

### UNA PLANIFICACIÓN INNOVADORA Y NUEVOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN PARA LA MEJORA DEL APRENDIZAJE EN UN LABORATORIO DE PRÁCTICAS DE QUÍMICA ANALÍTICA BÁSICA

Fernando Benavente, Elisabet Fuguet, Estela Giménez, Santiago Hernández, Laura Pont, Lluís Puignou, Núria Serrano, Xavier Subirats, Álex Tarancón

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica. Universidad de Barcelona. Martí i Franquès 1-11, 08028 Barcelona

*Este trabajo presenta las acciones realizadas para la mejora del aprendizaje en el laboratorio de prácticas de una asignatura de Química Analítica Básica, como es la **Química Analítica del Grado de Farmacia de la Universidad de Barcelona**. Lo que comenzó en el marco de un proyecto de innovación docente, se ha consolidado para vertebrar el funcionamiento de estas prácticas de laboratorio hasta la actualidad, involucrando satisfactoriamente del orden de 350 estudiantes y 20 profesores por curso.*

#### 1. Introducción

El aprendizaje de las clases prácticas de laboratorio que se incluyen como parte de muchas asignaturas teórico-prácticas de los grados de Ciencias Experimentales y de la Salud es complejo desde el punto de vista organizativo. La mayor dificultad la provoca la necesidad de simultanear las clases prácticas de laboratorio con las de teoría y seminarios, teniendo que dividir los estudiantes en grupos mucho más reducidos, a causa de la disponibilidad limitada de tiempo durante el semestre y el espacio existente en el laboratorio. De acuerdo a nuestra experiencia, el gran número de grupos de clases prácticas de laboratorio, de profesorado implicado y la variedad de conocimientos teóricos previos de los estudiantes, comporta a menudo poca homogeneidad en el aprendizaje del estudiante y en el alcance de las diferentes competencias, así como en su posterior evaluación. Este hecho se ve especialmente agravado en el caso de la asignatura **Química Analítica del Grado de Farmacia de la Universidad de Barcelona**, que es una asignatura de primer curso donde el número anual de estudiantes implicados es muy grande, del orden de 500, cuando la capacidad máxima del laboratorio de prácticas es de 30 alumnos. Además, las prácticas de laboratorio se llevan a cabo en parejas, lo que dificulta conocer el grado de aprendizaje alcanzado por cada miembro de la pareja durante la semana de prácticas. Finalmente, el programa incluye más de 30 experiencias, que se simultanean en el laboratorio y se evalúan de forma continua con el objetivo de fomentar el desarrollo, tanto de las competencias transversales de los estudiantes, como de las específicas. En este trabajo se presentan las mejoras introducidas para solucionar estos problemas, que consisten en la propuesta de una planificación integral innovadora de las clases prácticas de laboratorio, basada en la coordinación del equipo

docente, en el establecimiento de itinerarios de prácticas cerrados, en la evaluación continua y en la introducción de nuevos materiales de aprendizaje e instrumentos de evaluación a través del campus virtual de la asignatura. El proyecto se desarrolló durante los cursos académicos 2016-2017 y 2017-2018, pero las acciones realizadas han seguido en funcionamiento hasta la actualidad, incluso en el escenario de excepcionalidad y adaptación al que ha obligado la pandemia de COVID-19.

#### 2. Contexto de aplicación y objetivos de aprendizaje

La Química Analítica es una asignatura de segundo semestre del primer curso del Grado de Farmacia de 6 créditos ECTS y 150 h de dedicación a actividades presenciales (60 h: teoría (25 h), seminarios (15 h) y prácticas de laboratorio (20 h)), trabajo tutelado (40 h) y aprendizaje autónomo (50 h). Las clases de teoría se organizan en 7 grupos (alrededor de 500 alumnos matriculados cada curso, 150 de los cuales son repetidores), mientras que, en las clases de seminarios, el grupo se desdobra a la mitad del grupo-clase. En un curso normal, debido a las limitaciones temporales y de espacio, las prácticas de laboratorio se organizan en 12 grupos de 30 estudiantes (con 3 profesores de la sección departamental de Química Analítica por grupo) y tienen una duración de una semana (4 horas/día o sesión).

Los 3 profesores responsables de cada uno de los grupos de prácticas son los encargados de supervisar el trabajo realizado por los estudiantes y finalmente calificar las prácticas. El hecho de que haya 12 grupos supone que el número de profesores implicados sea muy elevado, habiendo generalmente entre 15 y 20 profesores diferentes cada curso, y a menudo éstos no son los mismos que imparten la teoría. Por otra parte, los conocimientos de los alumnos de los diferentes grupos son muy poco homogéneos, ya que los de los primeros grupos hacen las prácticas casi sin haber iniciado la teoría y los seminarios (las prácticas suelen comenzar dos semanas después de la teoría), mientras que los de los últimos grupos las hacen cuando ya se ha impartido casi la mitad del curso.

Hasta antes de desarrollar este proyecto, las carencias de aprendizaje en las clases prácticas de laboratorio de la asignatura Química Analítica estaban ligadas a su

organización, la programación temporal respecto a las clases de teoría, la variedad de conocimientos teóricos previos de los estudiantes, el gran número de alumnos matriculados, la gran cantidad de profesorado implicado, la realización de las prácticas en parejas y la gran variedad de experiencias incluidas en el programa de la asignatura. Las innovaciones planteadas se adaptaron a este escenario con el objetivo de homogeneizar el aprendizaje y el alcance de las competencias transversales y específicas de los estudiantes, así como objetivar su evaluación. En concreto, se pretendió mejorar los siguientes aspectos de aprendizaje de los alumnos:

- i. Saber seleccionar y utilizar la información bibliográfica para escoger el tratamiento y el método de análisis volumétrico más adecuado para cada determinación y llevar a cabo los cálculos previos necesarios.
- ii. Conocer los instrumentos y material básico de laboratorio y saber cómo utilizarlos correctamente.
- iii. Aprender a seguir e interpretar los procedimientos analíticos basados en métodos volumétricos ácido-base, de complejación, rédox y de precipitación.
- iv. Saber cómo organizarse y planificar el trabajo en el laboratorio, y desarrollar el sentido crítico.
- v. Elaborar y utilizar correctamente un diario de laboratorio.
- vi. Saber evaluar y expresar correctamente los resultados de un análisis.

### 3. Acciones desarrolladas

Una pieza fundamental para lograr la homogenización planteada fue la coordinación del equipo docente para realizar una planificación idéntica para todos los entornos de prácticas, a partir de más de 30 volumetrías diferentes incluidas en el programa de las clases prácticas. Estas 30 experiencias se recogen en el texto guía de las prácticas que fue revisado durante el proyecto [1]. Las diferentes prácticas se clasificaron por tipos de análisis (estandarización o determinación), equilibrio (ácido-base en medio acuoso o no acuoso, complejación, rédox y precipitación) y grado de dificultad (de menor a mayor dificultad: verde, naranja y rosa, **Figura 1-A**), y se diseñaron ocho itinerarios de prácticas cerrados con contenidos y grados de dificultad equivalentes (**Figura 1-B**), pero sin renunciar a plantear diferentes tipos de muestras para los diversos itinerarios. Los itinerarios desarrollados se diseñaron para cubrir la totalidad de los objetivos de aprendizaje de la asignatura y los aspectos a mejorar.

Para fomentar un entorno activo y crítico de aprendizaje, además de la gran variedad de prácticas

programadas, cada nueva experiencia se planteó como un nuevo problema analítico a resolver (PBL, “Problem Based Learning”), como a menudo se propone en las asignaturas prácticas del área. Los estudiantes solamente contaban con un valor aproximado de la concentración de analito a determinar y una indicación del método de análisis a aplicar. A partir del texto guía, la consulta en ocasiones de bibliografía adicional [2], la posterior discusión con el profesor y otras herramientas, que se desarrollaron en el marco de este proyecto, y que se expondrán a continuación, el estudiante abordaba el problema planteado.

A)

| 1. DISOLUCIONES PATRÓN   |  |
|--|--|
| Estandarización de una disolución de hidróxido de sodio 0,1 M                        |  |
| Estandarización de una disolución de nitrato de plata 0,1 M                          |  |
| Estandarización de una disolución de tiocianato de potasio 0,05 M                    |  |
| Estandarización de una disolución de ácido perclórico 0,1 M en ácido acético glacial |  |
| Estandarización de una disolución de EDTA 0,1 M (0,02 M)                             |  |
| Estandarización de una disolución de permanganato de potasio 0,02 M                  |  |
| Estandarización de una disolución de ácido sulfúrico 0,1 M                           |  |
| Estandarización de una disolución de ácido clorhídrico 0,1 M                         |  |
| Estandarización de una disolución de tiosulfato de sodio 0,1 M                       |  |
| Estandarización de una disolución de sulfato de cerio (IV) 0,05 M                    |  |
| 2. VOLUMETRÍAS ÁCIDO-BASE  |  |
| Determinación de la acidez de un vinagre   |  |
| Determinación del contenido de ácido acetilsalicílico en comprimidos analgésicos     |  |
| Determinación de hidrogenocarbonato en un agua                                       |  |
| Determinación del índice o el grado de acidez de un aceite vegetal                   |  |
| 3. VOLUMETRÍAS ÁCIDO-BASE EN MEDIO NO ACUOSO   |  |
| Determinación de la pureza de una muestra de amoxicilina de sodio en un antibiótico  |  |
| Determinación de la pureza de una muestra de antipirina                              |  |
| 4. VOLUMETRÍAS DE COMPLEJACIÓN   |  |
| Determinación de la dureza del agua: determinación de calcio y magnesio              |  |
| Determinación del contenido de cobre (II) en un antifúngico (complexometría)         |  |
| 5. VOLUMETRÍAS DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN  |  |
| Determinación del contenido del cloro activo en una lejía                            |  |
| Determinación del contenido del hierro(II) en un fármaco antianémico                 |  |
| Determinación de hierro(II) en un complejo orgánico antianémico                      |  |
| Determinación del contenido de peróxido de hidrógeno en una muestra comercial        |  |
| Determinación del contenido de peróxido de hidrógeno en una muestra comercial        |  |
| Determinación del índice de permanganato de un vino                                  |  |
| Determinación del índice de yodo de un aceite vegetal                                |  |
| Determinación del contenido de cobre(II) en un antifúngico (yodometría)              |  |
| Determinación del ácido ascórbico en un preparado farmacéutico                       |  |
| 6. VOLUMETRÍAS DE PRECIPITACIÓN  |  |
| Determinación de cloruro (Volhard) en una muestra de sal común                       |  |
| Determinación de bromuro (Volhard) en comprimidos anticonvulsivos de uso veterinario |  |
| Determinación de cloruros (Mohr y Volhard) en una muestra de agua                    |  |

B)

| MODELOS DE PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO                |                                     |   |                            |   |
|---|-------------------------------------|---|----------------------------|---|
| 1 <sup>er</sup> día                                 | 2 <sup>o</sup> día                  | 3 <sup>er</sup> día                           | 4 <sup>o</sup> día         | 5 <sup>o</sup> día                            |
| HCl 0,1 M   | Br <sup>-</sup><br>(anticonvulsivo) | Dureza (H <sub>2</sub> O)                     | Índice de yodo<br>(aceite) | Amoxicilina                                   |
| EDTA 0,1 M  | Amoxicilina                         | AAS   | Cl <sup>-</sup> (agua)     | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(yodometría) |
| NaOH 0,1 M  | Dureza (H <sub>2</sub> O)           | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub><br>(yodometría) | AAS                        | Cl <sup>-</sup> (agua)                        |
| AgNO <sub>3</sub> 0,1 M<br>/KSCN 0,05 M             | Fe (II)<br>(antianémico)            | Vitamina C                                    | H <sup>+</sup> (vinagre)   | Cu (fungicida)<br>complexometría              |
| Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,1 M | Dureza (H <sub>2</sub> O)           | Cl <sup>-</sup> (sal<br>común)                | Vitamina C                 | Antipirina                                    |

**Figura 1.** (A) Ejemplo de clasificación de las diferentes prácticas. Los niveles de dificultad se indican con colores (de menor a mayor dificultad: verde, naranja y rosa). (B) Ejemplo de 5 de los 8 itinerarios planteados para las 5 sesiones prácticas.

Entre las herramientas desarrolladas para mejorar el aprendizaje destaca la preparación de una ficha guía que describe en detalle el desarrollo del proceso analítico a realizar de la primera práctica de cada itinerario (**Figura 2**): el planteamiento del problema a resolver, la redacción del diario de laboratorio, la evaluación de los resultados y la elaboración de las conclusiones. De esta manera el alumno ya disponía de

un primer ejemplo que le tenía que servir de modelo para preparar y plantear correctamente el resto de determinaciones de su itinerario. Estas fichas guía estaban disponibles en el campus virtual de la asignatura antes del inicio de las prácticas.

Fecha (día/mes/año)  
**ESTANDARIZACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 0,1 MOL L<sup>-1</sup>**

**Objetivo**  
 Establecer la concentración exacta de la solución que será patrón para volumetrías ácido-base. Como el NaOH no es patrón primario, se debe estandarizar la solución.

**Bibliografía**  
 C. Ariño, G. Fonrodona, M. Llauredó, L. Puignou, Prácticas de Química Analítica Básica. Textos docentes, 396. Publicaciones de la Universidad de Barcelona, 2015.

**Datos iniciales de la solución a estandarizar**  
 La solución a valorar tiene una concentración aproximada de 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Se prepara a partir de hidróxido de sodio.

**Procedimiento y cálculos previos**  
 Se determina la concentración exacta de la solución mediante la valoración del NaOH con una sustancia patrón primario, como puede ser hidrogenofalato de potasio (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>COOHCOOK, 204,23 g mol<sup>-1</sup>). Se trata de una valoración directa.

- Se pesan, por diferencia y por triplicado en una balanza analítica (+/-0,1 mg), alrededor de 0,40 g de hidrogenofalato de potasio, previamente desecado (105-110°C, 1 h). Se transfiere directamente a un erlenmeyer y se disuelve con unos 100 mL de agua desionizada.
- Se añaden 3 gotas del indicador fenolftaleína.
- Se valora cada muestra cuidadosamente hasta el viraje del indicador.  
 $C_6H_4COOHCOO^- + OH^- \rightarrow C_6H_4(COO^-)_2 + H_2O$

(La descripción del procedimiento se puede realizar en forma de esquema de trabajo)

$$0,40 \text{ g } C_6H_4COOHCOOK \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_4COOHCOOK}{204,23 \text{ g } C_6H_4COOHCOOK} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol } C_6H_4COOHCOOK} \times \frac{1 \text{ L valorante}}{0,10 \text{ mol NaOH}} \times \frac{1000 \text{ mL valorante}}{1 \text{ L valorante}} = 19,6 \text{ mL valorante}$$

Como se espera consumir 19,6 mL de valorante, se utilizará una bureta de 25 mL.

**Seguridad y residuos**

- El NaOH es una base corrosiva y, por tanto, se tiene que utilizar con precaución. En caso de contacto con la piel, de debe limpiar con mucha agua.
- Los reactivos en las concentraciones utilizadas en el procedimiento no presentan toxicidad y pueden diluirse y tirarse por la pica.

**Observaciones y resultados**  
 (en este apartado se tienen que anotar las observaciones experimentales que no queden reflejadas en el procedimiento, como cambios de coloración, aparición o desaparición de precipitados, etc., y también las incidencias, como pérdida de muestra, errores, etc.)

Pesadas de patrón primario (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>COOHCOOK): 1) 0,4053 g; 2) 0,4285 g; 3) 0,4201 g

Se considera que se ha alcanzado el punto final de la valoración cuando se observa la primera aparición de color rosa persistente (15-20 s).

Valorante consumido (NaOH): 1) 20,15 mL; 2) 21,05 mL; 3) 20,65 mL

$$0,4053 \text{ g } C_6H_4COOHCOOK \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_4COOHCOOK}{204,23 \text{ g } C_6H_4COOHCOOK} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol } C_6H_4COOHCOOK} \times \frac{1 \text{ L NaOH}}{20,15 \text{ mL NaOH}} \times \frac{1000 \text{ mL NaOH}}{1 \text{ L NaOH}} = 0,09849 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaOH}$$

| Replicado | Patrón primario (g) | Valorante (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                                  |
|           |                     |                | <b>Media: 0,09926 mol L<sup>-1</sup></b> |

Desviación estándar: 0,00066, Desviación estándar relativa (RSD): 0,7%

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

**Evaluación de resultados**  
 La concentración de NaOH obtenida (0,0993 mol L<sup>-1</sup>) es coherente con el valor esperado (0,10 mol L<sup>-1</sup>), y el valor de la RSD (0,7%) refleja una dispersión de los replicados adecuada (≤1%).

(encontrareis información sobre el valor aceptable de RSD en la bibliografía)

**Figura 2.** Ejemplo de ficha guía para la primera práctica de uno de los itinerarios.

También se preparó un modelo de entrevista personal para realizar al comienzo de la segunda sesión de prácticas, que permitía evaluar el grado de preparación y comprensión de la práctica a realizar y otras capacidades del estudiante (planificación, adaptación del método, etc.), que contaba con la experiencia previa de la primera práctica con ficha guía. En esta misma línea, se elaboró una guía orientativa de entrevista personal general para realizar al estudiante por el profesorado novel (**Figura 3**).

## QUÍMICA ANALÍTICA

Grado de Farmacia. Prácticas

Guía orientativa de entrevista personal



UNIVERSITAT DE BARCELONA

### Consideraciones a realizar al estudiante antes de comenzar una práctica

- ¿Cuál es el objetivo de la práctica?
- ¿De qué tipo de volumetría se trata? (De acuerdo a la reacción analítica. P.ej. Ácido-base)
- ¿De qué tipo de volumetría se trata? (De acuerdo al modo de operación. P. ej. Por retroceso)
- ¿Qué valorante se emplea?
- ¿Qué analito o patrón primario se valora?
- ¿Qué indicador se utiliza?
- ¿Qué reacciones se producen? (Asegurarse de que las reacciones estén bien escritas e igualadas).
- Reparar conjuntamente el esquema de trabajo realizando las consideraciones que se crean oportunas para cada práctica.
- Comprobar los cálculos previos.
- Resolución de las dudas/preguntas del alumno.

**Figura 3.** Guía orientativa de entrevista personal general para el profesorado novel.

Además, se desarrollaron diversas herramientas para mejorar la evaluación de las competencias y los aprendizajes alcanzados. Se prepararon bancos de preguntas y se diseñaron cuestionarios específicos para cada itinerario de prácticas (en el entorno Moodle del campus virtual). Los cuestionarios tenían 12 preguntas a contestar en un máximo de 30 minutos y se realizaban individualmente y en línea en un aula de informática de la Facultad de Farmacia, durante la última hora de la última sesión de prácticas. Los estudiantes podían disponer del texto guía y del diario de laboratorio durante la prueba. El diario de laboratorio se debía entregar al acabar la prueba. Además, se preparó una guía de calificación del trabajo experimental (**Figura 4**), que incluía el diario y el trabajo de laboratorio, y se automatizó la evaluación individual de cada estudiante a través del calificador del campus virtual. En el calificador se consideraban las tres evidencias de evaluación y las ponderaciones siguientes: el diario de laboratorio (18% de la calificación final), el trabajo de laboratorio (42%) y el cuestionario específico (40%) (**Figura 5**). También se diseñó un documento para la evaluación cruzada de los dos miembros de la pareja de trabajo del laboratorio. De esta manera se pretendía desarrollar el sentido crítico y evaluar el grado de implicación del compañero en las prácticas. La evaluación entre iguales se hacía inmediatamente después del cuestionario específico en la misma aula de informática y no se tenía en cuenta para la evaluación final de las prácticas. Finalmente, además del cuestionario específico de evaluación final

para cada itinerario y la evaluación cruzada, se realizó otro cuestionario en línea de reflexión para que los estudiantes valorasen los aprendizajes y competencias alcanzadas, así como la adecuación de las actividades y materiales utilizados (texto guía, fichas guía de la primera práctica de los itinerarios, los cuestionarios, etc.). También se invitó a los profesores a realizar un cuestionario de reflexión en línea para obtener una valoración similar a la de los estudiantes.

## Trabajo en el laboratorio

Realización de prácticas de análisis volumétrico utilizando indicadores químicos. Se incluye la preparación de soluciones auxiliares y patrón, estandarización de soluciones valorantes y análisis de productos de interés farmacéutico y alimentos.

### Criterios de calificación

Para evaluar el trabajo realizado en el laboratorio se aplica una guía de calificación que tiene en cuenta: las prácticas realizadas, el grado de preparación previa, los resultados obtenidos y la actitud en el laboratorio, es decir, la puntualidad, organización, trato y correcta utilización del material y la interacción con profesores y compañeros.

#### 1. NÚMERO DE PRÁCTICAS

A lo largo de la semana se podrán realizar 5 o más prácticas.

#### 2. ENTREVISTA

Se valorará la preparación de una de las prácticas que se habrá anunciado el día anterior. Se considerará el conocimiento y la comprensión del procedimiento así como la realización de los cálculos previos.

#### 3. ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL TIEMPO

El trabajo en el laboratorio debe ser fluido y continuo mediante una buena planificación.

#### 4. USO DEL MATERIAL DE LABORATORIO Y TRABAJO EXPERIMENTAL

Aprender a escoger los útiles y material de laboratorio acorde a la operación a realizar.

#### 5. EXPRESIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Aprender a utilizar el criterio de cifras significativas para expresar el resultado de un análisis químico.

#### 6. PUNTUALIDAD/SEGURIDAD/RESIDUOS

Asistir al laboratorio, cumplir con las normas de seguridad y tratar adecuadamente los residuos que se generen en las prácticas.

**Figura 4.** Guía de evaluación del trabajo experimental publicada en el campus virtual (ejemplo para el trabajo en el laboratorio).

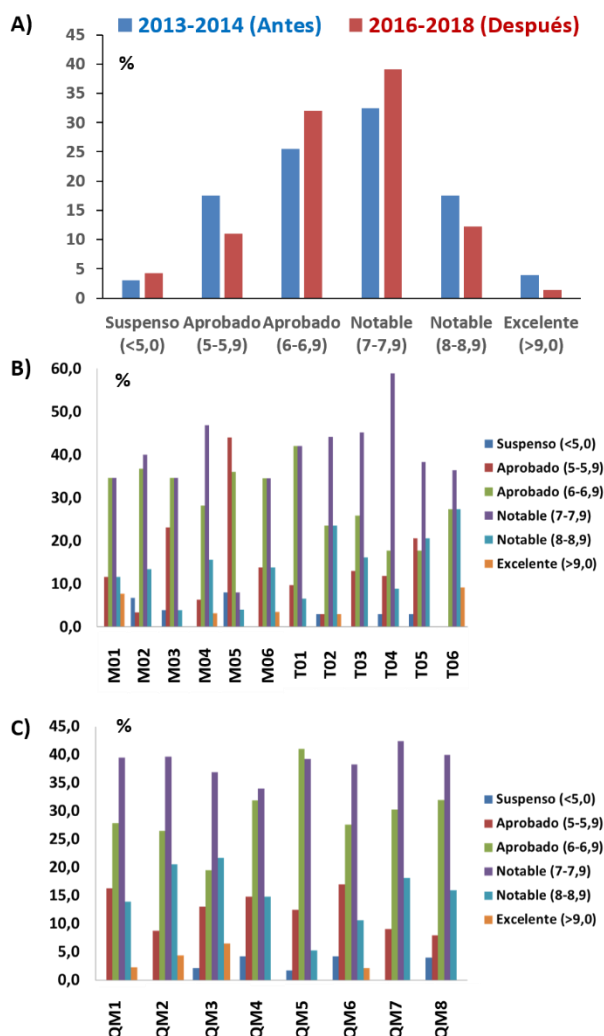
|  |
|--|
| <b>DIARIO DE LABORATORIO (18%)</b>                                     |
| 1. Presentación y ortografía (ficha guía práctica 1). Lenguaje técnico |
| 2. Contenido (exposición de los diferentes Trabajos a describir)       |
| <b>TRABAJO DE LABORATORIO (42%)</b>                                    |
| 3. Número de prácticas.  |
| 4. Entrevistas   |
| 5. Organización y planificación del tiempo.                            |
| 6. Uso del material de laboratorio y trabajo experimental.             |
| 7. Expresión y evaluación de los resultados.                           |
| 8. Puntualidad, seguridad y residuos.                                  |
| <b>CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS (40%)</b>                                 |
| 9. Realización de un cuestionario específico individual.               |

**Figura 5.** Evidencias de evaluación y ponderación a considerar en el campus virtual.

## 4. Resultados y discusión

El estudio de las calificaciones finales de las clases prácticas, su comparación con las de cursos anteriores, y su correlación con los diferentes itinerarios de prácticas, la fecha de realización de las prácticas y el profesorado encargado, permitió evaluar la idoneidad de los itinerarios planteados y las innovaciones realizadas para conseguir mejorar la homogeneidad de la evaluación de los aprendizajes y el logro de las competencias de la asignatura.

La **Figura 6-A** muestra que, a pesar del ligero aumento en el número de aprobados (6-6,9) y notables (7-7,9), no hay diferencias significativas en el promedio y la distribución de las calificaciones antes (curso 2013-2014) y durante los cursos en que se desarrolló el proyecto (cursos 2016-2017 y 2017-2018). En la **Figura 6-B** se muestra que si se analizan los resultados de un curso en concreto (2016-2017), sí que se observan puntualmente algunos grupos con mayor proporción de aprobados (p.e. M05) o notables (T02-T06). Sin embargo, no se observan tendencias relacionadas con el momento de realización de las prácticas o el profesorado implicado, lo que indicaría que las innovaciones planteadas permiten solucionar el problema de la temporalidad y la gran cantidad y variedad de profesores implicados. En la **Figura 6-C** se muestra que durante este mismo curso (2016-2017) los resultados para los diferentes itinerarios fueron muy similares, con alguna excepción, como los itinerarios QM4 y QM5, donde había un aumento de la proporción de aprobados. Esto era debido a la inclusión en estos itinerarios de las determinaciones del hierro y del ácido ascórbico, que eran especialmente complejas. A pesar de esta puntualización, se puede asegurar que los itinerarios planificados son homogéneos por lo que respecta a contenidos y grados de dificultad, pero sin renunciar a la gran variedad de prácticas planteadas en el texto guía, ni a plantear diferentes tipos de muestras para los diferentes itinerarios. Esta variedad, juntamente con el hecho de que los procedimientos no son cerrados, son dos de los puntos mejor valorados en las encuestas de satisfacción de los estudiantes de la asignatura y que diferencian estas prácticas del resto de Grado. Respecto al cuestionario específico en línea, las calificaciones fueron peores que las de la parte experimental. Esto indicaría que el cuestionario, donde predominan los aprobados, sí que permitiría diferenciar a los estudiantes, que tendrían calificaciones de la parte experimental donde predominan los notables. La falta de correlación entre ambas calificaciones ( $R^2= 0.0298$  "Cuestionario" vs "Laboratorio+Diario") demuestra también que los conocimientos y la habilidad experimental se deben evaluar específicamente y separadamente para garantizar el alcance de los aprendizajes.



**Figura 6. (A)** Distribución de las calificaciones de las prácticas antes (curso 2013-2014) y después de las innovaciones (cursos 2016-2017 y 2017-2018). **(B)** Distribución de las calificaciones de prácticas en los diferentes grupos del curso 2016-2017. **(C)** Distribución de las calificaciones de prácticas en los diferentes itinerarios del curso 2016-2017.

En referencia al cuestionario de reflexión de los estudiantes durante los cursos en los que se desarrolló el proyecto (cursos 2016-2017 y 2017-2018), la distribución de las calificaciones demostró que la satisfacción de los estudiantes con los aprendizajes y competencias alcanzadas y la adecuación de las actividades y materiales utilizados era muy elevada, con una calificación media de 8,0. Respecto a la evaluación cruzada de los dos miembros de la pareja de trabajo de laboratorio, creemos que todavía se debe trabajar más el concepto y las herramientas utilizadas para garantizar la honestidad de la evaluación e incorporar las valoraciones en el proceso de evaluación final. Las calificaciones fueron muy altas, prácticamente todas 4/5 o superior en todas las cuestiones planteadas, excepto en los casos de parejas en los que ya se había detectado alguna disfunción en el día a día

de las prácticas de laboratorio. Finalmente, la participación de los profesores en los cuestionarios de reflexión, a diferencia de los estudiantes donde hubo una participación total al ser obligatoria, fue muy baja, por lo que los resultados no tenían valor estadístico. Sin embargo, se recibió en persona la retroacción del profesorado implicado durante las sesiones de coordinación que se realizaron al inicio y al final de cada curso. En general, la satisfacción es muy elevada y la aceptación y la aplicación de las innovaciones realizadas total, lo que refleja el éxito del proyecto.

El proyecto planteado ha permitido transformar las prácticas de laboratorio de esta asignatura, garantizando la calidad y homogeneidad de los aprendizajes y las competencias alcanzadas por los estudiantes, así como su satisfacción y la de los profesores implicados, que han hecho un gran esfuerzo para adaptarse a las innovaciones planteadas. Prueba del éxito es que todas estas innovaciones están consolidadas y se han continuado aplicando durante los cursos 2018-2019 y 2019-2020, hasta la suspensión de los laboratorios de prácticas por la pandemia de COVID-19. Este curso 2020-2021 se aplicarán adaptadas al escenario de excepcionalidad al que nos sigue obligando la situación de emergencia sanitaria. Las innovaciones propuestas se podrían aplicar también de forma inmediata a otras asignaturas teórico-prácticas de los Grados de Ciencias Experimentales y la Salud.

### 5. Referencias

[1] Ariño, C.; Fonrodona, G.; Llauredó, M.; Puignou, Ll. *Pràctiques de Química Analítica Bàsica*, Textos Docentes. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. Segona Edició, 2017, ISBN 978-84-475-3888-1.

[2] Fonrodona, G.; Guiteras, J.; Rubio, R. *Curso experimental en Química Analítica*. Editorial Síntesis. Primera Edició, 2003, ISBN 978-84-975-6072-6.

*Este trabajo se ha realizado en el contexto del Proyecto de Investigación, Mejora e Innovación Docente 2016PID-UB/014 "Mejora del aprendizaje en las asignaturas prácticas de Química Analítica mediante una planificación integral basada en la evaluación continuada y nuevos instrumentos de evaluación", y el profesorado implicado es miembro de los Grupos de Innovación Docente: GIDQACCS (Grupo de Innovación Docente Química Analítica en las Enseñanzas de Ciencias y Ciencias de la Salud, GINDOC-UB/111) y NEAQA (Nuevas estrategias de aprendizaje en Química Analítica, GINDO-UB/166) de la Universidad de Barcelona.*