



# UNIVERSITAT DE BARCELONA

## **Informe final**

**2016PID-UB/014**

**Millora de l'aprenentatge a les assignatures pràctiques de Química  
Analítica mitjançant una planificació integral basada en l'avaluació  
continuada i nous instruments d'avaluació**

Fernando Benavente, Elisabet Fuguet, Estela Giménez, Santiago Hernández,  
Lluís Puignou, Núria Serrano, Xavier Subirats i Àlex Tarancón  
Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, Universitat de  
Barcelona

Barcelona, octubre 2018



## **Resum**

En aquest projecte s'ha treballat en la millora de l'aprenentatge de les classes pràctiques de laboratori de l'assignatura Química Analítica del Grau de Farmàcia. Aquesta assignatura és de primer curs, on el nombre anual d'estudiants implicats és molt gran, de l'ordre de 500, i les pràctiques de laboratori s'han de programar en grups reduïts, simultàniament al desenvolupament de les classes de teoria i seminaris. D'acord a la nostra experiència, el gran nombre de grups de classes pràctiques de laboratori, de professorat implicat i la varietat de coneixements teòrics previs dels estudiants comporta sovint poca homogeneïtat en l'aprenentatge i en l'assoliment de les diferents competències, així com en la seva posterior avaluació. A més, les pràctiques de laboratori es porten a terme en parelles i el programa inclou més de 30 experiències que es simultaniegen i s'avaluen de forma continuada amb l'objectiu de fomentar el desenvolupament de les competències transversals i específiques dels estudiants. Aquest projecte ha permès desenvolupar i implementar durant els cursos 2016-2017 i 2017-2018 una planificació integral innovadora de les pràctiques de laboratori basada en la coordinació de l'equip docent, en l'establiment d'itineraris de pràctiques tancats, en l'avaluació continuada i en la introducció de nous materials d'aprenentatge i instruments d'avaluació. Totes les innovacions desenvolupades es continuen aplicant a l'actualitat.

### **Línies d'innovació amb les que es poden vincular els objectius:**

Autoavaluació; Avaluació acreditativa; Avaluació continuada; Avaluació entre iguals; Avaluació formativa; Instruments d'avaluació (rúbriques); Equip docent; Metodologies actives per l'aprenentatge; Aprenentatge autònom; Aprenentatge entre iguals; PBL, Casos i Simulacions

### **Paraules clau**

Farmàcia; Ciències; Planificació; Pràctiques de laboratori; Química.

## Índex

	Pàgina
1. Introducció	5
2. Objectius	6
3. Context d'aplicació	6
4. Accions desenvolupades	7
5. Resultats	16
6. Transferibilitat	23
7. Valoració de l'experiència	23



## 1. Introducció

L'aprenentatge a les **classes pràctiques de laboratori** que s'inclouen com a part de moltes assignatures teoricopràctiques dels graus de Ciències Experimentals i de la Salut és complex des d'un punt de vista organitzatiu. La major dificultat ve provocada per la necessitat de programar les classes pràctiques de laboratori simultàniament al desenvolupament de les classes de teoria i seminaris, havent de dividir els estudiants en grups molt més reduïts, a causa de la disponibilitat limitada en el temps del semestre i l'espai existent als laboratoris. D'acord a la nostra experiència, el gran nombre de grups de classes pràctiques de laboratori, de professorat implicat i la varietat de coneixements teòrics previs dels estudiants comporta sovint poca homogeneïtat en l'aprenentatge de l'estudiant i en l'assoliment de les diferents competències, així com en la seva posterior avaluació. Aquest fet es veu especialment agreujat en el cas de l'assignatura **Química Analítica del Grau de Farmàcia**, que és una assignatura de primer curs on el nombre anual d'estudiants implicats és molt gran, de l'ordre de 500, i la capacitat màxima del laboratori de pràctiques és d'una trentena d'alumnes. A més, les pràctiques de laboratori es porten a terme en parelles, el que dificulta saber el grau d'aprenentatge assolit per cada membre de la parella. Finalment, el programa inclou més de 30 experiències que es simultaniegen i s'avaluen de forma continuada amb l'objectiu de fomentar el desenvolupament tant de les competències transversals dels estudiants, com de les específiques. En aquest projecte s'ha solucionat aquest problema proposant una planificació integral innovadora de les classes pràctiques de laboratori basada en la coordinació de l'equip docent, en l'establiment d'itineraris de pràctiques tancats, en l'avaluació continuada i en la introducció de nous materials d'aprenentatge i instruments d'avaluació, com els qüestionaris virtuals i les rúbriques. El projecte s'ha desenvolupat durant els cursos 2016-2017 i 2017-2018, però les accions realitzades es troben en funcionament actualment.

## 2. Objectius

L'objectiu principal va ser homogeneïtzar els aprenentatges i l'assoliment de les competències transversals i específiques dels estudiants a les **pràctiques de laboratori de Química Analítica**, així com la seva avaluació. En concret es pretenia millorar els següents aspectes de l'aprenentatge de l'alumnat:

- Saber seleccionar i utilitzar la informació bibliogràfica per triar el tractament i el mètode d'anàlisi volumètrica més adient per a cada determinació i dur a terme els càlculs previs necessaris.
- Conèixer els aparells, instruments i material bàsic del laboratori i com utilitzar-los.
- Aprendre a seguir i interpretar els procediments analítics basats en mètodes volumètrics àcid-base, de complexació, redox i de precipitació.
- Treballar correctament en un laboratori bàsic d'anàlisi.
- Saber organitzar-se i planificar el treball al laboratori, i desenvolupar el sentit crític.
- Elaborar i utilitzar correctament un diari de laboratori.
- Saber expressar i avaluar els resultats d'una anàlisi.

## 3. Context d'aplicació

El projecte es va desenvolupar en el marc de les classes pràctiques de laboratori de l'assignatura **Química Analítica del Grau de Farmàcia**. La Química Analítica és una assignatura de segon semestre del primer curs del Grau de Farmàcia de 6 crèdits ECTS i 150 hores estimades de dedicació: 60 a activitats presencials (teoria (25), seminaris (15) i pràctiques de laboratori (20)), 40 a treball tutelat i 50 a aprenentatge autònom. Les classes de teoria s'organitzen en 7 grups (al voltant de 500 matriculats cada curs, 150 dels quals són repetidors), mentre que en les classes de seminaris, el grup es desdobra amb la meitat del grup-classe. D'acord a les limitacions temporals i d'espais, les pràctiques de laboratori, objecte de la nostra proposta, s'organitzen en 12 grups de 30 estudiants (amb 3-4 professors de la secció departamental de Química Analítica per grup) i tenen una durada d'una setmana (4 h/dia).

El desenvolupament de les pràctiques de laboratori es realitza de la següent manera: en cadascun dels 12 grups hi ha 3 professors de la secció de Química Analítica, que supervisen el treball realitzat pels estudiants i finalment qualifiquen les pràctiques. El fet que hi hagi 12 grups suposa que el nombre de professorat implicat a les pràctiques sigui molt elevat, generalment de 15 a 20 professors diferents cada curs, i molt sovint aquests professors no són els mateixos que imparteixen la teoria. Per altra banda, els coneixements dels alumnes dels diferents grups són molt poc homogenis, ja que els alumnes dels primers grups fan les pràctiques sense gairebé haver iniciat la teoria i els seminaris (les pràctiques comencen a les dues setmanes d'iniciar-se la teoria), mentre que els dels últims grups fan les pràctiques ja quan s'ha impartit gairebé la meitat del curs.

Fins abans del desenvolupament d'aquest projecte les mancances d'aprenentatge a les classes pràctiques de laboratori de l'assignatura Química Analítica estaven lligades amb la seva organització, la programació temporal respecte a les classes de teoria, la varietat dels coneixements teòrics previs dels estudiants, el gran nombre d'alumnat matriculat, la gran quantitat de professorat implicat, la realització de les pràctiques en parelles i la gran varietat d'experiències al programa de l'assignatura. Les innovacions plantejades es van adaptar a aquest escenari i pretenien que tots els alumnes assolissin els objectius d'aprenentatge i les competències a desenvolupar. A més, també es pretenia millorar la seva avaluació ja que són pràctiques de curta durada (5 sessions de 4 hores), que es realitzen en parelles, i sovint és difícil estar segur de si l'alumne ha assolit tot els objectius.

#### **4. Accions desenvolupades**

Una peça fonamental i innovadora per a l'homogeneïtzació plantejada va ser la **coordinació de l'equip docent** per realitzar una **planificació idèntica** per a tots els torns de pràctiques, a partir de les més de 30 volumetries diferents que inclou el programa de les classes pràctiques. Aquestes 30 experiències es recullen al



**text guia de les pràctiques** (text docent UB 396, ISBN: 978-84-475-3888-1, Figura 1) que vàrem revisar durant aquest projecte.



**Figura 1** Text guia de les pràctiques de Química Analítica del Grau de Farmàcia. La primera edició es va revisar durant aquest projecte i es va fer una reimpressió.

Les diferents pràctiques es van classificar per tipus d'anàlisi (estandardització o determinació), equilibri (àcid-base en medi aquós o no aquós, complexació, redox i precipitació) i grau de dificultat (1-4: mínima-màxima, Figura 2), i es van plantejar **vuit itineraris de pràctiques** tancats amb continguts i graus de dificultat equivalents (Figura 3), però sense renunciar a plantejar diferents tipus de mostres pels diversos itineraris. Els itineraris desenvolupats es van dissenyar per cobrir la totalitat dels objectius d'aprenentatge de l'assignatura i els aspectes a millorar.

DISOLUCIONES PATRÓN	IDENTIFICADOR	DIFICULTAD
Estandarización de una disolución de hidróxido de sodio 0,1 M	NaOH 0,1 M	1
Estandarización de una disolución de nitrato de plata 0,1 M	AgNO <sub>3</sub> 0,1M	1
Estandarización de una disolución de tiocianato de potasio 0,05 M	KSCN 0,05 M	1
Estandarización de una disolución de ácido perclórico 0,1 M en ácido acético glacial	HClO <sub>4</sub> 0,1 M	1
Estandarización de una disolución de EDTA 0,1 M (0,02 M)	EDTA 0,1(0,02) M	2
Estandarización de una disolución de permanganato de potasio 0,02M	KMnO <sub>4</sub> 0,02 M	1
Estandarización de una disolución de ácido sulfúric 0,01 M	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,01 M	1
Estandarización de una disolución de ácido clorhídric 0,1 M	HCl, 0,1M	1
Estandarización de una disolución de tiosulfato de sodio 0,1 M	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,1 M	2
Estandarización de una disolución de sulfato de cerio (IV) 0,05 M	Ce(IV) 0,05 M	3
<b>VOLUMETRÍAS ÁCIDO-BASE</b>		
Determinación de la acidez de un vinagre	H <sup>+</sup> (vinagre)	1
Determinación del contenido de ácido acetilsalicílico en comprimidos analgésicos	AAS	3
Determinación de hidrogenocarbonato en un agua	Hidrogenocarbonato (agua)	2
Determinación del índice o el grado de acidez de un aceite vegetal	Índice acidez (aceite)	1
<b>VOLUMETRÍAS ÁCIDO-BASE EN MEDIO NO ACUOSO</b>		
Determinación de la pureza de una muestra de amoxicilina de sodio en un antibiótico	Amoxicilina	1
Determinación de la pureza de una muestra de antipirina	Antipirina	1
<b>VOLUMETRÍAS DE COMPLEJACIÓN</b>		
Determinación de la dureza del agua, determinación de calcio y magnesio	Dureza (H <sub>2</sub> O)	1
Determinación del contenido de cobre (II) en un antifúngico (complexometría)	Cu (fungicida) (EDTA)	1
<b>VOLUMETRÍAS DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN</b>		
Determinación del contenido del cloro activo en una lejía	Cl <sub>2</sub> (lejía)	2
Determinación del contenido del hierro(II) en un fármaco antianémico	Hierro(II) (antianémico)	2
Determinación de hierro(II) en un complejo orgánico antianémico	Proteína férrica	3
Determinación del contenido de peróxido de hidrógeno en una muestra comercial	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (yodometría)	2
Determinación del contenido de peróxido de hidrógeno en una muestra comercial	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (KMnO <sub>4</sub> )	1
Determinación del índice de permanganato de un vino	Índice KMnO <sub>4</sub> (v)	1
Determinación del índice de yodo de un aceite vegetal	Índice yodo (aceite)	3
Determinación del contenido de cobre(II) en un antifúngico (yodometría)	Cu (fungicida) (yodometría)	2
Determinación del ácido ascórbico en un preparado farmacéutico	Vit. C	3
<b>VOLUMETRÍAS DE PRECIPITACION</b>		
Determinación de cloruro (Volhard) en una muestra de sal común	Cl <sup>-</sup> (sal común)	2
Determinación de bromuro (Volhard) en comprimidos anticonvulsivos de uso veterinario	Br <sup>-</sup> (anticonvulsivo)	2
Determinación de cloruros (Mohr y Volhard) en una muestra de agua	Cl <sup>-</sup> (agua)	2

Figura 2 Exemple de classificació de les diferents pràctiques. Els nivells de dificultat s'indiquen amb colors diferents (de menys a més dificultat: verd, taronja i rosa).

EXEMPLES D'ITINERARIS (en files)				
1r dia	2º dia	3r dia	4º dia	5º dia*
HCl 0,1M	Br <sup>-</sup> (anticonvulsiu)	Dureza (H <sub>2</sub> O)	Índex de iode (oli)	Amoxicil·lina
EDTA 0,1M	Amoxicil·lina	AAS	Cl <sup>-</sup> (aigua)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (iodometria)
NaOH 0,1M	Dureza (H <sub>2</sub> O)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (iodometria)	AAS	Cl <sup>-</sup> (aigua)
AgNO <sub>3</sub> 0,1M/KSCN 0.05M	Fe (II) Antianèmic	Vitamina C	H <sup>+</sup> (vinagre)	Cu (fungicida) complexometria
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,1M	Dureza (H <sub>2</sub> O)	Cl <sup>-</sup> (sal comuna)	Vitamina C	Antipirina

\* Durant la darrera hora de la darrera sessió els alumnes realitzen un qüestionari específic de cada itinerari a través del campus virtual amb supervisió del professorat.

Figura 3 Exemple de 5 dels 8 itineraris plantejats per a les 5 sessions de pràctiques.

Per fomentar un entorn actiu i crític d'aprenentatge, a més de la gran varietat de pràctiques programades, cada nova experiència es va plantejar com un nou problema analític a resoldre. Els estudiants només comptaven amb un valor aproximat de la concentració de l'anàlit a determinar i una indicació del mètode d'anàlisi a aplicar (PBL, "Problem Based Learning"). A partir del text guia, la posterior discussió amb el professor i d'altres eines que es van desenvolupar en el marc d'aquest projecte, l'estudiant abordava el problema plantejat.

Entre les eines desenvolupades per millorar els aprenentatges destaca la preparació i valoració per a la **primera pràctica de cada itinerari d'una fitxa guia** que descriu en detall el desenvolupament del procés analític a realitzar, des del plantejament del problema a resoldre, a la redacció del diari de laboratori, a l'avaluació dels resultats, i l'elaboració de conclusions. D'aquesta manera l'alumne ja disposava d'un primer exemple que li havia de servir de model per tal de preparar i plantejar correctament la resta de determinacions del seu itinerari. Aquestes fitxes guia estaven disponibles al campus virtual abans de l'inici de les pràctiques. A la Figura 4 es mostra un exemple d'aquestes fitxes.

Data (dia/mes/any)

**ESTANDARITZACIÓ D'UNA SOLUCIÓ D'HIDRÒXID DE SODI 0,1 MOL L<sup>-1</sup>**

**Objectiu**

Establir la concentració exacta de la solució que serà patró per a volumetries àcid-base. Atès que l'hidròxid de sodi no és patró primari, cal estandaritzar la solució.

**Bibliografia**

C. Ariño, G. Fonrodona, M. Llauroad, L. Puignou. Pràctiques de Química Analítica Bàsica. Textos docents, 396. Publicacions de la Universitat de Barcelona, 2015.

**Dades inicials de la solució a estandaritzar**

La solució a valorar té una concentració aproximada de 0,10 mol L<sup>-1</sup>. Es prepara a partir d'hidròxid de sodi.

**Procediment i càlculs previs**

Es determina la concentració exacta de la solució mitjançant la valoració del NaOH amb una substància patró primari, com pot ser l'hidrogenat de potassi (C<sub>8</sub>H<sub>6</sub>COOHCOOK, 204,23 g mol<sup>-1</sup>). Es tracta d'una valoració directa.

- Es pesen, per diferència i per triplicat en una balança analítica (± 0,1 mg), al voltant de 0,40 g d'hidrogenat de potassi, prèviament dessecat (105-110 °C, 1 h). Es transfereix directament a un erlenmeyer i es dissol amb uns 100 mL d'aigua desionitzada.
- S'afegeixen 3 gotes de l'indicador fenolftaleïna.
- Es valora cada mostra acuradament fins al viratge de l'indicador: C<sub>8</sub>H<sub>6</sub>COOHCOO<sup>-</sup>+OH<sup>-</sup> → C<sub>8</sub>H<sub>6</sub>(COO<sup>-</sup>)<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O

(La descripció del procediment es pot realitzar en forma d'esquema de treball)

$$0,40 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{COOHCOOK} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{COOHCOOK}}{204,23 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{COOHCOOK}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{COOHCOOK}} \times \frac{1 \text{ L valorant}}{0,10 \text{ mol NaOH}} \times \frac{1000 \text{ mL valorant}}{1 \text{ L valorant}} = 19,6 \text{ mL valorant}$$

Atès que s'espera consumir 19,6 mL de valorant, s'utilitzarà una bureta de 25 mL.

**Seguretat i residus**

- El NaOH és una base corrosiva i, per tant, s'ha de fer servir amb precaució. En cas de contacte amb la pell cal rentar-la amb molta aigua.
- Els reactius en les concentracions emprades en el procediment no presenten toxicitat i poden diluir-se i abocar-se a la pica.

**Observacions i resultats**

(en aquest apartat s'ha d'anotar les observacions experimentals que no quedin reflectides en el procediment, com canvis de coloració, aparició o desaparició de precipitats, etc., i també les incidències, com pèrdua de mostra, errades, etc.)

Pesades de patró primari (C<sub>8</sub>H<sub>6</sub>COOHCOOK): 1) 0,4053 g; 2) 0,4285 g; 3) 0,4201 g

Es considera que s'ha assolit el punt final de la valoració quan s'observa la primera aparició de color rosa persistent (15-20 s).

Valorant consumit (NaOH): 1) 20,15 mL; 2) 21,05 mL; 3) 20,65 mL

$$0,4053 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{COOHCOOK} \times \frac{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{COOHCOOK}}{204,23 \text{ g C}_8\text{H}_6\text{COOHCOOK}} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol C}_8\text{H}_6\text{COOHCOOK}} \times \frac{1}{20,15 \text{ mL NaOH}} \times \frac{1000 \text{ mL NaOH}}{1 \text{ L NaOH}} = 0,09849 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaOH}$$

Replicat	Patró primari (g)	Valorant (mL)	NaOH (mol L <sup>-1</sup> )
1	0,4053	20,15	0,09849
2	0,4285	21,05	0,09967
3	0,4201	20,65	0,09961
			Mitjana: 0,09926 mol L <sup>-1</sup>

Desviació estàndard: 0,00066      Desviació estàndard relativa (RSD): 0,7%

Resultat: **0,0993(0,007) mol L<sup>-1</sup> NaOH**

**Avaluació dels resultats**

La concentració de NaOH obtinguda (0,0993 mol L<sup>-1</sup>) és coherent amb el valor esperat (0,10 mol L<sup>-1</sup>), i el valor de la RSD (0,7%) reflecteix una dispersió dels replicats adequada (±1%).

(trobareu informació sobre el valor desitjable de RSD a la bibliografia)

Figura 4 Exemple de fitxa guia per a la primera pràctica d'un dels itineraris.

També es va preparar un model d'**entrevista personal** per realitzar al començament de la **segona sessió de pràctiques**, que permetia avaluar el grau de preparació i comprensió de la pràctica a realitzar i d'altres capacitats de l'estudiant (planificació, adaptació, etc), que comptava amb l'experiència prèvia de la primera pràctica amb fitxa guia. A la Figura 5 es mostra el document preparat.

### QUÍMICA ANALÍTICA. Grau de Farmàcia. Pràctiques.

#### *Guia d'entrevista personal prèvia de la pràctica d'estandardització*

Professor:

Grup:

Curs:

<b>Taquilla:</b>		
<b><i>Els alumnes identifiquen correctament:</i></b>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
L'objectiu de la pràctica		
El tipus de volumetria segons la reacció analítica (àcid-base/complexació/redox/precipitació)		
El tipus de volumetria segons el mode operacional ( <i>directa/indirecta/retrocés</i> )		
El valorant		
El patró primari		
L'indicador		
Les reaccions que tenen lloc ( <i>les reaccions estan ben escrites i ajustades</i> )		
<b><i>Els alumnes han entès adequadament:</i></b>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
El procediment experimental		
Els càlculs previs		

**Figura 5** Model d'entrevista personal abans de la realització de la segona sessió de pràctiques.

A més es va preparar una **guia orientativa d'entrevista personal** general per al **professorat novell** (Figura 6).

### QUÍMICA ANALÍTICA. Grau de Farmàcia. Pràctiques.

#### *Guia orientativa d'entrevista personal*

##### **Consideracions a fer a l'alumne abans de començar una pràctica**

- Quin és l'objectiu de la pràctica?
- De quin tipus de volumetria es tracta? (segons reacció analítica)
- De quin tipus de volumetria es tracta? (segons mode operacional)
- Quin és el valorant?
- Quin és l'anàlit/patró primari?
- Quin és l'indicador?
- Quines reaccions tenen lloc? (assegurar que les reaccions estiguin ben escrites i ajustades).
- Repassar conjuntament l'esquema de treball realitzant les consideracions que es creguin oportunes per a cada pràctica.
- Comprovar càlculs previs.
- Resolució dels dubtes/preguntes de l'alumne.

**Figura 6** Guia orientativa d'entrevista personal general per al professorat novell.

També es van desenvolupar diverses eines per millorar l'avaluació de les competències i els aprenentatges assolits. Es van preparar **bancs de preguntes** i dissenyar **qüestionaris específics** per a cada itinerari de pràctiques (en l'entorn Moodle del campus virtual) (Figura 7). Els qüestionaris tenien 12 preguntes a contestar en un màxim de 30 minuts i es realitzaven individualment i en línia en una aula d'ordinadors de la Facultat de Farmàcia durant la darrera hora de la darrera sessió de pràctiques. Els estudiants podien disposar del text guia i del diari de laboratori durant la prova. El diari de laboratori s'havia de lliurar en acabar la prova.

**Pregunta 1**  
No s'ha respost encara  
Puntuat sobre 1,0  
Marca la pregunta  
Edita la pregunta

Es vol determinar l'índex de iode d'un oli pel mètode de Hanus. Per consumir 20 mL d'una solució valorant de tiosulfat de sodi  $0,0500 \text{ mol L}^{-1}$ , quina quantitat de mostra, expressada en grams, amb un índex de iode aproximat de 80,0% (m/m) de iode (massa molecular del iode:  $253,81 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) és necessària pesar si s'utilitzen 15 mL de reactiu de Hanus  $0,100 \text{ mol L}^{-1}$ ? (Expresseu el resultat amb tres xifres significatives).

Resposta:

**Pregunta 2**  
No s'ha respost encara  
Puntuat sobre 1,0  
Marca la pregunta  
Edita la pregunta

Es vol determinar complexomètricament amb EDTA  $0,0200 \text{ mol L}^{-1}$  el contingut en magnesi (II) d'una aigua de riu, i es preveu una concentració, en termes de duresa equivalent, de  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de carbonat de calci. A mode de càlcul previ, quants mL d'aigua s'hauran d'analitzar per consumir 4,00 mL d'una solució valorant d'EDTA  $0,0200 \text{ mol L}^{-1}$ ? (masses atòmiques,  $\text{g mol}^{-1}$ , C: 12,01; O: 16,00; Mg: 24,30; Ca: 40,08). Expresseu el resultat amb tres xifres significatives.

Resposta:

**Figura 7** Exemple de dues preguntes del qüestionari específic d'un dels itineraris de pràctiques.

Es va preparar per a professors i estudiants una **guia de qualificació** del treball experimental, que inclou el diari o llibreta de laboratori i el treball de laboratori (Figura 8). Es va automatitzar l'avaluació individual de cada estudiant a través del **qualificador del campus virtual**, on es consideraven les **tres evidències d'avaluació** i les ponderacions que s'indiquen a la Figura 9: el **diari de laboratori** (18% de la qualificació final), el **treball de laboratori** (42%) i el **qüestionari específic** (40%).

## Treball al laboratori

Realització de pràctiques d'anàlisi volumètrica emprant l'ús d'indicadors químics. S'inclou la preparació de solucions auxiliars i patró, estandardització de solucions valorants i l'anàlisi de productes d'interès farmacèutic i aliments.

### Estat de la tramesa

Estat de la tramesa	Aquesta tasca no requereix que trameteu res en línia.
Estat de la qualificació	No avaluada
Críteris de qualificació	<p>Per avaluar el treball al laboratori s'aplica una guia de qualificació que té en compte: les pràctiques realitzades, el grau de preparació prèvia, els resultats obtinguts i l'actitud al laboratori, és a dir, la puntualitat, organització, tractament i utilització correcta del material i la interacció amb professors i companys.</p> <p><b>1. NOMBRE DE PRÀCTIQUES</b> Al llarg de la setmana es podran realitzar 5 o més pràctiques.</p> <p><b>2. ENTREVISTA</b> Es valorarà la preparació d'una de les pràctiques que s'haurà anunciat el dia anterior. Es considerarà el coneixement i la comprensió del procediment així com la realització dels càlculs previs.</p> <p><b>3. ORGANITZACIÓ I PLANIFICACIÓ DEL TEMPS</b> El treball al laboratori ha de ser fluid i continu mitjançant una bona planificació.</p> <p><b>4. ÚS DEL MATERIAL DE LABORATORI I TREBALL EXPERIMENTAL</b> Aprendre a triar l'utilitatge i material de laboratori d'acord amb l'operació a realitzar.</p> <p><b>5. EXPRESSIÓ I AVALUACIÓ DELS RESULTATS</b> Aprendre a utilitzar el criteri de xifres significatives per expressar el resultat d'una anàlisi química.</p> <p><b>6. PUNTUALITAT/SEGURETAT/RESIDUS</b> Assistir al laboratori, complir amb les normes de seguretat i tractar adequadament els residus que es generen a les pràctiques.</p>

## Libreta de laboratori

La libreta de laboratori és un element essencial en el treball experimental. Ha de recollir la informació necessària per poder avaluar els resultats i fer possible, si s'escau, la revisió del treball fet per a posteriors repeticions.

### Estat de la tramesa

Estat de la tramesa	Aquesta tasca no requereix que trameteu res en línia.
Estat de la qualificació	No avaluada
Críteris de qualificació	<p>Libreta de laboratori realitzada individualment descriu el treball fet al laboratori. S'avalua mitjançant una guia de qualificació que valora la presentació i organització de la libreta de laboratori i el contingut dels apartats descrits.</p> <p><b>PRESENTACIÓ</b> Es valora la claredat de la presentació així com l'organització de la libreta de laboratori d'acord amb el model proposat. Es té en compte també l'ortografia i el llenguatge tècnic utilitzat.</p> <p><b>CONTINGUT</b> Es valora el contingut de cadascun dels apartats a descriure (objectiu, esquema procediment experimental, reaccions químiques associades, càlculs previs i finals, anotacions experimentals, conclusions i bibliografia)</p>

**Figura 8** Guia d'avaluació del treball experimental publicada al campus virtual.

<b>DIARI DE LABORATORI (18%)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentació i ortografia (fitxa guia pràctica 1). Llenguatge tècnic.</li> <li>2. Contingut (exposició dels diferents treballs a descriure)</li> </ol>
<b>TREBALL DE LABORATORI (42%)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Número de pràctiques.</li> <li>4. Entrevistes.</li> <li>5. Organització i planificació del temps.</li> <li>6. Ús del material de laboratori i treball experimental.</li> <li>7. Expressió i avaluació dels los resultats.</li> <li>8. Puntualitat, seguretat i residus.</li> </ol>
<b>QÜESTIONARI DE PRÀCTIQUES (40%)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Realització d'un qüestionari específic individual.</li> </ol>

**Figura 9** Evidències d'avaluació i ponderació a considerar en el campus virtual.

Per a completar el projecte i aconseguir informació addicional, es van desenvolupar diverses eines per a la reflexió sobre el procés d'ensenyament-aprenentatge.

Es va dissenyar un document per a l'**avaluació creuada** dels dos membres de la parella de treball de laboratori (Figura 10). D'aquesta manera es pretenia desenvolupar el sentit crític i avaluar el grau d'implicació del company (i de resultes el propi) en les pràctiques. L'avaluació entre iguals es feia immediatament després del qüestionari específic a la mateixa aula d'ordinadors i no es tenia en compte per a l'avaluació final de les pràctiques.

### **QUÍMICA ANALÍTICA. Grau de Farmàcia. Pràctiques.**

#### *Qüestionari d'avaluació creuada*

Professor:

Grup:

Curs:

*Qüestionari d'avaluació creuada entre iguals a realitzar pels estudiants de les pràctiques de l'assignatura Química Analítica del primer curs del Grau de Farmàcia*

**Nom i cognoms de l'alumne AVALUADOR:**

**Nom i cognoms de l'alumne AVALUAT:**

Valora de 1 a 5 al teu company de pràctiques en relació als següents aspectes (1: molt poc/a - 5: molt/a):

	Valoració
Iniciativa	
Capacitat per treballar en equip	
Implicació en la preparació de les pràctiques.	
Capacitat en la realització dels càlculs previs i discussió dels resultats.	
Capacitat per resoldre dubtes, qüestions o problemes sorgits en la realització de les pràctiques.	
Destresa en la realització de cadascuna de les pràctiques	

**Figura 10** Document per a l'avaluació creuada de les parelles de pràctiques.

A més del qüestionari específic d'avaluació final per a cada itinerari i l'avaluació creuada, es va realitzar un altre **qüestionari de reflexió** en línia perquè els **estudiants** valoressin els aprenentatges i competències adquirides i l'adequació de les activitats i materials emprats (nou text guia, les fitxes guia de la primera pràctica dels itineraris curriculars, els qüestionaris, etc) (Figura 11).

### **Reflexió sobre l'aprenentatge a realitzar pels estudiants de les pràctiques de l'assignatura Química Analítica del primer curs del Grau de Farmàcia**

Contesta el següent formulari de valoració de les pràctiques indicant fins a quin punt estàs d'acord amb les següents afirmacions (Escala de valoració 1-5: 1: gens d'acord; 5: totalment d'acord; 0: NS/NC):

Les pràctiques m'han servit per:

- Conèixer els aparells i material bàsic d'un laboratori d'anàlisi química i saber utilitzar-los.
- Aprendre a entendre, interpretar i adaptar els procediments analítics basats en mètodes volumètrics.
- Treballar correctament en un laboratori bàsic d'anàlisi.
- Saber organitzar i planificar el treball de laboratori
- Desenvolupar el sentit crític.
- Elaborar correctament un diari de laboratori.
- Aprendre a realitzar els càlculs necessaris (previs i finals), i expressar i avaluar els resultats d'una anàlisi.

Indica com d'útils han estat els següents materials pel teu aprenentatge (Escala de valoració 1-5: 1: gens útil; 5: molt útil; 0: NS/NC):

- Text docent
- Vídeos
- Qüestionaris d'autoavaluació
- Model de llibreta de laboratori i fitxa guia

Valora de 1 a 5 el conjunt dels aprenentatges assolits a les pràctiques:  
Explica breument el perquè de la teva resposta:

**Figura 11** Model en que es basa el qüestionari de reflexió de l'estudiant.

També es va convidar als **professors** a realitzar un **qüestionari de reflexió** en línia perquè fessin una valoració similar a la dels estudiants (Figura 12).



## Reflexió sobre l'aprenentatge a realitzar pels professors de les pràctiques de l'assignatura Química Analítica del primer curs del Grau de Farmàcia

Contesta el següent formulari de valoració de les pràctiques indicant fins a quin punt estàs d'acord amb les següents afirmacions (Escala de valoració 0-5: 0: gens d'acord; 5: totalment d'acord; -: NS/NC):

- Les pràctiques serveixen als alumnes per conèixer i aprendre a utilitzar els aparells i el material bàsic d'un laboratori d'anàlisi química per a l'anàlisi volumètrica
- Permeten entendre els procediments analítics basats en mètodes volumètrics.
- La informació i documentació que es proporciona al professor per a la gestió de les pràctiques és suficient.
- L'organització del laboratori pel que fa a solucions, material fungible, balances i instal·lacions és adequada pel treball experimental.
- Els diferents itineraris de la planificació de les pràctiques permeten assolir els objectius d'aprenentatge de l'assignatura de Química Analítica.
- La informació i elements de seguretat al laboratori són suficients.
- La disponibilitat i eficiència del personal tècnic encarregat del manteniment del laboratori són adequades.
- El text docent "Pràctiques de Química Analítica Bàsica" és útil per al treball i l'aprenentatge al laboratori.
- Els vídeos que es proporcionen al campus de l'assignatura són útils per al treball al laboratori.
- El model de fitxa guia corresponent a l'estandardització que es proporciona als alumnes el primer dia és útil per a l'aprenentatge.
- El model de llibreta de laboratori que es proporciona als alumnes és útil per a l'aprenentatge.

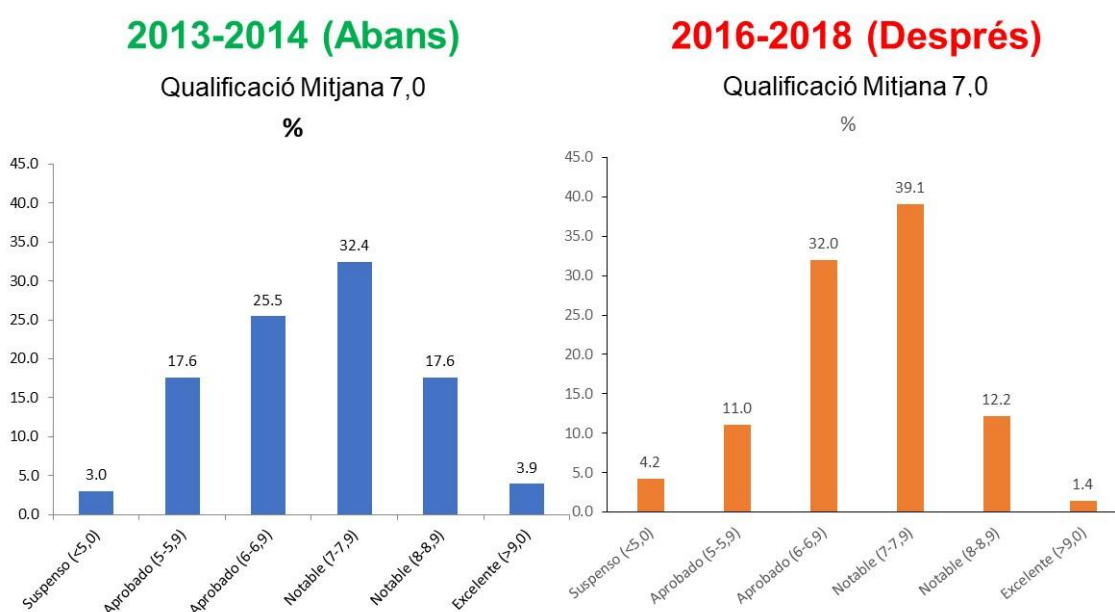
Si ho considereu oportú, indiqueu la vostra opinió en relació a les valoracions fetes al llarg del qüestionari (pregunta oberta).

**Figura 12** Model en que es basa el qüestionari de reflexió del professor.

## 5. Resultats

L'estudi de les qualificacions finals de les classes pràctiques, tot comparant-les amb cursos anteriors, i la seva correlació amb els diferents itineraris de pràctiques, la data de realització de les pràctiques i el professor encarregat va permetre investigar la idoneïtat dels itineraris plantejats i les innovacions realitzades per aconseguir millorar l'homogeneïtat de l'avaluació dels aprenentatges i l'assoliment de les competències de l'assignatura.

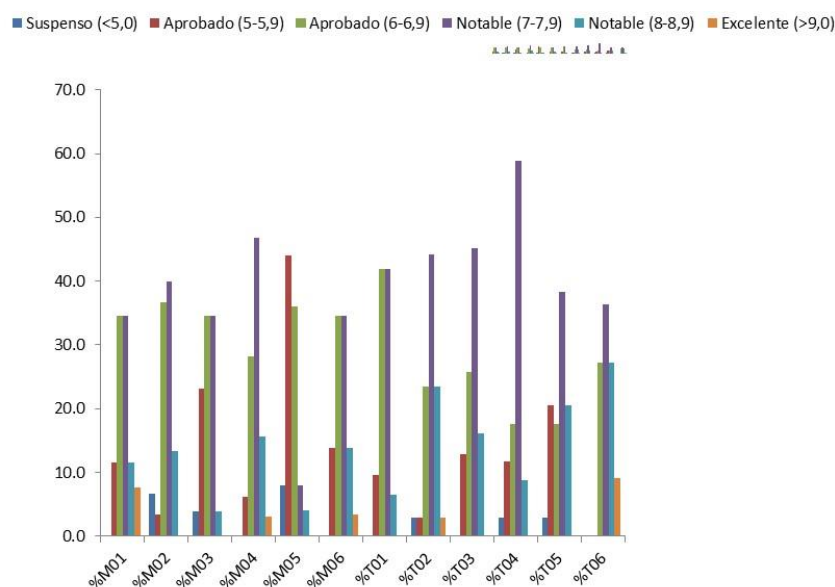
A continuació es mostra un recull de gràfics que permeten estudiar aquestes qualificacions. La Figura 13 mostra que no hi ha diferències significatives en la distribució de les qualificacions abans (curs 2013-2014) i durant els cursos en que es va desenvolupar el projecte (cursos 2016-2017 i 2017-2018). Això indicaria que globalment les innovacions no permeten una major diferenciació dels estudiants, tot i que la homogeneïtzació dels itineraris, la sistematització i l'objectivitat en l'avaluació amb la guia d'avaluació i la realització del qüestionari final ens feia preveure que això passaria.



**Figura 13** Distribució de les qualificacions de pràctiques abans (curs 2013-2014) i després de les innovacions (cursos 2016-2017 i 2017-2018).

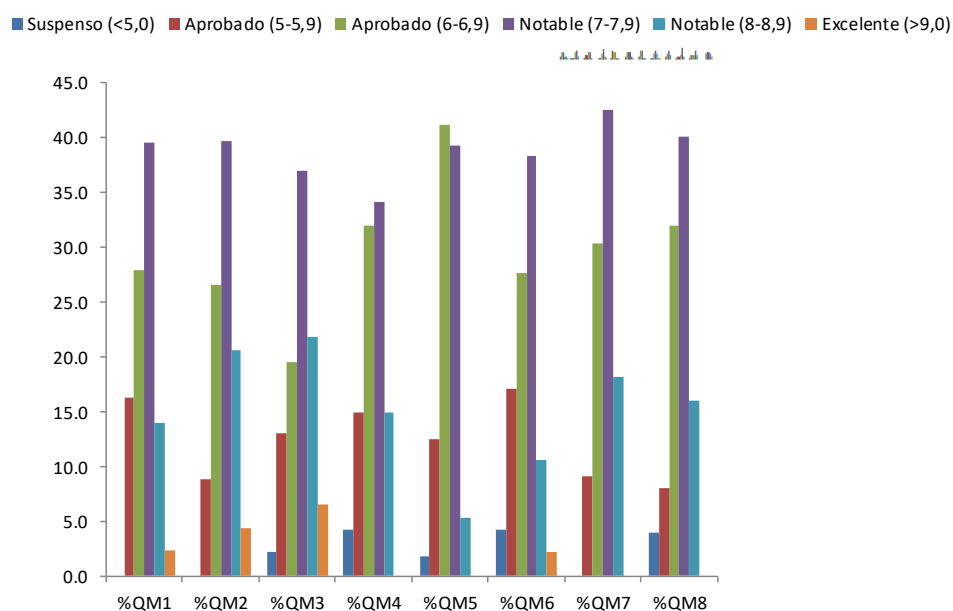
A la Figura 14 es mostra que si s'analitzen els resultats d'un curs en concret (2016-2017), sí que s'observa puntualment alguns grups amb major proporció d'aprovats (p.e. M05) o notables (T02-T06). No obstant, no es presenten tendències relacionades amb el moment de realització de les pràctiques o el professorat implicat, el que indicaria que les innovacions plantejades permeten assolir l'objectiu de solucionar el problema de la temporalitat (moment de realització) i la gran quantitat i varietat de professorat implicat. En aquest sentit, el professorat novell implicat va valorar molt positivament la guia orientativa d'entrevista personal general. Tot el professorat implicat va valorar molt positivament la fitxa guia per a la primera pràctica de cada itinerari. No obstant, sovint, a l'entrevista personal que es realitzava abans de la pràctica de la segona

sessió s'observava manca de preparació, comprensió, etc. del procediment a desenvolupar. Aquestes deficiències s'aconseguien solucionar en les tres sessions posteriors i la major part dels estudiants acabaven preparant els seus diaris de laboratori d'acord al format de la fitxa guia model. Això els permetia assolir els objectius d'aprenentatge adequadament.



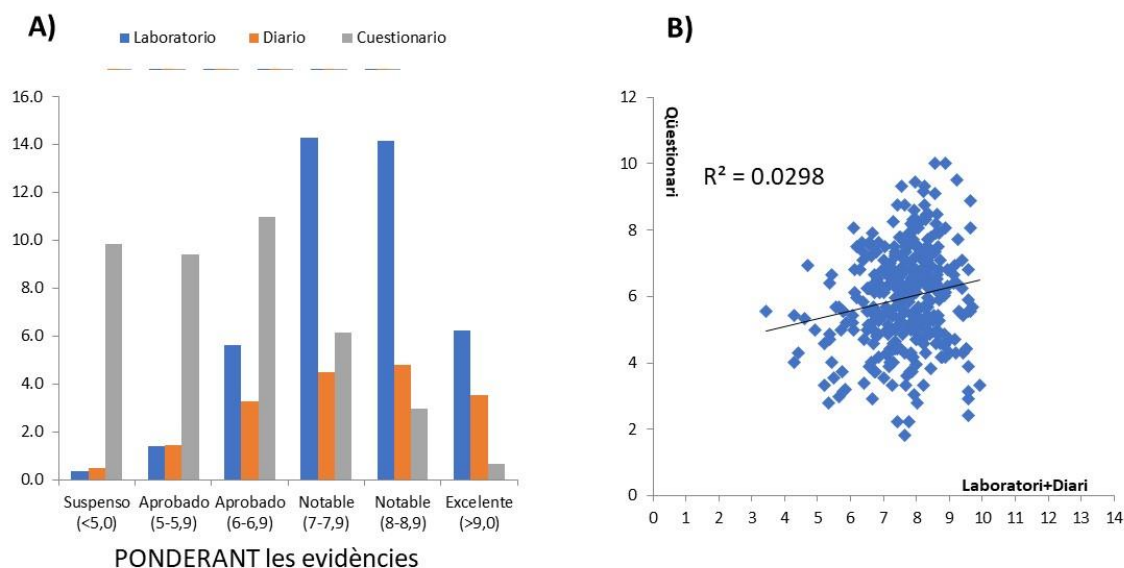
**Figura 14** Distribució de les qualificacions de pràctiques als diferents grups durant el curs 2016-2017.

A la Figura 15 es mostra que durant aquest mateix curs (2016-2017) els resultats pels diferents itineraris van ser molt similars, amb alguna excepció, com els itineraris QM4 i QM5, on hi havia un augment de la proporció d'aprovat. Això era degut a la inclusió en aquests itineraris de les determinacions del Fe i de l'àcid ascòrbic, que eren especialment complexes. Tot i aquesta puntualització, podem assegurar que els itineraris planificats són homogenis pel que fa a continguts i graus de dificultat, però sense renunciar a la gran varietat de pràctiques plantejades al text guia, ni plantejar diferents tipus de mostres pels diferents itineraris. Aquesta varietat juntament amb el fet que els procediments no són tancats, són dos dels punts més ben valorats a les enquestes de satisfacció dels estudiants de l'assignatura, i que diferencia aquestes pràctiques de les de la resta del Grau.



**Figura 15** Distribució de les qualificacions de pràctiques als diferents itineraris durant el curs 2016-2017.

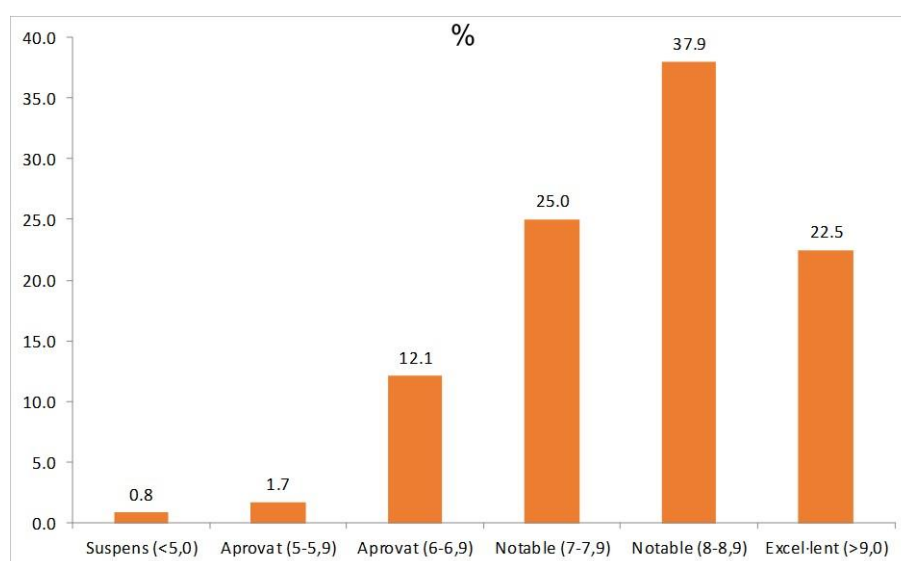
Respecte al qüestionari específic en línia, la Figura 16-A mostra que les qualificacions del qüestionari específic en línia (40%) van ser pitjors que les de la part experimental (laboratori (42%) i diari de laboratori (18%)). A més, la Figura 16-B mostra que no hi ha correlació entre la qualificació de la part experimental (laboratori+diari) i el qüestionari específic. Això indicaria que el qüestionari, on predominen els aprovats, sí que permetria diferenciar als estudiants, que tindrien qualificacions de la part experimental on predominen els notables. La manca de correlació entre ambdues qualificacions demostra que, a les pràctiques de laboratori, els coneixements i la destresa experimental, s'han d'avaluar específicament i separadament per garantir l'assoliment dels aprenentatges.



**Figura 16 A)** Distribució de les qualificacions de pràctiques segons les evidències d'avaluació i **B)** correlació entre les qualificacions del qüestionari específic i les de la part experimental. (cursos 2016-2017 i 2017-2018, ponderant les evidències).

A la Figura 17 es mostra una distribució de les qualificacions del qüestionari de reflexió dels estudiants durant els cursos en què es va desenvolupar el projecte (cursos 2016-2017 i 2017-2018). La distribució de les qualificacions mostra que la satisfacció dels estudiants amb els aprenentatges i competències adquirides i l'adequació de les activitats i materials emprats (nou text guia, les fitxes guia de la primera pràctica dels itineraris curriculars, els qüestionaris, etc), és molt elevada, amb una qualificació mitjana de 8,0.

Qualificació Mitjana 8,0



**Figura 17** Distribució de les qualificacions del qüestionari de reflexió dels estudiants (cursos 2016-2017 i 2017-2018).

A mode d'exemple, aquests són els comentaris a la darrera de les qüestions plantejades al qüestionari (Figura 11): “Explica breument el perquè de la teva resposta (màxim 150 paraules)” (s’han transcrit els textos originals):

#### \*Les qualificacions més altes

“Les pràctiques de Analítica han sigut molt bones tant per entendre millor com fer els càlculs i per fer les valoracions”. (Qualificació qüestionari reflexió 9,8).

“Aquestes pràctiques m'han servit per aprendre millor com treballar en un laboratori i com utilitzar el material volumètric correctament”. (Qualificació qüestionari reflexió 9,8).

“En aquestes pràctiques he pogut fer servir els coneixements adquirits a les classes de teoria i a més, he après diferents tècniques i mètodes experimentals”. (Qualificació qüestionari reflexió 9,3).

“Trobo que de moment han estat les pràctiques que més m'han servit per a saber treballar en un laboratori, donat que no només era realitzar la pràctica seguint un procediment, sinó que havíem de ajustar la nostra pràctica segons els càlculs previs (fets correctament) i un cop finalitzada, avaluar-la i comprovar com d'exacte, precís i veraç havíem treballat. I això m'ha resultat molt útil per a ser autocrítica”. (Qualificació qüestionari reflexió 9,3).

#### \*Les qualificacions més baixes

“Hi ha maneres i maneres d'explicar les coses.... no pot ser que es demani una cosa i algú s'aprofiti de la mateixa per treure't els mil d'errors que tenim (som novells) i fotre-te'ls en cara. A més , les pràctiques han estat aburrides i pesades, difícils en alguns punts, ja que no deixaven de centrar-se en el seu conjunt en fer valoracions.... Altres, en canvi, han ajudat en tot el que han pogut amb gran paciència. (Qualificació qüestionari reflexió 4,0).

“La disposició dels professors a resoldre dubtes es més efectiva que deixar als alumnes fer-ho totalment sols”. (Qualificació qüestionari reflexió 5,7).

“Les pràctiques m'han ajudat a aprendre com realitzar correctament els passos i càlculs previs per dur a terme varis tipus d'anàlisi volumètriques i altres processos analítics. També he assimilat molta informació sobre diversos

compostos i reaccions químics que abans desconeixia. Tot i així ja era conscient de la manera correcta d'usar la majoria el material i he trobat a faltar alguna indicació de com fer els càlculs en la llibreta. El treball en parella crec que és un bon mètode". (Qualificació qüestionari reflexió 6,0).

"Les pràctiques m'han servit per aprendre a perquè es fan els càlculs i a relacionar els conceptes dels resultats amb l'explicació teòrica. També m'ha ajudat a quan algun resultat no era l'esperat raonar quin podria haver estat l'error i posar-ho en pràctica per poder-ho comprovar. I m'han ajudat a treballar amb pulcritud. En quant a la llibreta, crec que la majoria de lo escrit en ella, excepte els càlculs, estava escrit als textos docents de les pràctiques, per tant, el escriure el nostra esquema era una mica orientatiu. Les pràctiques m'han agradat perquè hem utilitzat coses que tenim a l'abast". (Qualificació qüestionari reflexió 6,0).

Com es pot comprovar, els comentaris són positius inclús entre el petit percentatge d'estudiants que donen una qualificació baixa a les pràctiques després de la reflexió. Creiem, que amb les innovacions realitzades, l'estudiant surt molt satisfet amb els aprenentatges i competències assolides, cosa que abans no ho podíem garantir del tot.

Respecte a l'avaluació creuada dels dos membres de la parella de treball de laboratori, creiem que encara s'ha de treballar més el concepte i les eines emprades (potser un qüestionari no és el mes apropiat) per garantir l'honestetat de l'avaluació i incorporar les valoracions en el procés d'avaluació final. Les qualificacions van ser en general molt altes, pràcticament totes 4/5 o superior en totes les qüestions plantejades, excepte en els casos de parelles en les que ja s'havia detectat alguna disfunció en el dia a dia de les pràctiques al laboratori.

Respecte a la participació dels professors al qüestionari de reflexió, a diferència dels estudiants on la participació va ser total, va ser molt baixa, amb el que els resultats no tenen valor estadístic. No obstant, vàrem rebre la retroacció del professorat implicat durant les sessions de coordinació que es van fer al començament i al final de cada curs. En general, la satisfacció és molt elevada i l'acceptació i aplicació de les innovacions realitzades total, el que reflexa l'èxit del projecte plantejat.

## **6. Transferibilitat**

Totes les innovacions desenvolupades estan consolidades i s'han continuat aplicant durant el curs 2018-2019 i es continuaran aplicant durant el curs 2019-2020 a les classes pràctiques de laboratori de l'assignatura Química Analítica del Grau de Farmàcia. Aquestes innovacions es podrien també aplicar de forma immediata a d'altres assignatures teoricopràctiques dels graus de Ciències Experimentals i de la Salut.

Part dels treballs realitzats van ser presentats en forma de comunicació oral convidada a la "IV Jornada sobre estratègies para la innovación de la actividad docente en Química Analítica" que es va celebrar a Alcalá de Henares (Madrid) els dies 5 i 6 de Juliol del 2018, organitzada per la Sociedad Española de Química Analítica (SEQA). El professorat d'altres universitats catalanes i espanyoles es va mostrar molt interessat pel projecte.

## **7. Valoració de l'experiència**

L'experiència ha sigut molt positiva perquè ha permès transformar i millorar les pràctiques de laboratori d'aquesta assignatura, garantint la qualitat i homogeneïtat dels aprenentatges i les competències adquirides pels estudiants i la seva satisfacció, així com la dels professors, que han fet un gran esforç per adaptar-se a les innovacions plantejades, amb el que reconeixen la seva gran vàlua.

Durant els pròxims cursos es continuarà treballant per millorar alguns aspectes de les pràctiques com són l'avaluació creuada, el diari de laboratori (realització, presentació, avaluació objectiva, etc.), el valor del qüestionari específic per a cada itinerari de pràctiques en la qualificació final o la revisió dels continguts d'alguns dels itineraris.