

## AULA INVERTIDA UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE DE LA ESPECTROMETRÍA DE MASAS EN ESTUDIANTES DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN QUÍMICA ANALÍTICA DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Guillem Campmajó<sup>1</sup>, Ane Arrizabalaga-Larrañaga<sup>1</sup>, Juan Francisco Ayala-Cabrera<sup>1</sup>, Encarnación Moyano<sup>1</sup>, Francisco Javier Santos<sup>1</sup>, Oscar Núñez<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> Profesor Agregado Serra Húnter, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

*Una estrategia de aprendizaje activo basada en aula invertida utilizando dispositivos móviles ha sido desarrollada como actividad de evaluación continua para mejorar la adquisición de conocimientos en espectrometría de masas de estudiantes de máster. La estrategia se ha validado mediante la comparación con un grupo control de estudiantes, formado únicamente mediante transmisión de conocimiento unidireccional, mostrando resultados satisfactorios.*

### Introducción

En el marco actual del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), uno de los retos más importantes es el diseño y la aplicación de estrategias centradas en el aprendizaje de los estudiantes. Esta concepción sólo puede realizarse dentro de un contexto de evaluación continua, donde el proceso de aprendizaje del alumno y el grado en que éste va adquiriendo las diferentes competencias (transversales y específicas) de las materias impartidas se monitorizan a lo largo del tiempo.

Así, la evaluación continua requiere diseñar estrategias que incidan en el proceso de aprendizaje de los alumnos, a la vez que acrediten su grado de conocimiento. Sin embargo, hay que evitar que este proceso se transforme en una evaluación única segmentada, limitada a realizar pequeñas pruebas escritas de carácter presencial o actividades que los estudiantes puedan resolver en casa. Además, este tipo de evaluación implica que no haya un seguimiento real del proceso de aprendizaje, especialmente en grupos numerosos, dado que el *feedback* de los resultados de estas actividades no es inmediato, sino que se discuten tras su posterior corrección e incluso cuando ya se ha cambiado de temática. Así, con el fin de mejorar el proceso de aprendizaje y el seguimiento de éste a lo largo de la asignatura, es imprescindible que la transmisión de conocimientos, el logro de competencias y la evaluación de éstas se realicen de forma coordinada. Para ello, hay que diseñar estrategias de aprendizaje que permitan un *feedback* inmediato. Además, se debe considerar que los resultados de la evaluación de las actividades implicadas en estas nuevas estrategias deben estar apoyados en evidencias objetivas [1,2].

De este modo, el aula invertida [3] se plantea como una estrategia de aprendizaje idónea para una mejor transmisión de los conocimientos teóricos y habilidades prácticas, mediante la consulta y visualización del material adecuado (artículos, vídeos, presentaciones, etc.). Asimismo, estas actividades se pueden realizar de forma autónoma fuera del aula permitiendo una mayor dedicación

de las sesiones presenciales a la resolución de dudas y problemas (*feedback*), lo cual proporciona al profesor información sobre los conocimientos adquiridos por los estudiantes y la mejora en el proceso de aprendizaje.

Otro factor por considerar son los cambios y avances que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han generado en todos los ámbitos de nuestra sociedad, incluida la Universidad. Actualmente, los estudiantes están plenamente familiarizados con ellas en su vida diaria (ordenadores portátiles, smartphones, etc.), por lo que son herramientas de fácil incorporación en las estrategias de aprendizaje utilizadas. Por otro lado, el aprendizaje colaborativo, que se produce cuando los estudiantes y los profesores trabajan de forma conjunta para crear conocimiento, ha demostrado ser también una estrategia exitosa en el proceso de aprendizaje [4]. Así, esta pedagogía se fundamenta en el hecho de que las personas crean conocimiento conjuntamente y que este proceso las hace crecer y enriquecerse mutuamente [5]. Sin embargo, es imperativo no confundir el aprendizaje colaborativo con el aprendizaje cooperativo, donde el resultado es simplemente la suma de pequeñas contribuciones de cada miembro del grupo sin crear un ambiente verdaderamente colaborativo para lograr un objetivo.

En este trabajo, se ha desarrollado una estrategia de aprendizaje activo basada en aula invertida y utilizada como actividad de evaluación continua, que tiene como objetivo la mejora en la adquisición de conocimientos relacionados con espectrometría de masas por parte de los estudiantes del Máster Universitario en Química Analítica de la Universidad de Barcelona.

### Metodología

La estrategia de aprendizaje activo se basó en la utilización del aula invertida mediante el uso de dispositivos móviles (aprendizaje individualizado), y se diseñó y planificó para mejorar la adquisición de conocimientos de espectrometría de masas en tándem por parte de los estudiantes. Dicha estrategia se aplicó en la Asignatura "Espectrometría de Masas" del Máster Universitario en Química Analítica a un grupo de 32 estudiantes del curso académico 2019-2020. La implementación de la estrategia de aprendizaje activo se llevó a cabo siguiendo el esquema mostrado en la Fig. 1.

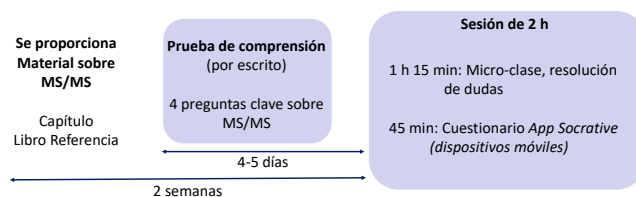


Fig. 1. Esquematización de la implementación de la estrategia de aula invertida utilizada.

En esta actividad, se facilitó inicialmente al estudiante el material adecuado sobre la temática (espectrometría de masas en tándem) sin aportar ninguna explicación previa por parte del profesorado. Durante dos semanas, los estudiantes trabajaron de forma individual y autónoma el material proporcionado y su comprensión fue evaluada mediante una actividad que incluía 4 preguntas clave relacionadas con la temática. Esto permitió a los estudiantes y profesores tomar medidas de regulación y auto-regulación sobre el proceso enseñanza-aprendizaje. A partir de los resultados obtenidos, se diseñó la siguiente sesión de clase (2h), que consistió en resolver las principales dudas observadas en la actividad previa. Acabada la discusión, se realizó una actividad de evaluación utilizando dispositivos móviles mediante la *App Socrative* (actividad individual acreditativa), donde se les preguntaba sobre los mismos aspectos. El nivel de conocimientos adquiridos por el alumno se evaluó también a partir de otro ejercicio en la prueba de síntesis final de la asignatura.

Con el fin de evaluar la aplicabilidad y utilidad de dicha estrategia en la mejora de la adquisición de los conocimientos en espectrometría de masas en tándem se utilizó el ejercicio correspondiente a la prueba de síntesis final del curso 2016-2017 (constituido por 34 estudiantes, los cuales habían realizado la asignatura siguiendo una metodología de clases magistrales).

### Resultados y discusión

La espectrometría de masas es una disciplina con ciertos contenidos de gran complejidad para los estudiantes de máster. El equipo docente implicado en la asignatura de "Espectrometría de Masas" del Máster Universitario en Química Analítica de la Universidad de Barcelona identificó, a través de los resultados obtenidos en varios cursos, los conceptos y contenidos que resultaron ser más complejos para los estudiantes. Entre ellos, se encuentran:

- La interpretación de espectros
- La espectrometría de masas en tándem (fragmentación)
- Los mecanismos de ionización
- La definición de términos y conceptos básicos usados en espectrometría de masas

Así, el objetivo de este trabajo ha sido el desarrollo de una estrategia de aprendizaje activo basada en aula invertida y utilizada como actividad de evaluación continua para mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en el segundo de los contenidos complejos identificados: la espectrometría de masas en tándem (fragmentación).

Esta estrategia fue utilizada durante el curso 2019-2020 en un grupo de estudio de 32 estudiantes. Durante la estrategia de aula invertida los estudiantes llevaron a cabo dos actividades. Una actividad realizada fuera del aula, durante el período de trabajo autónomo con el material proporcionado, que consistía en responder a cuatro preguntas clave relacionadas con aspectos de la espectrometría de masas en tándem, como puede ser la diferencia entre tándem en el tiempo y tándem en el espacio, o los diferentes modos de adquisición en tándem. A partir de los resultados obtenidos en esta actividad de evaluación formativa, se preparó la sesión presencial en el aula, y al finalizarla, los estudiantes realizaron una actividad de evaluación acreditativa consistente en un cuestionario (donde, entre otros, se les preguntaba sobre los mismos conceptos que en la actividad formativa anterior).

Este cuestionario se realizó en el aula mediante el uso de dispositivos móviles a través de la *App Socrative*. La evaluación de los estudiantes con relación a estos conocimientos también se llevó a cabo mediante un ejercicio sobre espectrometría de masas en tándem que se realizó en la prueba final de síntesis de la asignatura (realizada al final del semestre).

La Fig. 2 compara, para cada uno de los estudiantes, la nota obtenida en la actividad de evaluación formativa (realizada fuera del aula) y la actividad de evaluación acreditativa (cuestionario Socrative realizado en el aula).

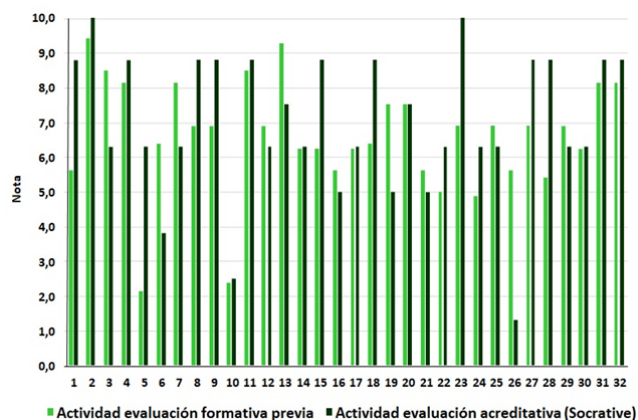


Fig. 2. Comparación, para cada estudiante, entre las notas obtenidas en las dos actividades de evaluación (formativa y acreditativa) durante la implementación de la estrategia de aula invertida (n=32).

Como se puede observar, los resultados tienden a ser similares o considerablemente mejores en la actividad *Socrative* realizada en el aula con respecto a los resultados obtenidos en la actividad de evaluación formativa. Esto permite constatar la gran importancia que tiene la sesión presencial o "micro-clase" llevada a cabo en el aula y que se centra en profundizar aquellos conceptos que han resultado ser más complejos para los estudiantes, a través de los resultados que se obtuvieron en la actividad de evaluación formativa.

Para evaluar la consolidación de los conocimientos relacionados con la espectrometría de masas en tándem por parte de los estudiantes, se compararon también los resultados obtenidos entre la actividad de evaluación acreditativa (cuestionario *Socrative*) y el ejercicio realizado en la prueba final de síntesis (Fig. 3).

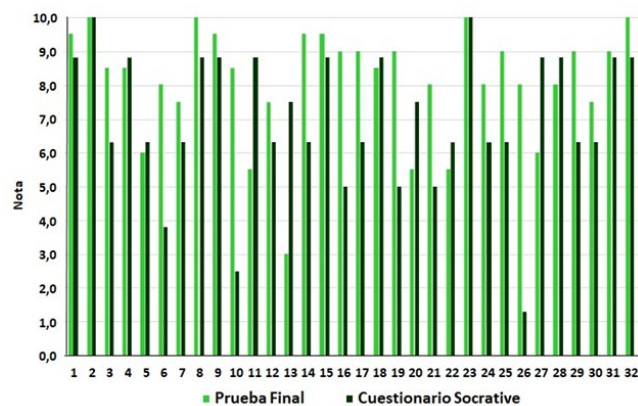
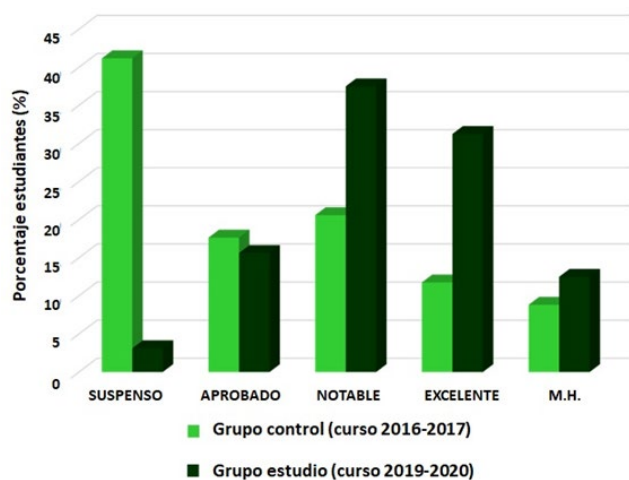


Fig. 3. Comparación, para cada estudiante, entre las notas obtenidas en el ejercicio de la prueba final de síntesis (al final de la asignatura) y la actividad acreditativa (cuestionario *Socrative*) realizada durante la implementación de la estrategia de aula invertida (n=32).

De nuevo, los estudiantes tienden a obtener resultados similares o claramente mejores en la prueba final de síntesis, lo que permite constatar que la actividad de aprendizaje activo basada en aula invertida ha ayudado a consolidar dichos conocimientos. Para muy pocos estudiantes, el comportamiento es completamente el contrario, obteniendo resultados claramente peores en la prueba final de síntesis (ej., los estudiantes 13, 20 y 27).

Con el objetivo de evaluar la utilidad de la estrategia de aprendizaje activo utilizada para mejorar los conocimientos de los estudiantes sobre espectrometría de masas en tándem, se utilizó como ejercicio en la prueba final de síntesis del grupo en estudio (curso 2019-2020, 32 estudiantes), el mismo ejercicio que realizaron en su prueba final de síntesis los estudiantes de un curso anterior (curso 2016-2017, 34 estudiantes y aprendizaje mediante clases magistrales), y que se consideró como grupo control. La Fig. 4 compara los resultados obtenidos en ambos ejercicios.



**Fig. 4.** Comparación de los resultados obtenidos en el ejercicio de espectrometría de masas en tándem de las pruebas finales de síntesis entre el grupo de estudio (curso 2019-2020, aula invertida, n=32) y el grupo control (curso 2016-2017, clases magistrales, n=34).

Este gráfico muestra claramente la gran dificultad que representaba para los estudiantes los conceptos relacionados con la espectrometría de masas en tándem. Como se puede observar, en torno al 40% de los estudiantes del grupo control (curso 2016-2017) suspendía dicho ejercicio. La mejora de los resultados al utilizar estrategias de aprendizaje activo basadas en aula invertida es muy notable. El porcentaje de suspensos disminuye a valores anecdóticos, en torno a un 2-3%, se mantiene aproximadamente el porcentaje de aprobados, pero la distribución de notas se desplaza claramente hacia las notas superiores, aumentando el porcentaje de estudiantes que obtienen notable, excelente, y en menor medida, matrícula de honor.

## Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado y aplicado una estrategia de aprendizaje activo basada en aula invertida para la mejora en la adquisición de los conocimientos sobre espectrometría de masas en tándem de los estudiantes del Máster Universitario en Química Analítica de la Universidad de Barcelona.

Al comparar los resultados entre la actividad de evaluación continua (llevada a cabo al final de la estrategia de aula invertida) y el ejercicio correspondiente en la prueba final de síntesis (llevado a cabo al final de la asignatura), en general, se observan resultados similares, lo que confirma la consolidación de los conocimientos trabajados con dicha estrategia por parte de los estudiantes. Bien es cierto que, como es de esperar, hay casos particulares en los que se observa tanto una mejora (el estudiante mediante trabajo autónomo mejora sus conocimientos) como un empeoramiento (el estudiante no ha consolidado dichos conocimientos) de los resultados.

Cabe destacar que la estrategia implementada permite claramente mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, como se puede observar en la disminución de suspensos y aprobados, así como en el aumento de notables, excelentes y matrículas de honor, al comparar los resultados del grupo de estudio con el grupo control. Esto permite demostrar la gran utilidad que tienen hoy en día las estrategias de aprendizaje activo para mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, incluso en estudios de Máster que suelen presentar una mayor dificultad.

## Referencias

- [1] Brown, S. y Glasner, A. (2007). *Evaluar en la Universidad. Problemas y Nuevos enfoques*. Narcea S.A. de Ediciones.
- [2] Brown, S. y Pickford, R. (2013). *Evaluación de habilidades y competencias en Educación Superior*. Narcea S.A. de Ediciones.
- [3] Medina, J.L. (2016). *La docencia Universitaria mediante el enfoque del aula invertida*. Ediciones Octaedro S.L.
- [4] Barkley, E.F., Cross, K.P. y Major, C.J. (2012). *Técnicas de aprendizaje colaborativo*. Ediciones Morata S.L.
- [5] Noguero, F.L. (2012). *Metodología participativa en la Enseñanza Universitaria*. Narcea S.A. de Ediciones.

*Este trabajo se ha realizado en el contexto del Proyecto de Investigación, Mejora e Innovación Docente 2018PID-UB/011 "Nuevas estrategias de aprendizaje con evaluación continua formativa y acreditativa en la asignatura -Espectrometría de Masas- del Máster Universitario en Química Analítica", y en el Grupo de Innovación Docente Consolidado NEAQA (NUEVAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE EN QUÍMICA ANALÍTICA, GINDOC-UB/166), de la Universidad de Barcelona.*