


## “Flipped labroom”: clase invertida en las prácticas de Química Analítica

### *Flipped labroom: inverted teaching in Analytical Chemistry practices*

Beatriz Jurado-Sánchez,<sup>a</sup> Ana M. Díez-Pascual,<sup>a</sup> Pilar García-Díaz,<sup>b</sup> Rafael Peña-Capilla<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad de Alcalá, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Analítica, Química Física e Ingeniería Química, Ctra. Madrid-Barcelona, Km. 33.600, 28871 Alcalá de Henares, Madrid. [beatriz.jurado@uah.es](mailto:beatriz.jurado@uah.es), 

<sup>b</sup>Universidad de Alcalá, Departamento de Teoría de Señal y Comunicación, Ctra. Madrid- Barcelona, Km. 33.600, 28871 Alcalá de Henares, Madrid

**How to cite:** Beatriz Jurado-Sánchez, Ana M. Díez-Pascual, Pilar García-Díaz, Rafael Peña-Capilla. 2023. “Flipped labroom”: clase invertida en las prácticas de Química Analítica. En libro de actas: *IX Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 13 - 14 de julio de 2023. Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2023.2023.16460>

---

### **Abstract**

*Analytical Chemistry, as an applied discipline, includes practical contents that are conducted in the laboratory, which are sometimes difficult for students to understand. Flipped-classroom is a pedagogical approach in which certain learning processes are carried out outside the laboratory and class time is used to carry out activities that imply the development of complex processes. The objective of this communication is to present a flipped classroom experience to improve the teaching of Analytical Chemistry laboratory practices in a subject of the Degree in Pharmacy at the University of Alcalá. To carry out the flipped classroom, ICT and the Blackboard Collaborate tool were used and collaborative work in groups was encouraged. The effectiveness of the strategy was evaluated by analyzing the percentage of correct answers and errors in the previous questionnaires carried out in the practices, a satisfaction survey of the students and the final exam marks, comparing them with those of the previous course (where no the flipped classroom model). The results obtained show that the flipped classroom methodology improved the teaching-learning process of the practices.*

**Keywords:** Chemistry, laboratory, flipped classroom, cooperative learning

---

### **Resumen**

*La Química Analítica, como disciplina aplicada, incluye contenidos prácticos que se realizan en el laboratorio, que en ocasiones resultan difíciles de comprender para el alumnado. El modelo de clase invertida o “flipped-classroom” es un enfoque pedagógico en el que determinados procesos de aprendizaje se realizan fuera del laboratorio y se utiliza el tiempo de clase para llevar a cabo actividades que impliquen el desarrollo de procesos de mayor complejidad. El objetivo de esta comunicación es presentar una experiencia de aula*

*invertida para la mejora de la enseñanza de prácticas de laboratorio de Química Analítica en una asignatura del Grado en Farmacia de la Universidad de Alcalá. Para la realización del aula invertida, se emplearon las TICs y la herramienta Blackboard Collaborate y se fomentó el trabajo colaborativo en grupos. La efectividad de la estrategia se evaluó mediante el análisis del porcentaje de aciertos y errores en los cuestionarios previos realizados en las prácticas, una encuesta de satisfacción a los alumnos y las calificaciones del examen final, comparándose con las del curso anterior (donde no se realizó el modelo de aula invertida). Los resultados obtenidos muestran que la metodología de aula invertida mejoró el proceso de enseñanza-aprendizaje de las prácticas.*

**Palabras clave:** *Química, laboratorio, aula invertida, aprendizaje cooperativo.*

## **1. Introducción**

La Química Analítica, como disciplina aplicada, incluye un porcentaje elevado de contenidos prácticos que se realizan en el laboratorio. Estas asignaturas abordan procedimientos de análisis químico que en ocasiones resultan difíciles de comprender y diferenciar para el alumnado, especialmente en Titulaciones distintas al Grado en Química, como el Grado en Farmacia. En efecto, las prácticas de laboratorio en Química Analítica permiten a los estudiantes familiarizarse con los procedimientos experimentales básicos de esta disciplina -que aplicarán como futuros profesionales en la práctica real-, dificultades experimentales, así como conceptos importantes como la metrología analítica. Otro aspecto importante es el desarrollo de habilidades prácticas, inherentes y necesarias en la práctica profesional de los graduados. Adicionalmente, las prácticas de laboratorio ofrecen una oportunidad única para la aplicación de metodologías de enseñanza como el aprendizaje basado en problemas o la resolución de retos, que involucran de forma activa al estudiante, favoreciendo su motivación, la asimilación de conocimientos y el trabajo en grupo. Sin embargo, el tiempo dedicado a las sesiones de laboratorio se ha ido reduciendo gradualmente o los alumnos deben compatibilizarlo con otras asignaturas, estando sujetos a una elevada carga de trabajo (Camel et al., 2020; Hofstein, 2004). Todo ello resulta en dificultades en el aprendizaje y bajas calificaciones (Harrison & Stennett, 2022). El trabajo previo al laboratorio es por tanto esencial para solventar estos problemas, dado que permite al estudiante conocer con antelación los procedimientos a realizar en el laboratorio, facilitando la experiencia y las manipulaciones prácticas, así como la asimilación de conceptos. El empleo de las nuevas tecnologías de la información (TICs) en los últimos años ha facilitado esta tarea, permitiendo el empleo de plataformas virtuales o el diseño de laboratorios en línea (Camel et al., 2020). Estas plataformas son ideales además para la integración de metodologías de aprendizaje activas como el aprendizaje basado en retos, el aula invertida, etc., facilitado más, aun si cabe, el aprendizaje de los alumnos, mejorando así la adquisición de conocimientos y las calificaciones finales (Salazar-Peña et al., 2023; Wenzel, 2007).

El modelo de clase invertida o “flipped-classroom” fue propuesto por Jonathan Bergmann y Aaron Samses en 2007. El aula invertida es un enfoque pedagógico que se está volviendo cada vez más popular en la Química de Educación Superior y que puede aplicarse tanto para las enseñanzas teóricas como para la enseñanza de las prácticas de laboratorio. En este modelo, determinados procesos de aprendizaje se realizan fuera del laboratorio de prácticas a través de videos y cuestionarios entregados en línea y se utiliza el tiempo de clase para llevar a cabo actividades que impliquen el desarrollo de procesos de mayor complejidad, como

la comprensión y ejecución de análisis químicos. En este modelo el docente adopta el rol de mediador del conocimiento, disponiendo de más tiempo en el laboratorio para trabajar de forma más personalizada con los alumnos. Estos a su vez así mismo tienen la oportunidad de resolver problemas con la guía del profesor y de forma colaborativa con otros estudiantes (Bergmann & Sams, 2012). Los principios de diseño del enfoque invertido se basan en dos marcos teóricos: el constructivismo social y la teoría de la carga cognitiva (*Mind in society: The development of higher psychological processes*. L. S. Vygotsky, 1978; Sweller, 1988). Algunos docentes consideran como aspecto fundamental que los estudiantes participen activamente en el proceso de aprendizaje y construyan su propio conocimiento y comprensión. Por otro lado, la teoría del constructivismo reconoce que el aprendizaje está mediado por interacciones sociales. En un modelo de aprendizaje invertido, el trabajo previo a la clase se basa en el conocimiento previo de los estudiantes y forma la base fundamental sobre la cual los estudiantes pueden desarrollar una comprensión más profunda del material abordado en clase. Según la teoría de la carga cognitiva, la memoria de trabajo consiste en un espacio limitado en el que se usa, procesa y almacena información. Si el proceso de aprender material nuevo abruma la memoria de trabajo, la capacidad del estudiante para procesar información nueva puede verse restringida. Por tanto, los recursos de aprendizaje en línea utilizados en el modelo de aprendizaje invertido pueden reducir la sobrecarga cognitiva de los estudiantes durante la sesión presencial. El uso de videos antes de la clase permite que los estudiantes procesen inicialmente el conocimiento a un ritmo que se adapte a sus necesidades de aprendizaje (Fung, 2015). Esto podría reducir las demandas sobre la memoria de trabajo durante la sesión en clase y potencialmente aumentar la capacidad de los estudiantes para procesar nuevos conocimientos (Bokosmaty et al., 2019). La aplicación de esta metodología en diversos estudios de Grado en Ciencias ha puesto de manifiesto que los estudiantes aprecian la estructura del modelo y la capacidad de acceder al material de aprendizaje a su propio ritmo. Sin embargo, algunos estudiantes perciben que el enfoque implica más tiempo de preparación en comparación con el aprendizaje en un formato tradicional (Smith, 2013). Christiansen reveló que la preferencia de los estudiantes por aprender en un modelo invertido mejora con el tiempo (Christiansen, 2014). Esto sugiere que los estudiantes pueden necesitar un período de ajuste para familiarizarse con el aprendizaje de cómo estudiar en un aula invertida en comparación con un formato tradicional. Otros estudios han evaluado el impacto de un modelo de aprendizaje invertido o parcialmente invertido en el rendimiento académico de los estudiantes. En general, se han observado mejoras en las calificaciones de los cursos y una reducción en las tasas de fracaso (Baepler et al., 2014; Flynn, 2015; Seery & Donnelly, 2012; Shattuck, 2016).

El aprendizaje colaborativo es un método de enseñanza que potencia el aprendizaje activo y permite a los alumnos colaborar en grupo, compartiendo ideas y conduciendo a la construcción colectiva de conocimiento común (Lou et al., 2001). Esto a su vez favorece el desarrollo de competencias interpersonales y sociales, potenciando al mismo tiempo la adquisición de conocimientos. Sin embargo, para que este aprendizaje se lleve a cabo de forma efectiva, es necesario que los docentes estructuren estas actividades para evitar que los alumnos se dividan las tareas. Así, las actividades colaborativas pueden estructurarse con métodos establecidos, incluido el aprendizaje basado en problemas o la realización de experimentos de laboratorio en grupo. Otra estrategia puede basarse en el uso de pruebas antes de la fase de colaboración para evaluar los conceptos erróneos de los estudiantes. También pueden realizarse las calificaciones por grupos (en lugar de en forma individual) para motivar a los estudiantes a ayudarse entre sí. El objetivo de estos métodos es involucrar a los estudiantes en estrategias colaborativas productivas (Doymus, 2007; Oliver-Hoyo & Allen, 2005; Oliver-Hoyo et al., 2004). Se ha demostrado que existe una sinergia entre la clase invertida y los modelos de aprendizaje activo. En efecto, mientras que los métodos de aula invertida ayudan a los estudiantes a desarrollar conocimientos antes de la clase, el aprendizaje

colaborativo en clase ayuda a los estudiantes a conectar nuevos conocimientos con conocimientos previos a través de comportamientos efectivos y enfocados. Es posible que la acumulación de conocimiento antes de la clase permita a los estudiantes integrar de manera más efectiva nuevos conocimientos si se aplica una metodología colaborativa (Petillion & McNeil, 2020; Rau et al., 2017; Vergara-Castañeda et al., 2021).

Considerando las ventajas anteriormente mencionadas del modelo de clase invertida, así como las fortalezas del aprendizaje colaborativo, estos podrían suponer una mejora en la enseñanza de contenidos prácticos en asignaturas de Química. En las siguientes secciones, describiremos las ventajas así como las percepciones de los estudiantes e influencia en las calificaciones finales a la aplicación de este modelo en una asignatura de Química Analítica del Grado en Farmacia, impartida en la Universidad de Alcalá de Henares.

## **2. Objetivos**

El objetivo de esta comunicación es presentar una experiencia de aula invertida para la mejora de la enseñanza de prácticas de laboratorio de Química Analítica en una asignatura obligatoria de 6 ECTS de segundo curso del Grado en Farmacia de la Universidad de Alcalá, impartida en inglés. Para conseguir este objetivo principal, se han planteado los siguientes objetivos secundarios:

1. Evaluar el rendimiento académico de los estudiantes en el modelo de aula invertida y compararlo con el modelo tradicional donde el profesor ejerce el papel dominante.
2. Evaluar la asimilación de conocimientos por parte de los estudiantes en el modelo de aula invertida.
3. Evaluar la percepción de los estudiantes hacia el nuevo modelo de aula invertida.

## **3. Desarrollo de la innovación**

### **3.1. Contexto del aprendizaje**

La asignatura Técnicas Analíticas I es una asignatura obligatoria, que se imparte en el Primer Cuatrimestre del segundo curso del Grado en Farmacia de la Universidad de Alcalá. La asignatura, de nueva implantación en el curso 2022-2023, nace como consecuencia de la reciente Verificación del Grado en Farmacia, tras informe favorable emitido por la Fundación de Madrid+sd en 2022. La verificación supuso la extinción del antiguo Plan de Estudios del Grado. El nuevo Plan de Estudios introduce modificaciones de gran calado en las asignaturas. En efecto, la asignatura Técnicas Analíticas I resulta de la escisión de la asignatura Técnicas Analíticas, de 12 ECTS (9 teóricos y 3 prácticos) en dos asignaturas de 6 ECTS (4.5 teóricos y 1.5 prácticos), lo que ha supuesto una reordenación y adaptación de los contenidos, que requiere de una adecuada planificación docente. En efecto, algunos contenidos que antes se impartían en el Segundo Cuatrimestre, así como Prácticas de Laboratorio, se adelantan al primer cuatrimestre, lo que requiere un adecuado rediseño. Como dificultad añadida, la asignatura se imparte en castellano e inglés. Además, Técnicas Analíticas I es la primera asignatura que se imparte dentro del Grado en Farmacia relacionada con la Química Analítica. Por tanto, las competencias adquiridas en la misma deberían constituir, a su vez, una base sólida previa para el seguimiento y aprendizaje eficaz de la asignatura Técnicas Analíticas II, que se impartirá en el segundo cuatrimestre del curso.

Los contenidos prácticos, que son los que ocupan esta comunicación, se distribuyen en cuatro Prácticas de Laboratorio relacionadas con el análisis volumétrico (1.0 ECTS, 12 horas presenciales) y dos prácticas de

laboratorio relacionadas con los métodos electroanalíticos (0.5 ECTS). Las prácticas a impartir se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenidos prácticos de la asignatura Técnicas Analíticas I

Práctica	Título	Horas
1	Determinación de calcio y magnesio: dureza del agua. Estandarización de EDTA	3
2	Determinación complexométrica de una mezcla de níquel y cinc con tratamiento previo de la muestra por intercambio iónico	3
3	Determinación del ion cloruro en una muestra de suelo con una sal soluble de plata	3
4	Determinación del contenido en vitamina C en comprimidos	3
5	Valoración conductimétrica de ácidos	1.5
6	Determinación de paracetamol en productos farmacéuticos por voltamperometría cíclica	1.5

Las prácticas de laboratorio desempeñan una función fundamental en el aprendizaje de la Química Analítica en general y de las Técnicas Analíticas I en particular, siendo un complemento imprescindible para la comprensión de los contenidos teóricos de la misma. Asimismo, ayudan a adquirir las competencias necesarias para la formación del buen egresado profesional, en primer término y, de un buen científico, en una perspectiva a largo plazo. El programa de prácticas de laboratorio va en inequívoca correspondencia con los contenidos del programa teórico. Las prácticas de laboratorio que se proponen se pueden desarrollar en sesiones de 3 horas (un día para cada práctica), desarrollándose las prácticas 5 y 6 en una única sesión. Asimismo, en las prácticas de laboratorio se desarrolla una aplicación analítica utilizando una muestra real, con el fin de tener un mayor acercamiento a situaciones similares a las que tendrá que enfrentarse el estudiante en su futura vida profesional, resultando, además, mucho más atractivas para el estudiante.

### 3.2. Desarrollo de la clase de laboratorio invertida-colaborativa

El grupo de estudio estuvo constituido por 9 alumnos, organizados en 3 grupos de 3 alumnos. Esta estructura es similar al grupo control del curso 2020-2021, donde no se aplicó el modelo de aula invertida y donde el grupo de prácticas estuvo constituido por 10 alumnos divididos en 5 grupos de 2 alumnos. Cabe destacar aquí en el curso académico 2020-2021 no se realizaron las prácticas 5 y 6, que se llevaban a cabo en el segundo cuatrimestre, al tener la asignatura carácter anual, antes de la implantación del nuevo modelo. Los alumnos disponían del cuaderno de laboratorio antes de las prácticas y se recomendó su lectura previa antes de cada sesión.

Para la realización del aula invertida, se emplearon las TICs y la herramienta Blackboard Collaborate. Las prácticas de laboratorio se organizan en 5 sesiones de 3 horas cada una (2 valoraciones complexométricas empleando indicadores metalocrómicos, 1 valoración por retroceso utilizando un indicador redox específico y dos valoraciones donde la detección del punto final se realiza con métodos electroquímicos). Un esquema de la experiencia e implantación del Aula Invertida se muestra en la **Figura 1**.

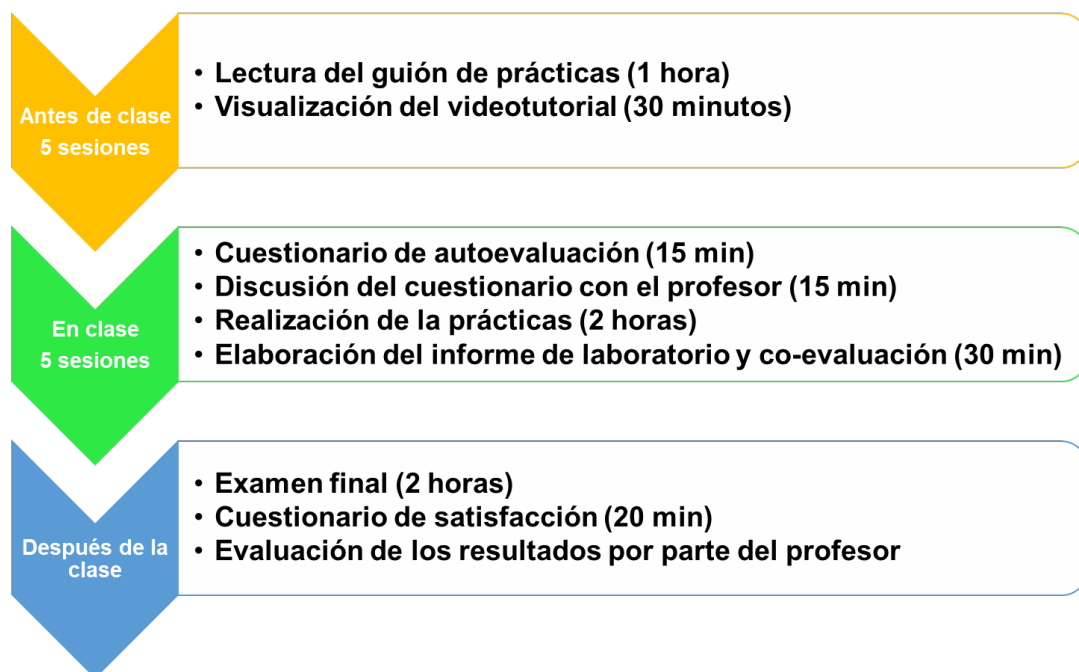


Fig. 1. Esquema de clase invertida

Como puede verse en la **Figura 1**, antes de cada práctica, los alumnos realizan una lectura individual y autónoma del guion de laboratorio y visualizan un videotutorial preparado por los profesores. Los videotutoriales incluyen explicaciones del fundamento de la práctica, del procedimiento experimental e indicaciones para la realización de los cálculos de concentraciones de disoluciones, valoraciones, etc. Con el objetivo de que los alumnos realicen el trabajo previo del laboratorio, los profesores enviaron un e-mail a través de la herramienta Blackboard Collaborate con un esquema del trabajo y las horas previstas para llevar a cabo cada tarea, como se especifica en la **Figura 1**. Al inicio de cada práctica, los alumnos respondían a un cuestionario de 5 preguntas integrado en la Blackboard, para asegurar la asimilación de conocimientos. El cuestionario se configuró de manera que los alumnos podían visualizar las respuestas correctas e incorrectas, discutiéndolas posteriormente con el profesor y los otros alumnos. Un ejemplo del cuestionario se muestra en la **Figura 2**. Posteriormente, llevaron a cabo la práctica y la toma de datos para la elaboración del informe de laboratorio. Una vez terminado, los alumnos intercambiaron los informes y realizaron una coevaluación de los resultados. Al finalizar las prácticas, se realizó un cuestionario de satisfacción a los alumnos.

For the following questions, select the correct answer:
1. The indicator chosen based on redox titrations involving iodine is: a) Potassium permanganate b) sodium thiosulfate c) Starch d) None of the above
2. In the determination of the amount of Vitamin C in a pharmaceutical preparation the indicator should be added when the solution: a) displays a pale-yellow color b) displays a blue color c) is colorless d) is just prepared
3. The determination of the amount of Vitamin C in a pharmaceutical preparation can be performed via: a) Direct redox titration b) Back redox titration c) Back acid-base titration d) Direct precipitation titration
4. At the equivalence point in the determination of the amount of Vitamin C in a pharmaceutical preparation the solution will be: a) Blue color b) Brown color c) Red color d) Colorless
5. In titrations with iodine, basic media should be avoided as this can lead to the generation of: a) hypoiodite ions $IO^-$ b) iodate anions $IO_3^-$ c) iodide anions $I^-$ d) All the above

Fig. 2. Ejemplo de cuestionario de las prácticas de laboratorio integrado en la plataforma Blackboard Collaborate

Las prácticas se evaluaron mediante la realización de una prueba escrita que valora los conceptos teórico-prácticos adquiridos y constituyó el 70% de la calificación final, así como los informes de laboratorio (15%) y el seguimiento del trabajo diario (15%). Para evaluar en rendimiento académico de los estudiantes, las calificaciones obtenidas según este modelo se compararon con aquellas obtenidas en el curso académico anterior. Para evaluar la percepción de los estudiantes hacia el nuevo modelo de aula invertida, así como la asimilación de conocimientos, se realizó una encuesta a la finalización de las prácticas (ver **Figura 3**).

1. What practice has been most interesting to you?
2. What practice(s) would you eliminate or modify?
3. Has the course met your expectations? a) Yes b) Mostly c) No
4. How much time have you dedicated to the previous preparation of each practice? a) Less than 10 min b) 10-30 min c) More than 30 min
5. How do you rate the tests carried out prior to the practices? a) Very positive b) Positive c) Negative d) Very negative

Fig. 3. Encuesta de satisfacción realizada a los alumnos

## 4. Resultados

La efectividad de la experiencia de flipped classroom para la docencia de las prácticas de laboratorio se evaluó mediante el análisis del porcentaje de aciertos y errores en los cuestionarios previos realizados en las prácticas, la encuesta a los alumnos y las calificaciones del examen final, comparándose con las del curso anterior (donde no se realizó el modelo de aula invertida).

El porcentaje de aciertos/errores obtenidos para el cuestionario previo de cada práctica se muestra en la **Figura 4a**. En primer lugar, el porcentaje de acierto de los cuestionarios previos estuvo comprendido entre el 50 y el 84 % (frente al 40 % del curso anterior), lo que refleja una mejor comprensión y asimilación de conocimientos por parte de los alumnos. En segundo lugar, el porcentaje de aprobados fue del 100 %, con una nota media de 7 (frente al 6 del curso anterior, con un 1 % de suspensos). Hay que destacar aquí que en el curso 2020-2021 (8control) no se realizaron las prácticas 5 y 6, al tener lugar estas en el segundo cuatrimestre.

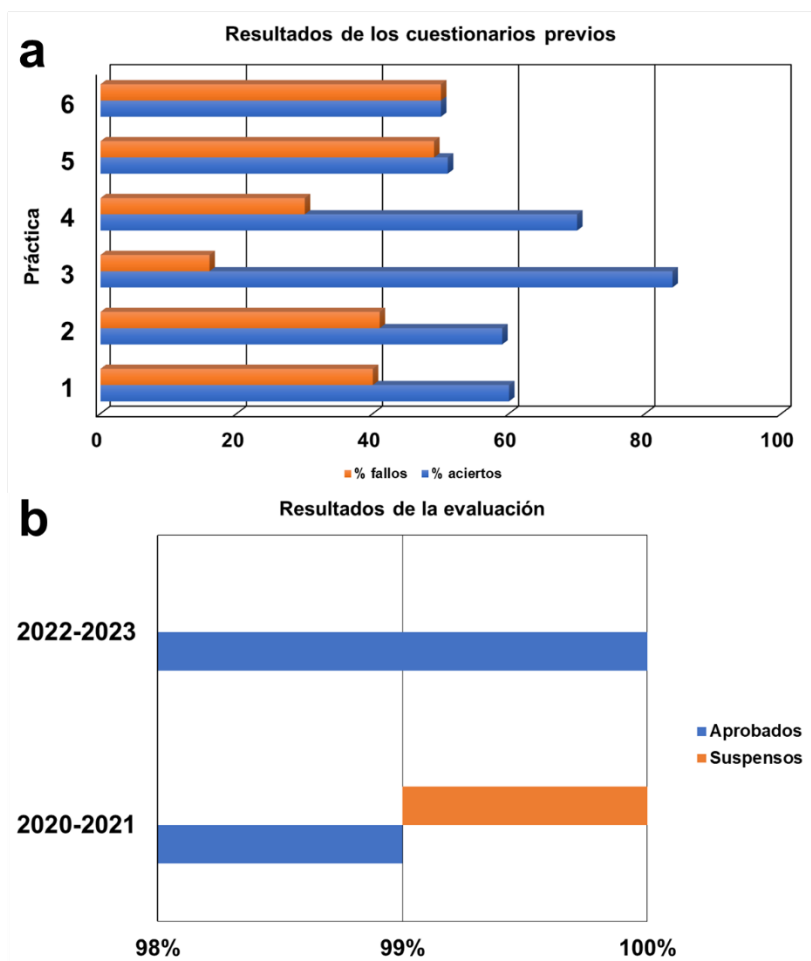


Fig. 4. a) Resultados de los cuestionarios previos realizados a los alumnos. b) Resultados de la calificación final y comparación con los resultados del curso académico anterior. Para el título de las prácticas, mire la Tabla 1.



Del análisis de las calificaciones de los cuestionarios previos, se observa que la metodología de aula invertida aumentó el porcentaje de éxito, probablemente porque los alumnos, al realizar la tarea relacionada con el aula invertida, realizaron una lectura y consulta previa de la práctica a desarrollar en el laboratorio. En cuanto a los resultados obtenidos, si bien se aumentó la tasa de aprobados al 100 %, normalmente el número de alumnos que supera las prácticas de laboratorio es muy elevado, por lo que no se puede asegurar la contribución del modelo de aula invertida. Los resultados de la encuesta de satisfacción realizada a los alumnos se muestran en la **Figura 5**. Cabe destacar aquí que a esta encuesta respondieron 5 de los 9 alumnos (el 56 % de la clase) a los que iba dirigida la experiencia, dado el carácter voluntario de la misma.

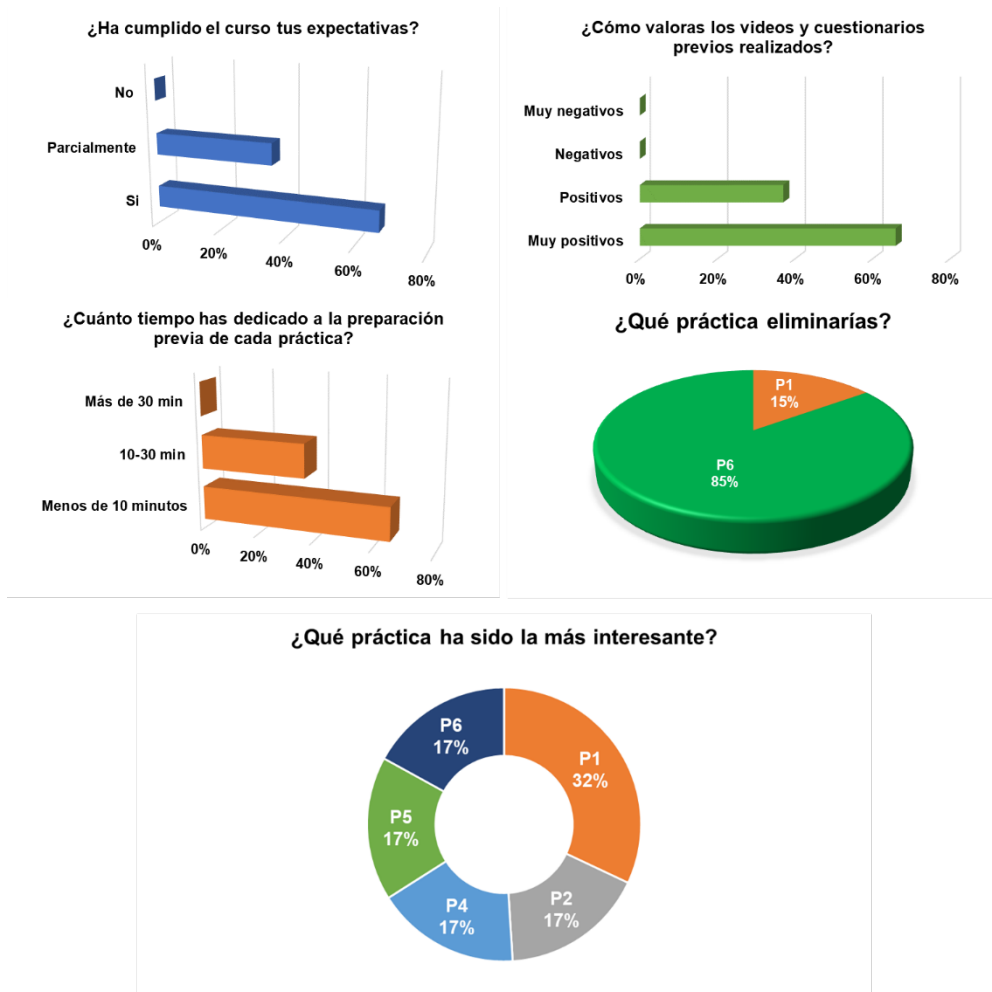


Fig. 5. Resultados de la encuesta de satisfacción. Para el título de las prácticas, mire la Tabla 1.

En general, los resultados de la encuesta, ilustrados en la **Figura 5**, indican una buena aceptación del modelo, con un 67 % de los alumnos calificando la experiencia como muy satisfactoria, en cuanto a cumplimiento de las expectativas previas y la utilidad de los videos y cuestionarios previos para el aprendizaje. La mayoría de los alumnos dedicó menos de 10 minutos a la lectura previa y visualización del vídeo, a pesar de que el tiempo estimado y sugerido por el profesor fue de 1 hora y 30 minutos, si bien en

base a los resultados y respuesta a los cuestionarios, se estima que este tiempo fue suficiente, en el modelo de Aula Invertida, para la correcta asimilación de los contenidos. Adicionalmente, se preguntó a los alumnos sus preferencias o la práctica que consideraban más interesante (lo que puede asociarse a una mejor comprensión/asimilación de los contenidos) así como por la práctica que eliminarían. Si bien no hubo una preferencia clara por la predilección de las prácticas, el 85 % manifestó que eliminaría o mejoraría la práctica 6 dedicada a la voltamperometría cíclica. Esto es debido a la dificultad de los alumnos para la asimilación de conceptos en electroquímica. En otras palabras, incluso empleando el modelo de aula invertida y aprendizaje colaborativo, los alumnos aún presentaron dificultades para la asimilación de conceptos electroquímicos básicos, por lo que se debe mejorar esta práctica en cuestión en cursos académicos futuros.

## 5. Conclusiones

El objetivo de esta comunicación ha sido describir una experiencia de aula invertida para la mejora de la enseñanza de prácticas de laboratorio de Química Analítica en una asignatura obligatoria de 6 ECTS de segundo curso del Grado en Farmacia de la Universidad de Alcalá, impartida en inglés. Para la realización del aula invertida, se emplearon las TICs y la herramienta Blackboard Collaborate, que han demostrado ser muy adecuadas para la implementación de este nuevo modelo. La efectividad de la experiencia de flipped classroom para la docencia de las prácticas de laboratorio se evaluó mediante el análisis del porcentaje de aciertos y errores en los cuestionarios previos realizados en las prácticas, la encuesta a los alumnos y las calificaciones del examen final, comparándose con las del curso anterior (donde no se realizó el modelo de aula invertida). Los resultados obtenidos muestran que la metodología de flipped classroom mejoró el proceso de enseñanza-aprendizaje en estas prácticas. En primer lugar, el porcentaje de acierto de los cuestionarios previos estuvo comprendido entre el 50 y el 84 % (frente al 40 % del curso anterior), lo que refleja una mejor comprensión y asimilación de conocimientos por parte de los alumnos. En segundo lugar, el porcentaje de aprobados fue del 100 %, con una nota media de 7 (frente al 6 del curso anterior, con un 1 % de suspensos). Las encuestas de satisfacción realizadas a los alumnos muestran una buena aceptación del modelo, con un 90 % de los alumnos calificando la experiencia como muy satisfactoria.

### Agradecimientos

Proyecto de innovación UAHEV/1325

## 6. Referencias

- Baepler, P., Walker, J. D., & Driessen, M. (2014). It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. *Computers & Education*, 78, 227-236. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.06.006>
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. International Society for Technology in Education. <https://books.google.es/books?id=nBi2pwAACAAJ>
- Bokosmaty, R., Bridgeman, A., & Muir, M. (2019). Using a Partially Flipped Learning Model To Teach First Year Undergraduate Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 96(4), 629-639. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00414>
- Camel, V., Maillard, M.-N., Piard, J., Dumas, C., Cladière, M., Fitoussi, G., Brun, E., Billault, I., & Sicard-Roselli, C. (2020). CHIMACTIV: An Open-Access Website for Student-Centered Learning in

- Analytical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2319-2326. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00023>
- Christiansen, M. A. (2014). Inverted Teaching: Applying a New Pedagogy to a University Organic Chemistry Class. *Journal of Chemical Education*, 91(11), 1845-1850. <https://doi.org/10.1021/ed400530z>
- Doymus, K. (2007). Effects of a Cooperative Learning Strategy on Teaching and Learning Phases of Matter and One-Component Phase Diagrams. *Journal of Chemical Education*, 84(11), 1857. <https://doi.org/10.1021/ed084p1857>
- Flynn, A. B. (2015). Structure and evaluation of flipped chemistry courses: organic & spectroscopy, large and small, first to third year, English and French [10.1039/C4RP00224E]. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 198-211. <https://doi.org/10.1039/C4RP00224E>
- Fung, F. M. (2015). Using First-Person Perspective Filming Techniques for a Chemistry Laboratory Demonstration To Facilitate a Flipped Pre-Lab. *Journal of Chemical Education*, 92(9), 1518-1521. <https://doi.org/10.1021/ed5009624>
- Harrison, C. R., & Stennett, E. M. S. (2022). Flipped Learning in the Analytical Chemistry Classroom. In *Active Learning in the Analytical Chemistry Curriculum* (Vol. 1409, pp. 37-49). American Chemical Society. <https://doi.org/doi:10.1021/bk-2022-1409.ch003>
- 10.1021/bk-2022-1409.ch003
- Hofstein, A. (2004). THE LABORATORY IN CHEMISTRY EDUCATION: THIRTY YEARS OF EXPERIENCE WITH DEVELOPMENTS, IMPLEMENTATION, AND RESEARCH [10.1039/B4RP90027H]. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 247-264. <https://doi.org/10.1039/B4RP90027H>
- Lou, Y., Abrami, P. C., & d'Apollonia, S. (2001). Small Group and Individual Learning with Technology: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 449-521. <https://doi.org/10.3102/00346543071003449>
- Mind in society: The development of higher psychological processes*. L. S. Vygotsky. (1978). Harvard U Press.
- Oliver-Hoyo, M. T., & Allen, D. (2005). Attitudinal Effects of a Student-Centered Active Learning Environment. *Journal of Chemical Education*, 82(6), 944. <https://doi.org/10.1021/ed082p944>
- Oliver-Hoyo, M. T., Allen, D., Hunt, W. F., Hutson, J., & Pitts, A. (2004). Effects of an Active Learning Environment: Teaching Innovations at a Research I Institution. *Journal of Chemical Education*, 81(3), 441. <https://doi.org/10.1021/ed081p441>
- Petillion, R. J., & McNeil, W. S. (2020). Johnstone's Triangle as a Pedagogical Framework for Flipped-Class Instructional Videos in Introductory Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 97(6), 1536-1542. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01105>
- Rau, M. A., Kennedy, K., Oxtoby, L., Bollom, M., & Moore, J. W. (2017). Unpacking "Active Learning": A Combination of Flipped Classroom and Collaboration Support Is More Effective but Collaboration Support Alone Is Not. *Journal of Chemical Education*, 94(10), 1406-1414. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00240>
- Salazar-Peña, R., Pedroza-Toscano, M. A., López-Cuenca, S., & Zárate-Navarro, M. A. (2023). Project-based learning for an online course of simulation engineering: From bioreactor to epidemiological modeling. *Education for Chemical Engineers*, 42, 68-79. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.12.002>
- Seery, M. K., & Donnelly, R. (2012). The implementation of pre-lecture resources to reduce in-class cognitive load: A case study for higher education chemistry. *British Journal of Educational Technology*, 43(4), 667-677. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01237.x>
- Shattuck, J. C. (2016). A Parallel Controlled Study of the Effectiveness of a Partially Flipped Organic Chemistry Course on Student Performance, Perceptions, and Course Completion. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 1984-1992. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00393>
- Smith, J. D. (2013). Student attitudes toward flipping the general chemistry classroom [10.1039/C3RP00083D]. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 607-614. <https://doi.org/10.1039/C3RP00083D>
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. [https://doi.org/https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202\\_4](https://doi.org/https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4)

- Vergara-Castañeda, A., Chávez-Miyauchi, T.-E., Benítez-Rico, A., & Ogando-Justo, A.-B. (2021). Implementing Project-Based Learning as an Effective Alternative Approach for Chemistry Practical Courses Online. *Journal of Chemical Education*, 98(11), 3502-3508. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00379>
- Wenzel, T. J. (2007). Collaborative and Project-Based Learning in Analytical Chemistry. In *Active Learning* (Vol. 970, pp. 54-68). American Chemical Society. <https://doi.org/doi:10.1021/bk-2007-0970.ch005>