentació d'una memòria escrita. De vegades se substitueix pel pòster.	Post.

4.2.4. Exemple 4. Experiment: Determinació de la tenacitat de fractura d'un material fràgil

Fitxa de disseny d'activitat de l'experiment: Determinació de la tenacitat de fractura d'un material fràgil

Dades generals de l'activitat

Matèria/assignatura: Mecànica de la fractura

Nivell competencial: 4

Components de la competència: tots

Núm. d'activitat: Única

Nom de l'activitat: Determinació de la tenacitat de fractura d'un material fràgil

Temps de dedicació de l'estudiant a l'activitat:

Prelaboratori: 10 hores

Durant el laboratori: 20 hores

Postlaboratori: 10 hores

Desenvolupament de l'activitat

Continguts que es treballen a l'activitat

- Planificació i programació.
- Recerca de bibliografia específica.
- Disseny d'experimentació.
- Recollida de dades.
- Interpretació i validació de resultats.
- Elaboració d'informe.

Paraules clau: mecànica de la fractura de materials. Tenacitat de fractura per a materials fràgils.

Objectius i resultats d'aprenentatge

Objectius i resultats d'aprenentatge propis de l'activitat:

1. Identificar, entre totes les propietats mecàniques que caracteritzen un material, quina o quines es requereix per determinar la tenacitat de fractura.
2. Establir relacions entre aquest paràmetre i la «bondat» del material.
3. Fer recerca bibliogràfica per identificar expressions analítiques útils i per disposar d'un recull de valors de tenacitat de fractura per a materials similars (acotar el rang de valors possibles).
4. Planificar, dissenyar i executar l'experiment. Definir l'estratègia d'utilització d'equipaments per evitar activitats innecessàries o que invalidin els resultats obtinguts fins aleshores.
5. Validar els resultats experimentals amb els que s'han obtingut en la recerca bibliogràfica.
6. Decidir si el valor numèric obtingut esdevé un paràmetre fiable i si el material és «bo».

Els objectius i els resultats d'aprenentatge esperats per a aquesta activitat es corresponen amb el nivell competencial 4 i queden explicats en la fitxa de la matèria.

Metodologia de l'activitat

Es planteja el problema com un encàrrec, per un fabricant de materials ceràmics. Per dur-lo a terme, es proporciona una llista de recull de material bibliogràfic (específic i genèric), amb llibres de text, títols de revistes i treballs previs. A partir d'aquí es demana una recerca d'informació sobre el material objecte

d'estudi. Cal definir un protocol d'actuació en el laboratori (seqüència correcta d'etapes de treball), que serà el disseny de l'experiment, i cal incorporar-hi unes tasques:

- Prelaboratori, desenvolupades individualment fora del laboratori.
- Les pròpies de laboratori (lab.): el seguiment es fa mitjançant un dossier d'aprenentatge en què queden recollides totes les dades obtingudes i/o utilitzades (recerca bibliogràfica, disseny d'experiment), les evidències (resultat de les etapes) i les apreciacions personals, així com les possibles alteracions de l'estratègia inicial i les correccions del professorat.
- Les de treball de postlaboratori. L'informe de postlaboratori es lliura per escrit i ha de contenir tota la informació obtinguda, el detall de les operacions i les conclusions assolides en cada etapa. La redacció de l'informe es fa individualment.

Cal considerar la previsió de temps d'utilització de màquines i el consum de fungible estimat al llarg de tot l'estudi. El treball previ es valida durant el treball de laboratori (laboratori), si la seqüència de processos i equipaments utilitzats són adients. Els resultats obtinguts es validen per comparació amb els que s'han recollit en la recerca bibliogràfica per a materials similars. Cal prendre la decisió sobre la bondat i/o idoneïtat del material (treball de postlaboratori) i determinar-ne les aplicacions més adequades.

Avaluació: Estratègies, instruments, criteris i qualificació

A l'inici de l'activitat, unes qüestions orals permeten avaluar el treball de prelaboratori (qüestionari indicat en el guió).

Durant el procés de laboratori, el professorat revisa la informació recollida en el dossier d'aprenentatge i fa algunes qüestions orals sobre els resultats obtinguts a les etapes de l'experiment.

L'informe lliurat al final permet avaluar el conjunt de coneixements, habilitats i aptituds de l'estudiantat, la seva autonomia i l'eficàcia de les estratègies considerades. La capacitat de decisió es valora amb les aportacions personals de l'estudiantat sobre els resultats obtinguts i les conclusions assolides.

Criteris d'avaluació de l'aprenentatge

- Recerca, selecció i utilització correcta del material bibliogràfic.
- Identificació de nou material de qualitat.
- Idoneïtat de la seqüència d'etapes de laboratori proposada.
- Selecció adequada dels continguts del dossier d'aprenentatge: descripcions, raonaments i reflexions.
- Qualitat de l'informe tècnic.

Criteris d'avaluació del nivell competencial

- **Mesurar/enregistrar:** adquisició i selecció correcta de les dades, resultats i condicions.
- **Experimentar:** planificar i dissenyar l'experiment, analitzar resultats i plantejar hipòtesis.
- **Modelitzar:** proposar models matemàtics, valorar els resultats i validar-los.
- **Projectar/predir:** amb els resultats fer prediccions, treure conclusions i proposar millores.
- **Decidir:** considerar la viabilitat tècnica i/o econòmica, tot assumint-ne els riscos, de l'experiment.

La valoració es fa al llarg de tot el procés de realització de l'experiment, de manera que els comentaris i les orientacions del professorat emesos durant la contínua revisió del dossier d'aprenentatge permetin a l'estudiantat rebre informació i retroacció sobre el nivell d'assoliment de les competències establertes.

En el laboratori, l'avaluació es fa mitjançant les observacions i els informes dels resultats experimentals, sempre considerant les rúbriques de nivell 4.

La qualificació d'aquesta activitat representa un 40% de la nota final de l'assignatura.

Desenvolupament de l'experiment: Determinació de la tenacitat de fractura d'un material fràgil

a. Escenificació

Una empresa productora de materials ceràmics ha dissenyat un nou material ceràmic estructural en el seu laboratori de R+D+i, i en necessita la caracterització. L'encàrrec que rebeu és el de determinar el paràmetre de tenacitat de fractura (K_{Ic}) d'aquest material, del qual només sabeu la composició química i a quina família de ceràmics tecnològics pertany. En funció del resultat que els proporcioneu, l'empresa decidirà si aquest material constitueix una millora en la seva gamma de productes o bé si, abans de desestimar-lo, fóra útil per a alguna altra utilitat.

b. Treball de prelaboratori

Informe de prelaboratori. L'estudiantat l'ha d'elaborar just després d'haver rebut l'encàrrec d'estudi i abans de fer l'experiment en el laboratori. *(Aquest informe és útil tant per a la pròpia autoavaluació de l'estudiantat com per a l'avaluació que hauria de fer el professorat. Aquesta avaluació és bàsicament formativa.)*

Respondre les qüestions següents relacionades amb els diferents components de la competència específica «Aplicació del mètode científic». *(A continuació es mostra el quadre que té el professorat per verificar la correcció de les respostes. Per a l'alumnat, el quadre estaria buit en la columna «Prelaboratori».)*

Mesurar/adquirir	Prelaboratori
Què és la tenacitat de fractura?	Es defineix com la resistència d'un material a la propagació inestable de fissures, en condicions de deformació plana i independentment del gruix del material observat.
Experimentar	
Com es determina la tenacitat de fractura per a un material fràgil?	Mitjançant una relació entre la dimensió de les fissures originades per una empremta Vickers, la càrrega aplicada per fer l'empremta i les dimensions de la mateixa empremta Vickers.
Quines variables del sistema han d'estar explícitament fixades per tal de simplificar l'estudi?	La càrrega aplicada amb l'indentador Vickers i la identificació del tipus de fissura que s'origina en el material, per escollir l'expressió matemàtica més adient. Identificar els valors de càrrega adients, per garantir que seran prou grans per induir la formació de fissures.

**Decisions en l'experimentació:
rang de variació de les variables de control i
nombre de mesures.**

Determinar el volum de material necessari, el nombre de provetes i la zona d'estudi adient. Amb 5 mesures, com a mínim, n'hi hauria prou, i es pot donar el valor mitjà, ja que cal garantir la representativitat dels resultats.

**Descriu la seqüència d'etapes del
procediment que s'ha de dur a terme al
laboratori (fase I)**

- Tall de la proveta i encast en baquelita.
- Desbast i poliment.
- Realització d'empremtes Vickers.
- Mesura de les empremtes Vickers i de les fissures originades als extrems d'aquestes.

**Descripció de l'etapa de processament de
les dades obtingudes en l'experimentació de
la fase I**

- Selecció de les expressions analítiques possibles.
- Utilització de les expressions analítiques adients.
- Validació dels resultats numèrics obtinguts, per comparació amb els proporcionats per la recerca bibliogràfica.

**Descripció de l'experimentació que cal
realitzar al laboratori com a comprovació
dels resultats analítics (fase II)**

- Comprovació de la bondat de les expressions.
 - Eliminació superficial del material.
 - Observació del material i identificació del tipus de fissures observades.
 - Selecció de l'expressió adient.
- Determinació de la bondat de la mesura (error).

Modelitzar

**Quin model matemàtic s'ha d'utilitzar per
correlacionar els valors de les variables de
control i les de resposta?**

Identificar les expressions que més s'adeqüen al problema (població de mesures i tractament estadístic adient). Establir un rang d'idoneïtat, en cas que pogués haver-n'hi més d'una.

Si els models no s'adeqüen, definiu-ne un.

Indicar quin o quins paràmetres de les expressions de la bibliografia no s'hi adequa i especificar una alternativa correcta, si escau.

Projectar/predir

Quin valor s'espera obtenir?

A partir dels valors reportats a la bibliografia i de les previsions que es podrien haver fet en funció de la composició química del material d'estudi, identificar un rang de possibles valors.

c. Treball al laboratori

Identificar el volum o la quantitat de material necessari per a l'estudi. Determinar la superfície adient per a la mesura en cada mostra (imprescindible en cas de material laminar o no homogeni) i preparar-les. Planificar una estratègia de treball (etapes i durada).

Informe de laboratori. Aquest informe és útil per al professorat, quan planifica o dissenya l'activitat en el laboratori, per garantir que es tenen en compte tots els components de la competència. També és útil per a l'estudiantat, ja que després d'haver fet l'experiment en el laboratori serà capaç d'identificar els components de la competència.

Etapes per a la determinació de la tenacitat de fractura

Etapa	Descripció	Temps previst
0. Activitats prelaboratori	Descrites a la taula de prelaboratori	5-10 hores
1. Observació de la mostra	Identificació de la superfície o zona d'estudi. Tria de la part necessària per a l'estudi (o tota la mostra).	15 minuts
2. Tall i encast (si escau)	Procés de tall mecànic d'una part de la mostra i elaboració d'una pastilla cilíndrica de resina o baquelita amb la porció de material d'estudi a l'interior, per afavorir-ne la manipulació i garantir cares paral·leles i planes (si escau).	1/2 - 1 hora (si escau)
3. Desbast	Eliminació d'irregularitats superficials per abrasió superficial de la mostra.	1/2 - 1 hora
4. Poliment	Consecució d'una superfície lliure d'irregularitats.	1/2 - 1 hora
5. Localització de la zona que es mesurarà	Identificació de l'àrea on es faran les mesures, per tal de poder localitzar després les fissures.	15 minuts
6. Realització d'empremtes Vickers (5, mínim)	Aplicació d'una càrrega determinada mitjançant un indentador piramidal de diamant, que genera una irregularitat en la superfície, de forma quadrada, i fissures que s'inicien als extrems de les diagonals d e l'empremta.	30 minuts
7. Localització de les empremtes i mesura de les diagonals i les fissures	Amb l'ajut de la regleta graduada del microscopi, determinació de les dimensions de les empremtes i de les fissures iniciades als vèrtexs d'aquestes. Fer una mitjana aritmètica dels valors per a cada empremta.	1 hora
8. Aplicació dels algorismes proporcionats a la bibliografia	Substitució dels paràmetres de les expressions seleccionades en el treball previ de laboratori. Obtenció de resultats numèrics a partir dels resultats experimentals obtinguts a l'apartat anterior.	1 hora

9. Comparació dels resultats obtinguts amb els reportats prèviament	Determinació de l'error relatiu entre els valors obtinguts ara i els obtinguts i els mostrats en treballs previs (bibliografia). Validació dels resultats experimentals.	1 hora
10. Identificació experimental del tipus de fissura generada	Eliminació de material superficial i descoberta de la situació de les fissures al fons de l'empremta. Determinació del tipus de fissures i, per tant, de l'algorisme ideal.	2-3 hores
11. Identificació del valor de tenacitat de fractura	Identificació, entre els resultats obtinguts en els apartats 8 i 9, del valor «correcte» per al paràmetre de tenacitat de fractura.	15 minuts
12. Validació de l'experiment	Comparació de resultats amb els obtinguts per altres grups en experiments similars.	-
13. Elaboració d'informe	Redacció del treball fet, dels resultats obtinguts, de les decisions preses i del motiu de les decisions.	10 h
Total: 14 etapes		Entre 17.45 h i 30.15 h

d. Treball de postlaboratori

Informe de postlaboratori. Aquest informe, a més de la informació, pot recollir els aspectes de l'experiment que han funcionat, els que s'han pogut valorar bé i els que han quedat poc clars.

Identifiqueu els elements de la competència específica: «Aplicació del mètode científic» aplicats durant l'execució de l'experiment en el laboratori.

Mesura	Punt de l'activitat	
Adquirir dades experimentals	Etapa 7.	Lab.
	Associar el tipus de fissura a la resposta que s'espera del material.	Post.
Enregistrar i documentar resultats i condicions experimentals	Etapes 8, 9, 10, 11 i 12.	Lab.
	Garantir que les mesures realitzades no es troben afectades per les condicions ambientals (temperatura, humitat, pressió, etc.). Identificar arxius de dades, que els noms dels arxius siguin prou entenedors (seguiment i traçabilitat).	Post.
Expressar correctament dades i resultats	Etapes 8 i 13.	Lab.
	Les unitats utilitzades són les que s'han apreciat a la bibliografia?	Post.
Utilitzar les eines de mesura necessàries per a la realització dels experiments	Etapes 7,8 i 9.	Lab.
	Les eines i/o equipaments eren adients per a la realització de l'experiment? Estaven en condicions? Heu tingut problemes d'utilització?	Post.
Experimentar		
Plantejar hipòtesis i comprovar	Etapes 8, 9, 11 i 12.	Lab.
	Determinar la bondat dels models escollits i si les hipòtesis plantejades han conduït a resultats acceptables. S'han assolit les previsions?	Post.
Tractar i interpretar correctament les dades experimentals	Etapes 8, 9, 10, 11 i 12.	Lab.
	Les dades experimentals han constituït informació intuïtiva? Planificar/dissenyar amb l'activitat d e prelaboratori i executar l'experiment en el laboratori.	Post.
Representar gràfics i interpretar-los correctament	Etapes 8, 9, 10 i 11.	Lab.
	Els gràfics obtinguts poden utilitzar-se com a informació característica del material estudiat?	Post.

Analitzar els resultats obtinguts	Etapes 9, 11 i 12.	Lab.
	Es pot obtenir més informació d'aquests gràfics?	Post.

Modelitzar

Proposar, plantejar, escollir models matemàtics que descriguin acuradament els resultats experimentals	Dels models utilitzats per a la determinació de K _{1c} , n'hi ha algun que sigui marcadament millor? La dificultat associada a la utilització dels diferents models, és la mateixa o n'hi ha cap de més senzill?	Lab. Post.
Calcular els paràmetres del model i ajustar-los a les dades experimentals	Etapes 8, 9, 10 i 11. L'ajust realitzat pot considerar-se propi i característic del material? Té alguna utilitat, més enllà de la determinació de K _{1c} ?	Lab. Post.
Validar, mitjançant l'experimentació els models proposats	La previsió feta amb les expressions analítiques s'ha complert? Quan s'ha fet la segona part de l'experiment, s'han obtingut els resultats esperats?	Post.

Projectar/predir

Optimitzar els mitjans i les condicions per a l'experiment	Es podria haver obtingut el valor de K _{1c} de manera més senzilla? Es podria haver previst en funció de la bibliografia i de treballs previs per a composicions similars?	Post.
Argumentar els resultats i treure'n conclusions	Associar el resultat obtingut amb les característiques del material que podrien haver donat peu a pensar si el material tindria fissures Palmqvist o semielíptiques. Associar el resultat obtingut amb les característiques que s'esperen del material (resposta mecànica, comportament sota tensió, resistència a impactes, resistència a xoc tèrmic, etc.). Identificar condicions d'ús idònies o alternatives.	Post.
Assumir riscos en funció de la confiança en el model i les prediccions	Associar el resultat obtingut a la bondat del ceràmic estudiat com a material estructural. En cas que no sigui bo com a tal, deduir si es podria utilitzar com a ceràmic de barrera tèrmica o amb alguna altra finalitat. El material obtingut cobreix algun espectre de necessitats que, fins ara, no quedava solucionat amb els productes existents al mercat?	Post.

Decidir

Prendre decisions en funció de les conclusions i de la viabilitat (tècnica, econòmica, etc.)

Si el producte resulta una alternativa nova i sense precedents, cal valorar la possibilitat de patentar-lo. Decidir si és rendible i/o viable produir el material a l'engròs i substituir-ne altres de ja existents. Decidir si el material constitueix una novetat: situar-lo dins l'oferta existent al mercat de materials similars i identificar-lo juntament amb el rang de condicions per a les quals pot tenir utilitat. En cas que existeixi alguna cosa similar, determinar si hi ha altres aspectes que en compensarien la substitució (preu, facilitat en la fabricació, modificacions en el processament, etc.).

Post.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, Jim; RAMAEKERS, Ger; VAN DER VELDEN, Rolf. La medición de las competencias de los titulados superiores. En VIDAL GARCÍA, Javier. *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.

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*. México: Centro de Estudios de la Universidad, UNAM, 2000.

BENNET, S. W.; O'NEALE, K. Skills development and practical work in chemistry. *University Chemistry Education*, 1998, 2 (2), p. 58-62.

BIGGS, J. *Calidad del aprendizaje universitario. Cómo aprenden los estudiantes*. Madrid: Narcea, 2006.

BLANCO, A. et al. *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*. Barcelona: Octaedro, 2008, p. 171-187.

DELGADO, A. M. (coord.). *Competencias y diseño de la evaluación continua y final en el espacio superior*. Madrid: Dirección General de Universidades, 2005. Disponible a: <<http://www.mec.es/univ/proyectos2005/EA2005-0054.pdf>>.

DE MIGUEL, M. *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el EEES*. Madrid: MEC/Universidad de Oviedo, 2005. Disponible a: <http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/42/42376/modalidades_ensenanza_competencias_mario_miguel2_documento.pdf>.

DOMIN D. S. *Students' perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction*. Chem. Educ. Res. Pract., 2007, 8 (2), 140-152

FIESEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 2005, p. 121-129.

GIBELS, D. et al. Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 2005, 75 (1), p. 27-63.

GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R. *Tuning Educational Structures in Europe. Informe final*. Fase uno. Bilbao: Universitat de Deusto, Universitat de Groningen, 2003.

GRAELLS, M. *Projecte PEEEQ: planificació estratègica de les assignatures d'Experimentació en Enginyeria Química de l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona / autors de la memòria: Moisès Graells Sobré i Montserrat Pérez-Moya*. Universitat Politècnica de Catalunya. Consell Social, 2007. Disponible a: http://catalag.upc.edu/search~S1*cat?/aGraells/agraells/1%2C16%2C29%2CB/frameset&FF=agraells+sobre+moises&4%2C%2C6/indexsort.

HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8 (2), p. 105-107.

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.

JOHNSON, D.; JOHNSON, R.; HOLUBEC, E. *Cooperation in the classroom*. Boston: Allyn and Bacon, 1998.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; STANNE, M. B. *Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis*. University of Minnesota, 2000. Disponible a: <http://www.co-operation.org/pages/cl-methods.html>.

JOHNSTONE, A. H.; AL-SHUAILI, A. Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 2001, 5, p. 42.

LASNIER, F. *Réussir la formation par compétences*. Mont-real: Guérin, 2000.

LE BOTERF, G. *Ingeniería de las competencias*. Barcelona: Gestión 2000, 2001.

LLORENS-MOLINA, J. A. Design and assessment of an online Prelab model in general chemistry a case study. *Journal of the Research Center for Educational Technology*, 2008, 4 (2), p. 15-31.

MCDONNELL, C.; O'CONNOR, C.; SEERY, M. K. Developing practical chemistry skills by means of student-driven problem based learning mini-projects. *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8 (2), p. 130-139.

MILLER, Allen H.; IMRIE, Bradfod; COX, Kevin. *Student assessment in higher education*. Londres: Kogan Page, 1998.

MILLER, GE. The assessment of skills/competences/performance. *Academic Medicine (Supplement)*, núm. 65. 1990. p. 63-67.

MORALES, P. *La evaluación formativa*. 2008. Disponible a: <http://www.upcomillas.es/personal/peter/otrosdocumentos/evaluacionformativa.pdf>.

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).

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

PRADES, A. *Les competències transversals i la formació universitària*. Tesi doctoral.
Barcelona: Universitat de Barcelona, 2005.

REID, N.; SHAH, L. The role of laboratory work in University Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8 (2), p. 172-185.

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

RUBISTAR. Disponible a: <<http://rubistar.4teachers.org/index.php>>.

RUÉ, J.; MARTÍNEZ, M. *Les titulacions UAB en l'Espai Europeu d'Educació Superior*.
Cerdanyola del Vallès: IDES-UAB, 2005.

VALERO, M.; DÍAZ DE CERIO, L. Autoevaluación y co-evaluación: estrategias para facilitar la evaluación continuada. *Congreso Español de Informática. CEDI 2005*. Granada, 2005.
Disponible a: <<http://epsc.upc.edu/~miguel%20valero>>.

VILLARDÓN, L. Evaluación del aprendizaje para promover el desarrollo de competencias. *Educatio siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación*. 2006, núm. 24., p. 57-76. ISSN 1699-2105. Disponible a: <http://www.um.es/ojs/index.php/educatio/article/view/153>.

YÁÑIZ, C.; VILLARDÓN, L. *Planificar desde competencias para promover el aprendizaje*.
Bilbao: Cuadernos del ICE-Universidad de Deusto, 2006.

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