

Resolución de problemas analíticos de la sociedad mediante las prácticas de Química Analítica

Estrella Espada Bellido, Dolores Bellido Milla, Marta Ferreiro González, Purificación Hernández Artiga, Gerardo Fernández Barbero

*Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

estrella.espada@uca.es

RESUMEN: Las prácticas de Química Analítica II y Química Analítica III están dirigidas al análisis de analitos de interés para la sociedad en muestras relacionadas con el medioambiente, la alimentación, la industria farmacéutica,... mediante el empleo de técnicas de análisis clásicas e instrumentales, siendo un claro ejemplo de la responsabilidad social que presenta la Química Analítica. Sin embargo, una forma demasiado tradicional de llevar a cabo las prácticas de laboratorio conlleva a que el principal objetivo no llegue a ser asimilado por los alumnos. Por ello, se ha llevado a cabo un cambio en la metodología de enseñanza de las prácticas de laboratorio de ambas asignaturas, dando un énfasis especial a dos de las etapas clave en las prácticas de laboratorio: la introducción e importancia de la práctica al inicio de cada sesión mediante la proyección de un video inicial donde una persona ajena les plantea un caso real con una posible problemática analítica de la sociedad así como la entrega de los resultados de los análisis en los diferentes formatos que van a requerir en su futuro investigador y/o profesional: póster, exposición oral o informe de empresa. Más del 90% de los alumnos indican que la nueva metodología docente les ha servido para aplicar los conocimientos teóricos y resolver problemas reales dentro del área de la Química Analítica. Además, se ha observado a unos alumnos más motivados, demostrando una excelente mejora de la asimilación de los conceptos adquiridos en comparación con otros cursos académicos anteriores.

PALABRAS CLAVE: proyecto, innovación, mejora docente, Química Analítica, prácticas, laboratorio, resolución de problemas analíticos, sociedad.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos prioritarios para alcanzar la finalidad práctica de la Química Analítica es la resolución de los problemas analíticos planteados por la sociedad. Es importante que el conocimiento químico-analítico se extienda a la sociedad en forma de respuestas y soluciones a necesidades y problemas informativos (1). De hecho, la Química Analítica es también conocida como la Ciencia de la Información (1).

Por su parte, las prácticas de las asignaturas Química Analítica II (QAII) y Química Analítica III (QAIII) impartidas en el Grado en Química, constan de una serie de prácticas de laboratorio dirigidas al análisis de analitos de interés para la sociedad (iones calcio y magnesio de un agua, paracetamol en preparados farmacéuticos, cloro activo en una lejía,...) en muestras relacionadas con el medioambiente, la alimentación, la industria farmacéutica,... mediante el empleo de técnicas de análisis clásicas e instrumentales, siendo un claro ejemplo de la responsabilidad social que presenta la Química Analítica. De esta forma, las prácticas de Química Analítica II y III se convierten en una pieza clave para resolver problemáticas analíticas reales de la sociedad (Figura 1).

Sin embargo, aunque a primera vista pueda parecer que el objetivo de la Química Analítica como Ciencia de la Información y como Ciencia capaz de resolver problemas analíticos, se encuentre claramente reflejado en las prácticas de estas asignaturas, parece que no llega a ser asimilado como tal por parte de los alumnos. A pesar de que los contenidos de las prácticas engloban problemáticas reales de la sociedad, y que probablemente en unos años algunos de esos alumnos tengan que abordar problemas similares en sus respectivos puestos de trabajo, se detecta cada vez más una baja motivación y escaso interés por parte de los alumnos hacia la

adquisición de esos conocimientos mostrándose reacios a aceptar que las prácticas de laboratorio puedan ser de utilidad para ellos en un futuro no muy lejano.



Figura 1. Representación esquemática del objetivo de este proyecto de innovación docente.

Tras varios años de experiencia impartiendo las prácticas de laboratorio de las asignaturas de QAII y QAIII, los profesores responsables consideramos que esa baja motivación viene dada no por el contenido de las prácticas sino por el seguimiento de una metodología demasiado tradicional a la hora de llevar a cabo las prácticas de laboratorio.

La metodología que se sigue normalmente en los laboratorios consiste en: (1) la lectura de un guión de prácticas, al que muchas veces el alumno ni siquiera dedica el tiempo suficiente, (2) desarrollo de las prácticas siguiendo los diferentes pasos del apartado experimental del guión de

prácticas, donde la mayoría de las veces el alumno no sabe realmente qué es lo que está haciendo, y (3) evaluación de los resultados de la práctica mediante una hoja de resultados. Esta forma tradicional de llevar a cabo las prácticas de laboratorio conlleva en la mayoría de los casos a esa apatía y baja motivación de la que hablamos. El alumno no encuentra aliciente ni ve la necesidad de adquirir esos conocimientos para su futuro profesional. Además, la evaluación por parte del profesor de los resultados en formato de hoja de resultados, impide que las aclaraciones, anotaciones, comentarios,... que realiza el profesor sobre las mismas lleguen a manos del alumno, pues rara vez un estudiante se acerca a las tutorías académicas con interés de revisar las hojas de resultados y ver en qué ha fallado.

Por todo ello, se pretende dar un salto hacia delante en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las prácticas de laboratorio de las asignaturas de QAI y QAIII, llevando a cabo un cambio en la metodología de enseñanza de las prácticas de laboratorio de ambas asignaturas, dándole la importancia que se merece y el enfoque adecuado a la resolución de problemas analíticos de la sociedad mediante la Química Analítica. Además, se pretende modificar la forma de presentar los resultados, dejando atrás la tradicional y poco satisfactoria hoja de resultados, la cual no permite ningún tipo de retroalimentación por parte del alumno.

Así, en este proyecto de innovación docente se pretende dar un énfasis especial a dos de las etapas clave en las prácticas de laboratorio: la introducción e importancia de la práctica al inicio de cada sesión de laboratorio, y la presentación y evaluación de los resultados al finalizar la misma.

Nueva metodología de enseñanza para las prácticas de laboratorio de Química Analítica

La nueva metodología docente llevada a cabo en este proyecto de innovación implica dos etapas similares a las empleadas en la metodología tradicional:

- Lectura previa del guion de la práctica de laboratorio por parte del alumno. Debido a que esta etapa es necesaria y no puede ser eliminada, se pretende que con el cambio de metodología, este punto se vea favorecido con el transcurso de las sesiones prácticas al crecer la motivación por parte del alumnado.
- Ejercicio previo antes del inicio de la práctica para comprobar que los alumnos tienen los conceptos necesarios para el correcto desarrollo de la misma.

Y, a partir de aquí es donde viene la novedad en la metodología de enseñanza (Figura 2):

- Proyección de un video inicial para introducir la práctica de laboratorio donde una persona ajena les plantea un caso real con una posible problemática analítica de la sociedad, solicitándoles el análisis de una determinada muestra y que den solución al problema planteado: *“Llevo consumiendo toda la vida agua de este pozo. Podéis decirme si se trata de un agua dura o blanda?”* o *“Me gustaría saber qué lejía comprar, la marca blanca o esta otra más cara y de renombre? ¿Hay diferencias entre ellas? ¿O puedo ahorrar algo en mi cesta de la compra y llevarme la más económica?”*.

d) Tras la proyección, las mismas muestras que aparecen en el video son entregadas a los alumnos que deben desarrollar la práctica de laboratorio. Al enfrentarse a un caso real, los alumnos se mostrarán más motivados para abordar el problema analítico y dar una respuesta a la persona que lo solicita.

e) Entrega de los resultados de los análisis durante la práctica de laboratorio en diferentes formatos: póster, exposición oral, informe de laboratorio tal y como lo harían en una empresa indicando los resultados que el cliente demanda,... olvidándonos de las tradicionales hojas de resultados. Así, los alumnos tendrán la oportunidad de presentar los resultados en los diferentes formatos que van a requerir en su futuro investigador y/o profesional.



Figura 2. Comparativa entre la metodología tradicional y la nueva metodología docente propuesta para las prácticas de laboratorio.

Cabe destacar que con esta metodología de enseñanza, los alumnos seguirán rellenando la hoja de resultados y la enseñarán al profesor responsable antes de salir del laboratorio, para resolver cuantas dudas se les puedan plantear, siendo ellos los que conserven esta hoja para futuras prácticas y evaluaciones. Pero no será un objeto de evaluación como tal.

Adicionalmente, debido al carácter más teórico de la primera sesión de prácticas de la asignatura QAIII, que consiste en un seminario sobre los diferentes tratamientos de la muestra, se les hace llegar a los alumnos los contenidos del seminario mediante multitud de ejemplos de la vida real para motivar e interesar al estudiante, y que además sea capaz de asimilar el contenido de forma satisfactoria.

Por otro lado, y con el objetivo de mostrar al alumno la utilidad de los contenidos impartidos en las prácticas de laboratorio se invitaron tanto a antiguos alumnos del Grado en Química y/o similares, como a una profesora colaboradora honoraria con una elevada experiencia en Química Analítica, para que tanto ella como los egresados, durante algunas de las sesiones prácticas de laboratorio comentasen sus experiencias, aportasen ejemplos reales, resaltando la importancia de las prácticas de laboratorio de QAI y QAIII en su vida profesional y en sus puestos de trabajo,... De esta forma, los alumnos pueden conocer de primera mano la utilidad de las prácticas de laboratorio de estas asignaturas para su vida profesional y laboral.

Así, con este cambio en la metodología de enseñanza se han puesto en marcha actividades que conducen a mejorar y hacer a los alumnos más partícipes de su aprendizaje, así como atraer a los estudiantes que en realidad se encuentran ansiosos de novedades, eso sí, siempre y cuando no les originen más presión y carga de trabajo (1). Además, se ha pretendido con la labor docente aportar a los alumnos las competencias que van a necesitar en su futuro más próximo.

VIDEOS ELABORADOS

Para la asignatura Química Analítica III del primer semestre de 3º del Grado en Química se elaboraron un total de 6 videos (Figura 3) donde se plantean diferentes problemáticas de la sociedad. Video 1: Marta Ferreiro se plantea si es lo mismo comprar quesitos fundidos de marca conocida o marca blanca. ¿Tendrán el mismo contenido en fósforo? Video 2: Un graduado en Química se encuentra recogiendo muestras de agua en los alrededores del Campus Universitario de Puerto Real para determinar el contenido en Zn. Debido al elevado número de muestras pide la colaboración a los alumnos de 3º de Química para llevar a cabo los análisis. Video 3: Un alumno de Química se encuentra disfrutando del fin de semana tomando una copa de Gin Tonic junto a un amigo. La luz azul de la tónica llama su atención. ¿A qué se debe? ¿Podrían cuantificar la molécula responsable de esa fluorescencia? La respuesta está en la quinina, seguro que después de los conocimientos adquiridos en la práctica de QAIII, los alumnos podrán ayudarle. Videos 4 y 5: Una profesional del sector farmacéutico solicita a los alumnos que realicen los análisis de dos muestras diferentes, por un lado, determinar la concentración en paracetamol de un preparado farmacéutico, y por otro lado, el porcentaje de ácido acetil salicílico en una muestra. Video 6: Una profesora colaboradora honoraria con elevada experiencia en Química Analítica explica a los alumnos de una forma muy amena mediante ejemplos propios y divertidas anécdotas la importancia de la toma y tratamiento de la muestra. De esta forma, se han elaborado videos para todas y cada una de las prácticas de la asignatura QAIII, incluso para el seminario sobre tratamiento de la muestra.

Para la asignatura de Química Analítica II del segundo semestre de 2º del Grado en Química se han elaborado 2 videos más (Figura 4). Videos 7 y 8: Diferentes problemáticas reales de la sociedad tales como: “Noto cierto sabor en el agua de mi casa ¿puedo beber el agua del grifo de mi pueblo? ¿Está funcionando bien la descalcificadora que he comprado?” y “¿Puede perderse la eficacia de la lejía tras un año abierta? ¿Cuál compro? ¿La marca blanca o esta otra más cara? ¿Hay diferencias entre ellas? ¿O puedo ahorrar algo en mi cesta de la compra y llevarme la más económica?”, son las cuestiones comunes de cualquier ciudadano planteadas al inicio de las prácticas en la asignatura QAII. Sin embargo, no se han podido realizar videos para todas las prácticas debido a una mayor dificultad a la hora de encontrar especialistas en las muestras que pudiesen hacer un planteamiento del problema real. Sin embargo, se ha podido contactar con diversos profesionales como, por ejemplo, del sector de la agricultura para poder completar en el próximo curso académico la totalidad de los videos.

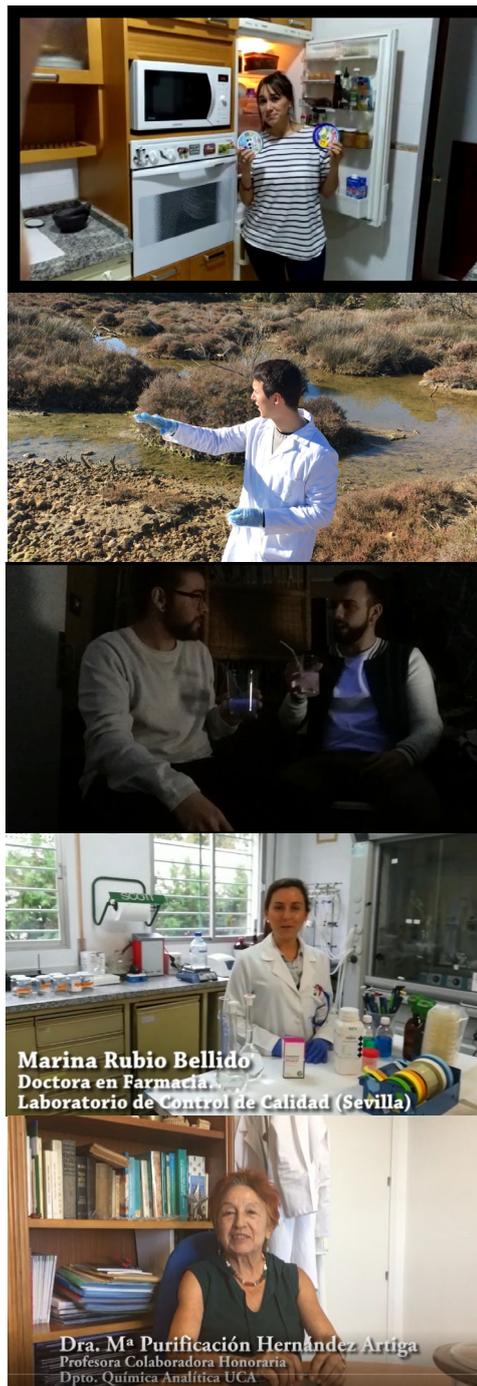


Figura 3. Videos (1-6) elaborados para las prácticas de QAIII.



Figura 4. Videos (7 y 8) elaborados para las prácticas de QAII.

Para la elaboración de los videos se ha contado con profesionales especialistas en la muestra y con personas relacionadas con la problemática analítica planteada. De esta forma, profesores del Departamento de Química Analítica,

una profesora Colaboradora-Honoraria del Departamento de Química Analítica, alumnos y egresados de la Universidad de Cádiz, diversos consumidores de agua de grifo de diferentes localidades de Andalucía y Asturias, así como una doctora en Farmacia del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología del CSIC de Sevilla, han planteado problemas reales a los alumnos como una novedosa forma de inicio en las prácticas de laboratorio (Figuras 3 y 4).

Una vez elaborados los 8 videos, se han proyectado a cada uno de los grupos de prácticas al inicio de cada una de las sesiones prácticas de laboratorio (Figura 5). El video sobre el tratamiento de la muestra fue proyectado durante el seminario de prácticas.



Figura 5. Proyección de videos al inicio de cada una de las prácticas de laboratorio.

DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL

Se han desarrollado las prácticas de laboratorio empleando la metodología de enseñanza propuesta en la totalidad de las prácticas de la asignatura de QAIII y en parte de las prácticas de la asignatura de QAI. Esto nos ha permitido comparar las respuestas de los alumnos de ambas asignaturas y poder sacar conclusiones y posibles mejoras.

Además, se ha contado con la participación de profesores y alumnos en algunas de las sesiones prácticas de laboratorio de las prácticas de QAI y QAIII. En concreto, el profesor Gerardo Fernández Barbero (Responsable de Laboratorio y Calidad de la empresa Vinagrería la Andaluza S.L. (2007-2011) y una alumna de 4º curso del Grado en Química que ha realizado prácticas curriculares en empresa (Anasur, Laboratorio agroalimentario y de análisis clínicos) empleando técnicas clásicas e instrumentales en sus prácticas (Figura 6). Ambos mostraron a los alumnos la importancia de los contenidos de las prácticas llevadas a cabo y la relevancia que tienen para su futuro profesional, ya que seguramente se encuentren con problemáticas similares a resolver, muestras muy parecidas y las mismas técnicas tanto clásicas como instrumentales que manejan en el laboratorio.



Figura 6. Participación de profesores y alumnos de prácticas en empresa en las prácticas de laboratorio.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio de las asignaturas QAI y QAIII los resultados de los análisis se han

entregado en 5 formatos diferentes (Figura 7): 1) Puesta en común de los resultados obtenidos y discusión-debate sobre los mismos; 2) Exposición oral ante el resto de compañeros y un tribunal especializado; 3) Exposición de resultados mediante el trabajo en equipo; 4) Elaboración de póster como los presentados en congresos científicos; y 5) Elaboración de informes de laboratorio tal y como lo harían en una empresa indicando únicamente los resultados que el cliente demanda.



Figura 7. Entrega de los resultados de los análisis durante las prácticas de laboratorio de QAI y QAIII en diferentes formatos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de conocer si la nueva metodología docente había sido de utilidad para los alumnos, se llevaron a cabo encuestas de satisfacción al finalizar las sesiones prácticas de laboratorio. Los resultados de las encuestas de satisfacción sobre la incorporación de nuevas metodologías de innovación docente en las prácticas de laboratorio se muestran en la figura 8. Las preguntas relacionadas con el grado de satisfacción con la nueva metodología docente, la utilidad de la proyección de videos iniciales y la participación de personal ajeno en las prácticas, fueron las siguientes:

- ¿Te han servido las prácticas de esta asignatura para aplicar los conocimientos teóricos y resolver problemas reales dentro del área de la Química Analítica? (1= Nada de acuerdo y 5= Completamente de acuerdo).
- Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura (Proyección de videos con problemáticas reales al inicio de la práctica) han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o adquisición de competencias asociadas a la asignatura (1= Nada de acuerdo y 5= Completamente de acuerdo).
- En el caso de participación de una persona invitada a sus prácticas (otros profesores o alumna de prácticas): La participación ha supuesto un beneficio adicional en mi

formación (1= Nada de acuerdo y 5= Completamente de acuerdo).

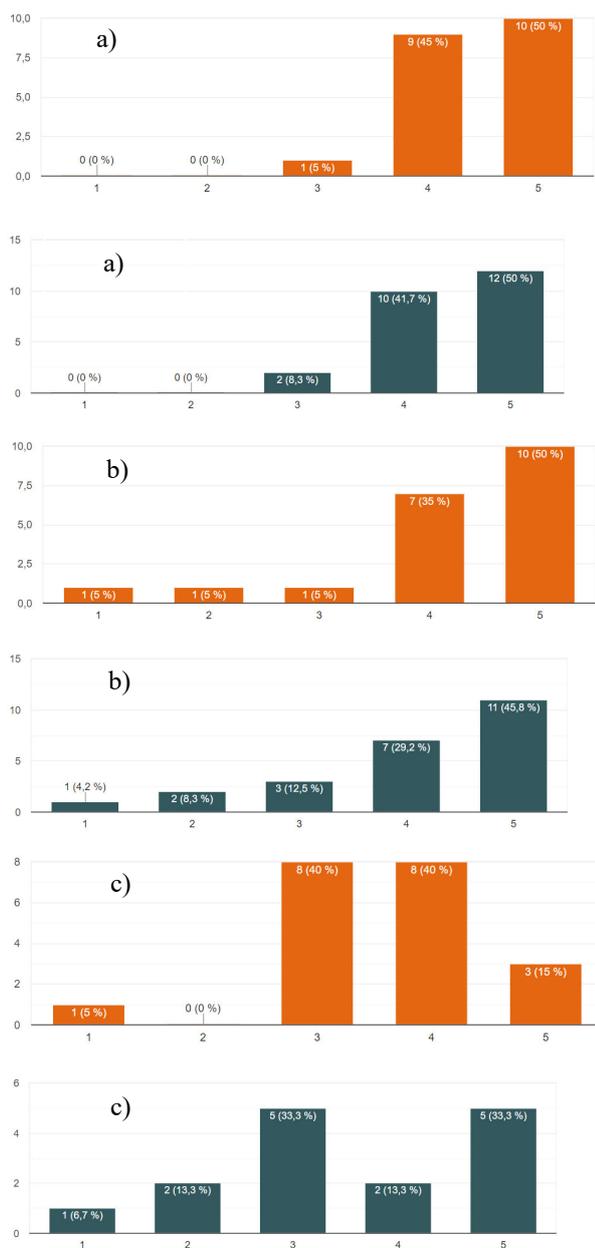


Figura 8. Resultados de las encuestas de satisfacción sobre la incorporación de nuevas metodologías de innovación docente en las prácticas de laboratorio. **Naranja:** alumnos QAIII y azul: alumnos QAI.

Como puede observarse en la figura 8, la respuesta a los cuestionarios ha sido muy satisfactoria. Más del 90% de los alumnos en ambas asignaturas indican que la nueva metodología docente le ha servido para aplicar los conocimientos teóricos y resolver problemas reales dentro del área de la Química Analítica.

Por otro lado, el 85% de los alumnos de QAIII indican que los elementos de innovación y mejora docente empleados (Proyección de videos con problemáticas reales al inicio de la práctica) han favorecido la comprensión de los contenidos y la adquisición de competencias asociadas a la asignatura. En el caso de la asignatura de QAI, el porcentaje es un poco más

bajo (75%) lo que puede justificarse por el menor número de videos desarrollados y aplicados en esta asignatura.

Finalmente, la visita de otros profesores y la alumna de prácticas no parece aportar un beneficio claro en la formación de los estudiantes debido a la variabilidad de los resultados de las encuestas. Sin embargo, un mayor porcentaje de los alumnos la ha valorado positivamente.

Los resultados obtenidos en las encuestas de satisfacción sobre la incorporación de diferentes formatos de presentación de resultados en las prácticas de laboratorio se muestran en la figura 9. Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

a) Valore el grado de dificultad que ha tenido en la presentación de los resultados de la práctica de laboratorio en un formato diferente a la hoja de resultados (1= Ninguna dificultad y 5= Mucha dificultad).

b) Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura (Diferentes formas de evaluación de los resultados) han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o adquisición de competencias asociadas a la asignatura (1= Nada de acuerdo y 5= Completamente de acuerdo).

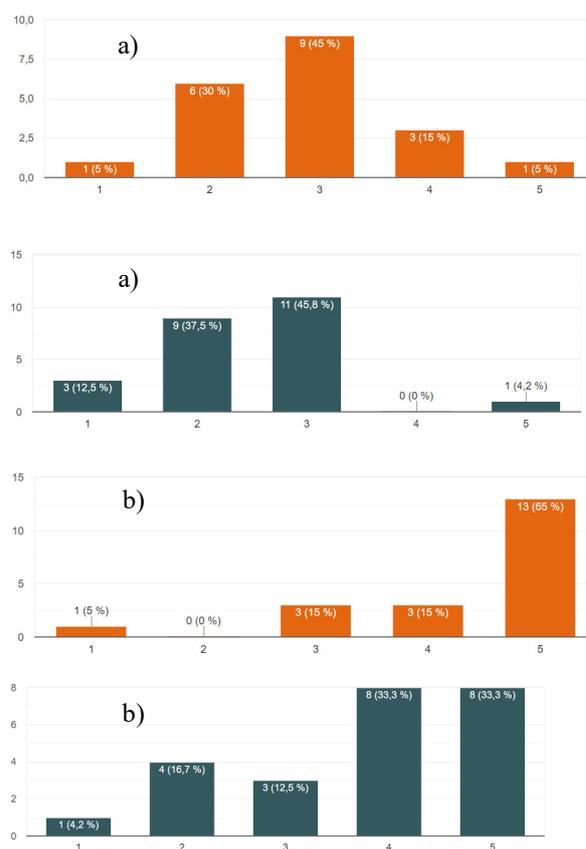


Figura 9. Resultados de las encuestas de satisfacción sobre la incorporación de diferentes formatos de presentación de resultados en las prácticas de laboratorio. **Naranja:** alumnos QAIII y azul: alumnos QAI.

Como puede observarse en la figura 9, la respuesta a los cuestionarios en relación a los nuevos formatos de evaluación de resultados ha sido muy satisfactoria. Un 80% de los alumnos de QAIII y un 95% de los alumnos de QAI consideran que los diferentes formatos de evaluación presentan dificultad baja-media.

Por otro lado, el 80% de los encuestados en QAIII y cerca de un 70% de los encuestados de QAII, opinan que las diferentes formas de presentar los resultados de la práctica les ha favorecido la comprensión de los contenidos de la práctica.

Además, se ha observado a unos alumnos más motivados con las prácticas de laboratorio, demostrando una excelente mejora de la asimilación de los conceptos adquiridos en comparación con otros cursos académicos anteriores.

CONCLUSIÓN

Debido a los excelentes resultados obtenidos por los estudiantes y a la evaluación positiva por parte del alumnado de la asignatura, se pretende continuar con esta novedosa forma de llevar a cabo las sesiones prácticas, más atrayente y participativa.

Tras la finalización de las prácticas nos hemos encontrado con unos alumnos más motivados, más preparados para el mundo laboral que les espera fuera de las aulas y laboratorios de la Facultad y capaces de dar solución a problemáticas reales de la sociedad. En definitiva, con esta nueva metodología docente se ha conseguido que los alumnos relacionen los contenidos impartidos en clase con problemáticas reales de la sociedad, haciéndoles ver el importante papel de la Química Analítica.

REFERENCIAS

1. Miguel Valcárcel Cases, Ángela I. López Lorente, M^a Ángeles López Jiménez. Fundamentos de Química Analítica. Una aproximación docente-discente. 2016. UCOPress Editorial Universidad de Córdoba. ISBN.: 978-84-9927-273-3

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Recursos Docentes y de la Comunicación por la financiación recibida en la Convocatoria de Proyectos de Innovación y Mejora Docente 2018-2019. Un especial agradecimiento a los alumnos de 2^º y 3^º del Grado en Química del curso 2018-2019 por su actitud, alta motivación y participación en el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

