

INFORME FINAL PROJECTE D'INNOVACIÓ DOCENT 2018PID-UB/011

“NOVES ESTRATÈGIES D'APRENTATGE AMB AVALUACIÓ CONTINUADA FORMATIVA I ACREDITATIVA EN L'ASSIGNATURA “ESPECTROMETRIA DE MASSES” DEL MÀSTER UNIVERSITARI EN QUÍMICA ANALÍTICA”

Coordinador del Projecte:

Dr. Oscar Núñez Burcio. Professor Catedràtic d'Universitat. Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, UB. E-mail: oscar.nunez@ub.edu

Membres del Projecte:

Dra. Encarnación Moyano Morcillo. Professora Catedràtica d'Universitat. Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, UB. E-mail: encarna.moyano@ub.edu

Dr. Francisco Javier Santos Vicente. Professor Titular. Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, UB. E-mail: javier.santos@ub.edu

Sra. Raquel Seró Llor. Investigadora Predoctoral. APIF. Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, UB. E-mail: rsero@ub.edu

Sr. Juan Francisco Ayala Cabrera. Investigador Predoctoral, Formació Prog. FPU (MECD). Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, UB. E-mail: j.ayala@ub.edu

Sra. Ane Arrizabalaga Larrañaga. Investigadora Predoctoral en Formació, Prog. FI (Generalitat de Catalunya). Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, UB. E-mail: a.arrizabalaga@ub.edu

Sr. Guillem Campmajó Galvan. Investigador Predoctoral. APIF. Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, UB. E-mail: a.arrizabalaga@ub.edu

Durada del Projecte: de l'1 de Setembre de 2018 al 31 de Desembre de 2021

En el marc actual de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EEES), un dels reptes més importants és dissenyar i aplicar estratègies centrades en l'aprenentatge dels estudiants. Aquesta concepció només es pot fer dins d'un context d'avaluació contínua, on el procés d'aprenentatge de l'alumne i el grau en què va adquirint les diferents competències (transversals i específiques) de les matèries impartides, es monitoren al llarg del temps.

D'aquesta manera, l'aula invertida es planteja com una estratègia d'aprenentatge idònia per a una transmissió millor dels coneixements teòrics i habilitats pràctiques, mitjançant la consulta i visualització del material adequat (articles, vídeos, presentacions, etc.). A més, aquesta activitat es pot realitzar de forma autònoma fora de l'aula, permetent una

dedicació més gran del temps presencial a la resolució de dubtes i problemes (feedback), proporcionant al professor informació sobre els coneixements adquirits pels estudiants i millorant així el procés d'aprenentatge .

Un altre factor a considerar són els canvis i avenços que les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) han generat en tots els àmbits de la nostra societat, incloent-hi la Universitat. Actualment, els estudiants les tenen totalment integrades a la seva vida diària (ordinadors portàtils, smartphones, etc.), la qual cosa les presenta com a eines de fàcil incorporació a les estratègies d'aprenentatge utilitzades.

D'altra banda, l'aprenentatge col·laboratiu, que es produeix quan els estudiants i els professors treballen conjuntament per crear coneixement, ha demostrat ser també una estratègia adequada per impulsar el procés d'aprenentatge. Aquesta estratègia pedagògica es fonamenta en el fet que les persones creïn coneixement conjuntament i que aquest procés els faci créixer i enriquir-se mútuament. Tot i això, és imperatiu no confondre l'aprenentatge col·laboratiu amb l'aprenentatge cooperatiu, on el resultat és simplement la suma de petites contribucions de cada membre del grup sense generar un ambient veritablement col·laboratiu per assolir un objectiu.

En aquest projecte, s'han desenvolupat dues estratègies d'aprenentatge basades en aula invertida, utilitzades com a activitats d'avaluació continuada, que tenen com a objectiu millorar els coneixements en Espectrometria de Masses en estudiants del Màster Universitari en Química Analítica de la Universitat de Barcelona.

Resultats del Projecte i Difusió

Els resultats obtinguts en aquest Projecte d'Innovació Docent han donat lloc a diverses comunicacions en congressos docents nacionals i internacionals, així com a publicacions docents. A continuació es recullen totes aquestes comunicacions i publicacions:

- Congrés “14th International Technology, Education and Development Conference”
Valencia, Spain. 2-4 March, 2020.
ISBN: 978-84-09-17939-8 / ISSN: 2340-1079
doi: 10.21125/inted.2020

Comunicació: Team-Based Learning Strategy to Improve Mass Spectral Interpretation on Post-Graduate Students

A. Arrizabalaga-Larrañaga, G. Campmajó, J.F. Ayala-Cabrera, R. Seró, F.J. Santos, E. Moyano, O. Núñez

Es presenta el resum ampliat presentat en aquest congrés.

- Congrés “XI Congreso CIDUI 2021, Más allá de las competencias: nuevos retos en la sociedad digital”

Comunicació: Estrategias de Aula Invertida para Mejorar los Conocimientos de Espectrometría de Masas en Estudiantes del Máster Universitario en Química Analítica de la Universidad de Barcelona

G. Campmajó, A. Arrizabalaga-Larrañaga, J.F. Ayala-Cabrera, F.J. Santos, E. Moyano, O. Núñez

Es presenta el resum publicat a la revista CIDUI 2021 (ISSN: 2385-6203) i el pòster presentat en aquest congrés.

- 1a Jornada de Divulgació de la Recerca, Innovació i Millora Docent a la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona, 14 de Febrer de 2020, Organitzada per la Facultat de Química

Comunicació: Nuevas Estrategias de Aprendizaje de Evaluación Continua Formativa y Acreditativa en la Asignatura “Espectrometría de Masas” del Máster Universitario en Química Analítica, Proyecto RIMDA 2018PID-UB/011

E. Moyano, F.J. Santos, O. Núñez, J.F. Ayala-Cabrera, A. Arrizabalaga-Larrañaga, G. Campmajó.

Es presenta la comunicació oral realitzada en aquesta jornada de divulgació d’innovació docent.

- *Publicació docent:*

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

G. Campmajó, A. Arrizabalaga-Larrañaga, J.F. Ayala-Cabrera, E. Moyano, F.J. Santos, O. Núñez

Actualidad Analítica (Boletín de la Sociedad Española de Química Analítica) 71 (2020) 11-13

ISSN: 1444-8818

TEAM-BASED LEARNING STRATEGY TO IMPROVE MASS SPECTRAL INTERPRETATION ON POST-GRADUATE STUDENTS

Ane Arrizabalaga-Larrañaga¹, Guillem Campmajó¹, Juan F. Ayala-Cabrera¹, Raquel Seró¹, F. Javier Santos¹, Encarna Moyano¹, Oscar Núñez^{1,2}

¹ *Department of Chemical Engineering and Analytical Chemistry, University of Barcelona, E08028 Barcelona, Spain*

² *Serra Hünter Fellow, Generalitat de Catalunya, E08007 Barcelona, Spain*

Abstract

The European Higher Education Area (EHEA), grounded on the Bologna process, tries to promote the quality as well as the international competitiveness of the higher education in Europe. The learning-teaching process is centered on the student whereas the professor may assume a coach roll to guide the learning process. In this way, the EHEA has caused significant changes on the teaching methodologies to help the students in the acquisition of their knowledge skills. Among them, the flipped classroom has become a unique methodology strategy to improve learner retention and transfer, making an efficient use of the class time [1]. In addition, it implies an active and collaborative learning of the students [2], and at the same time it allows to potentiate the student-professor feedback and self-paced learning [3], becoming a great option for high education studies.

In this work, a flipped classroom team-based learning strategy was proposed to improve mass spectral interpretation knowledge on chemistry post-graduate students. In the first session, after a brief lecture where the most relevant tools to interpret mass spectral information were explained, workgroups of 5-6 students were built to commonly resolve some practical exercises. Afterwards, autonomous work was incentivized by providing them supplementary material to go deeper into the learning process. Thus, in the second session, the students asked those concepts which were not clearly understood, and the lecture was focused on highlight these points. Again, mass spectral interpretation exercises were raised to student workgroups, but in this case, the results achieved by the workgroups were discussed with the professor along the session. The success of the strategy was evaluated by means of an individual exercise.

The academic results in the final test of two groups of students (control group: 2016-2017, and team-based learning group: 2018-2019) were compared through the same mass spectral elucidation exercise. Results showed in all cases, that the use of the team-based learning strategy has led a significant increase in overall grades and the number of students who got an excellent in the exercise. Finally, it should be noted that the beneficiaries of the team-based learning strategy have been both students, since they have improved their academic performance, and professors, because the motivation and participation of students increased. At the same time, professors have an early feedback about the students learning process, which has a positive impact on the academic performance and allows them to regulate the current teaching-learning process.

Keywords: Team-based learning, flipped classroom, collaborative work

1 INTRODUCTION

Currently, and with the EHEA operational, the design and implementation of student-centered learning strategies remains to be one of the most important challenges at the University. This conception can only be carried out within a context of continuous evaluation where the student's learning process and the degree to which he/she acquires the different competences of a given subject (key and specific competences) are monitored along the same. Although this concept has been broadly assimilated in the Degrees' subjects -without overlooking the difficulty that still entails the design of activities that really prove the degree of knowledge of the students, and especially in subjects of a theoretical nature-, it has not, at least with the same incidence, in Master's subjects, especially in those of a more scientific-technical nature. This may be related to the more direct link between Master's subjects and research, and to the fact that the teaching teams in these subjects remain more stable (usually teaching staff who do research in the same field teach Master's subjects). This has led, in some

cases, to the fact that teachers of Sciences Master's subjects classified as "pure" tend to have a more knowledge-based teaching perspective (specific to their research area) and they limit their teaching to the transmission of their knowledge, while teachers of Sciences Master's subjects classified as "mixed" have focused more on the student learning process [3,4]. This is the case, for example, of the subject "Mass Spectrometry" of the Master's Degree in Analytical Chemistry at the University of Barcelona, which for years has been taught through knowledge-transmission classes and only evaluated with a final written test.

One of the most important challenges of the continuous evaluation is to design strategies that will affect the learning process of the students while at the same time will assess their level of knowledge. However, a segmented evaluation needs to be avoided, fact that is not happening in many subjects where the continuous evaluation has been limited to conducting small written tests throughout the subject or activities that students can solve at home. In those cases, there is no real monitoring of the students' learning process, especially in large groups, since the results' feedback to the students is frequently not immediate, but taking place days after (once the activities have been revised and, in many cases, when even the subject has move to work on totally different contents). However, in order to achieve a real improvement in the students' learning process and in the monitoring and assessment of their knowledge, the transfer of knowledge and the attainment and assessment of competences need to be done in coordination. This will only take place through the correct design of learning strategies that allow an immediate feedback of the obtained results and their discussion with the students. In addition, it should not be forgotten that the assessment results after evaluating the activities involved in these new learning strategies must be based on objective evidences [6,7].

It is worth mentioning that a great advantage of Master's subjects directly related to research aspects, as in the case of the subject "Mass Spectrometry", is the great availability of material that can be used in teaching tasks (presentations, videos, guide documents, legislation, terminology glossaries, simulations, etc.). Thus, there is no need to create teaching material but to establish learning strategies that, using the available material, will allow attaining the key and specific competences of the subject while controlling the students' learning process through them. Therefore, a possible ideal learning strategy in these cases would be the use of the flipped classroom strategies [8-10]. In these cases and with the use of appropriate material (articles, videos, presentations, simulations etc.), the knowledge transmission could be done outside the classroom, thus devoting the face-to-face time with the students to the resolution of doubts and problems in order to improve the learning process and the degree of achievement thereof.

We must also take into account the changes and transformations that information and communication technologies (ICT) have in all areas of our society, including the University, and take advantage of the familiarity that students show with these new technologies in their daily life (laptops, tablets, smartphones, etc.) in order to incorporate them in the employed learning strategies. In addition, it is well known that the learning process increases when it is assessed in a collaborative way [11-13]. Collaborative learning occurs when students and teachers work together to create knowledge. This pedagogy starts from the base that people create knowledge together and that the process enriches and makes them grow [14]. However, it is imperative not to confuse collaborative learning with cooperative learning, where the result is simply the sum of small contributions from each member of the group without creating a truly collaborative environment to achieve the goal.

In the present work, a flipped classroom team-based learning strategy was proposed to improve mass spectral interpretation knowledge on chemistry post-graduate students within the subject "Mass Spectrometry" of the Master's Degree in Analytical Chemistry at the University of Barcelona.

2 METHODOLOGY

The proposed methodology, which is represented in Fig. 1, was designed and planned to allow the accomplishment of some main goals. Therefore, it should be capable of being a reliable indicator of the degree that the students have achieved about the functional knowledge corresponding to the learning objectives of the subject. In this case, it was related to the interpretation of mass spectral information. It was intended to generate a feedback between the students and teacher to enable them to detect deficiencies. At the end, it should provide strong evidences to evaluate the improvement of a student along the learning process, as well as compare the results with those obtained with the traditional lecture-based methodology followed during previous years. Hence, a flipped classroom team-based learning strategy was considered as it seemed to be a suitable approach to fulfil these items.

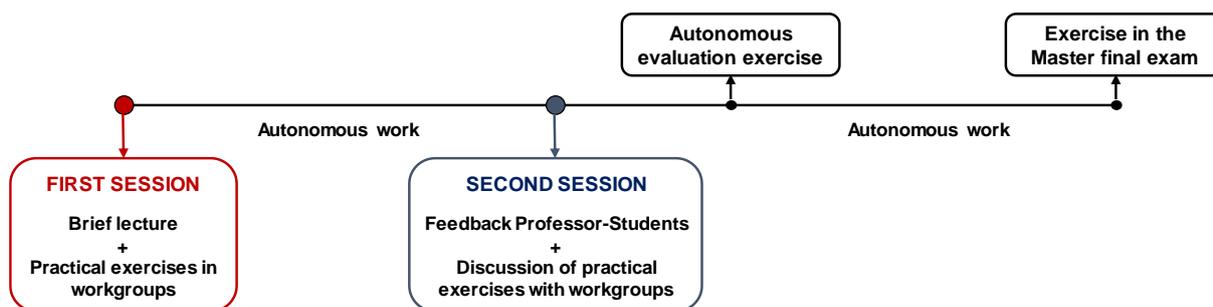


Figure 1. Flipped classroom team-based learning strategy workflow.

In the first session, the most relevant tools to interpret mass spectral information were explained in a brief lecture. It aimed to provide basic and essential knowledge to the students so they could later work in groups of 5-6 students (the groups were randomly built) resolving and discussing some practical exercises. Afterward, one week-autonomous work was incentivized by providing them supplementary material to go deeper into the learning process (flipped classroom strategy). In the second session, the students-teacher feedback played an important role. At the beginning of the class, they could ask those concepts that were not clearly understood, and after solving new raised mass spectral interpretation exercises in workgroups, the results were discussed with the professor along the session emphasizing the most common doubts.

To evaluate the applicability of the new implemented methodology, a total of two individual exercises were applied. The first one was proposed just after the end of the second session of the strategy and consisted of several mass spectral interpretation exercises to be done at home. Moreover, the second activity was applied as an exercise in the Master subject final exam. Besides, in this case, it corresponded to the same one used in a previous year (control group: course 2016-2017) to compare the results and not only to evaluate the improvement due to the strategy (comparison between first and second activity) but also to study the influence of different approaches.

Finally, it should be mentioned that the assessment system employed in all the activities was as follows: 0-4.99, fail; 5-6.99, pass; 7-8.99, remarkable; 9-10, excellent; 10, excellent with honours.

3 RESULTS

Generally, the interpretation of mass spectral information is one of the most difficult skills in the learning process of the students in mass spectrometry. It requires to clearly understand lot of concepts and a continuous practice to promote its assimilation. Therefore, the application of active and collaborative learning strategies such as team-based learning could significantly improve these skills [11-13]. The successful of the team-based learning methodology was evaluated using two different indicators: (i) comparison of the marks achieved during the application of this methodology and those obtained in the final exam and (ii) comparison of the final exam marks obtained for students that apply or not the team-based learning strategy during their learning process.

3.1 Intra-group evaluation of the learning process

Firstly, the results obtained during the application of the team-based learning strategy were compared with those marks achieved in the final exam for each student (Fig. 2).

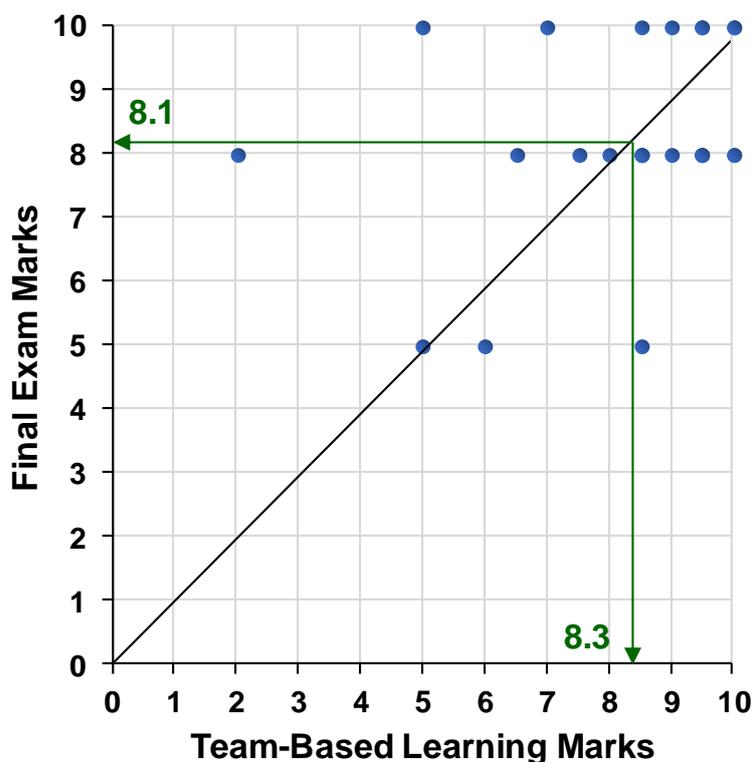


Figure 2. Comparative of the marks between the final exam and the application of the TBL strategy for students of the same group ($n=24$).

As can be observed, there were no significant differences between the average mark obtained in the final exam (8.1) and the team-based learning exercise (8.3). In addition, marks higher than 7.5 points were obtained in both exercises for 70.8% of the students. These facts demonstrate that the team-based learning strategy has strongly and efficiently influenced the learning process of the students to promote the interpretation of mass spectral information. Moreover, 75% of the students showed a difference lower than ± 1.5 points between both marks, demonstrating the good correlation not only for the average results but also for each specific mark. Among all the students, 45.8% of them increased their marks during the final exam (from 0.5 to 3.5 points) which could be also related with an improvement in their learning process after the application of the team-based learning strategy. On the other hand, 29.2% of the students got the same results or showed a slightly decrement on their marks (< -0.5 points). These results showed the good performance of the team-based learning as a methodology strategy to improve the acquisition of mass spectral interpretation skills in post-graduate students of Chemistry.

3.2 Inter-group evaluation of the learning process

To further analyze the improvement of the flipped classroom methodology strategy involving team-based collaborative work, an inter-group comparison of the learning process was done between two groups of students that were taught the same subject with the same teachers. On one hand, it was a control group (course 2016-2017), applying a teaching methodology based on theoretical lectures where the communicative transfer had become a one-way path without an active student participation (knowledge transmission strategy). Therefore, it became difficult to evaluate the learning process during the course, since the only evidence to assess it for teachers was a written test at the end of the semester. In this way, to compare the previous teaching methodology with the team-based collaborative flipped classroom methodology (course 2018-2019), both groups (flipped classroom and control group) had to resolve the same elucidation structure exercise and in order to compare the results, a bar graphic of the obtained grades for both classrooms was built (Fig. 3).

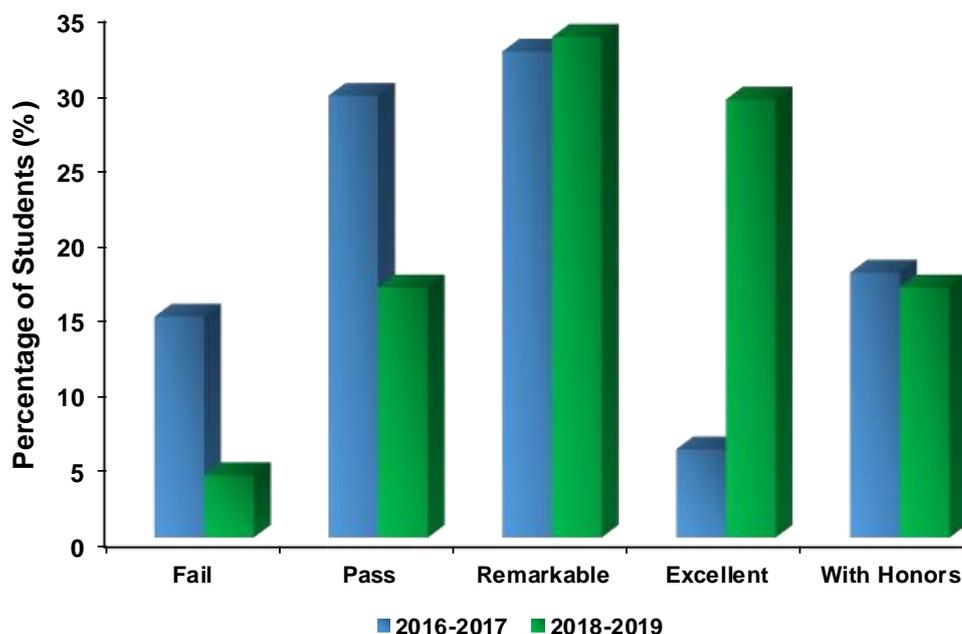


Figure 3. Comparative of the final exam elucidation structure exercise marks between control group (course 2016-2017) and team-based collaborative flipped classroom group (course 2018-2019).

While analyzing grades, as can be seen in Fig. 3, a difference between team-based collaborative flipped classroom (course 2018-2019) and the control group (course 2016-2017) was observed. These results indicated that in overall, the team-based collaborative flipped classroom students produce better grades, as can be expected when knowledge is created in a collaborative way [11-13]. On one hand, the number of fail and pass grades were reduced considerably in the team-based collaborative flipped classroom. This may be since prior to the flipping course, students would often struggle at home with the practical exercises while in the flipping course, exercises are performed in class. On the other hand, the number of excellent grades increases significantly probably owing to the applied learning strategy that had allowed not only to solve face-to-face the main doubts of the students but had giving rise to a better learning through the collaborative work.

4 CONCLUSIONS

The results obtained in this work clearly show that the use of teaching-learning strategies based on collaborative work through a flipped classroom activity has improved the mass spectral interpretation capacity of post-graduate students in comparison to those taught only through knowledge transmission procedures. Probably, two factors have helped on this goal: on the one hand, the improvement in the construction of knowledge through the collaborative work and, on the other, the increase of time in the classroom for the face-to-face feedback between teachers and students thanks to the flipped classroom strategy. Obviously, to consolidate these results, this strategy will be applied in subsequent courses.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been performed within the Consolidated Teaching Innovation Group NEACA (NOVES ESTRATÈGIES D'APRENTATGE EN QUÍMICA ANALÍTICA, GINDOC-UB/166) of the University of Barcelona and was supported by the project "Noves estratègies d'aprenentatge amb avaluació continuada formativa i acreditativa en l'assignatura "Espectrometria de Masses" del Màster en Química Analítica, 2018PID-UB/011" of RIMDA-UB.

REFERENCES

- [1] M. Estes, R. Ingram, J. Liu, "A review of flipped classroom research, practice, and technologies", *International HETL Review*, vol. 4, no. 7, pp.1-10, 2014.
- [2] Z. Jinlei, W. Ying, Z. Baohui, "Introducing a New Teaching Model: Flipped Classroom", *Journal of Distance Education*, vol. 4, pp. 46-51, 2012.
- [3] M. Horn, "The transformational potential of flipped classrooms", *Education Next*, vol. 13, no. 3, pp. 78-79, 2013.
- [4] G. Lueddeke, "Professionalising Teaching Practice in Higher Education: a study of disciplinary variation and teaching-scholarship", *Studies in higher Education*, vol. 28, no. 2, pp. 213-228, 2003.
- [5] S. Lindblom-Ylänne, K.Y. Trigwell, A. Nevgi, "How approaches to teaching are affected by discipline and teaching context", *Studies in Higher Education*, vol. 31, no. 3, pp 285-298, 2006.
- [6] S. Brown, R. Pickford, "Evaluación de habilidades y competencias en Educación Superior" Madrid (Spain), Narcea S.A. de Ediciones, 2013.
- [7] S. Brown, A. Glasner, "Evaluar en la Universidad. Problemas y nuevos enfoques", Madrid (Spain), Narcea S.A. de Ediciones, 2007.
- [8] J.L. Medina (coord.) "La docencia Universitaria mediante el enfoque del aula invertida", Barcelona (Spain), Ediciones Octaedro, S.L., 2016.
- [9] R. Santiago, J. Bergmann, "Aprender al revés. *Flipped learning 3.0* y metodologías activas en el aula", Barcelona (Spain), Paidós Educación, 2018.
- [10] S. Lafee, "Flipped-learning", *The Education Digest*, vol. 79, no. 3, pp. 13-18, 2013.
- [11] E.F. Barkley, k.P. Cross, C.J. Major, "Técnicas de aprendizaje colaborativo", Madrid (Spain), Ediciones Morata S.L., 2012.
- [12] C. Crook, "Ordenadores y aprendizaje colaborativo", Madrid (Spain), Ediciones Morata S.L., 1998.
- [13] F.L. Noguero, "Metodología participativa en la Enseñanza Universitaria", Madrid (Spain), Narcea S.A. de Ediciones, 2012.
- [14] R.S. Matthews, "Collaborative learning: Creating knowledge with students", in *Teaching on a solid ground: Using scholarship to improve practice* (R.J. Menjes, M. Weimer, and Associates, eds.), pp. 101-124. San Francisco, USA: Jossey-Bass, 1996.



**Estrategias de Aula Invertida para Mejorar los Conocimientos de
Espectrometría de Masas en Estudiantes del Máster Universitario en
Química Analítica de la Universidad de Barcelona**

Campmajó Galván, Guillem

Universidad de Barcelona

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Facultad de Química
c/ Martí i Franquès, 1-11, 08028 Barcelona, España.

gcampmajo@ub.edu

Arrizabalaga Larrañaga, Ane

Universidad de Barcelona

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Facultad de Química
c/ Martí i Franquès, 1-11, 08028 Barcelona, España.

a.arrizabalaga@ub.edu

Ayala Cabrera, Juan Francisco

Universidad de Barcelona

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Facultad de Química
c/ Martí i Franquès, 1-11, 08028 Barcelona, España.

j.ayala@ub.edu

Moyano Morcillo, Encarnación

Universidad de Barcelona

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Facultad de Química
c/ Martí i Franquès, 1-11, 08028 Barcelona, España.

encarna.moyano@ub.edu

Santos Vicente, Francisco Javier

Universidad de Barcelona

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Facultad de Química
c/ Martí i Franquès, 1-11, 08028 Barcelona, España.

javier.santos@ub.edu

Núñez Burcio, Oscar

Universidad de Barcelona

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Facultad de Química
c/ Martí i Franquès, 1-11, 08028 Barcelona, España.

oscar.nunez@ub.edu



MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

1. RESUMEN:

Dos estrategias de aprendizaje, aula invertida mediante aprendizaje basado en equipo y aula invertida utilizando dispositivos móviles, han sido desarrolladas como actividades de evaluación continua para mejorar la adquisición de conocimientos de estudiantes de máster en espectrometría de masas. Las estrategias se han validado mediante la comparación con un grupo control de estudiantes, formado únicamente mediante transmisión de conocimiento unidireccional, mostrando resultados satisfactorios.

2. ABSTRACT:

Two learning strategies, which were flipped-classroom with team-based learning and flipped-classroom using mobile devices, have been developed as continuous assessment activities to improve master students' knowledge on Mass Spectrometry. The strategies have been validated by comparing them with a control group of students taught only through unidirectional knowledge transmission, showing satisfactory results.

3. PALABRAS CLAVE: 4-6

Aula invertida; Aprendizaje basado en equipos; Aprendizaje colaborativo; Dispositivos Móviles; Evaluación continua

4. KEYWORDS: 4-6

Flipped-classroom; Team-based learning; Collaborative learning; Mobile devices; Continuous assessment



5. DESARROLLO:

Introducción y objetivos

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 (Brown et al., 2007; Brown et al., 2013).

De este modo, el aula invertida (Medina, 2016) 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, esta actividad se puede 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 a 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.



MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

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 (Barkley et al., 2012). 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 (Noguero, 2012). 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 han desarrollado dos estrategias de aprendizaje basadas en aula invertida y utilizadas como actividades de evaluación continua, que tienen 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 primera estrategia consistió en la utilización del aula invertida combinada con el trabajo colaborativo en equipos, con el objetivo de mejorar la interpretación de espectros de masas por parte de los estudiantes. Dicha estrategia se aplicó en la Asignatura “Espectrometría de Masas” a un grupo de 24 estudiantes durante el curso académico 2018-19. Brevemente, la estrategia consistió en una primera sesión (2h) en la que se explicaron los fundamentos y las herramientas más relevantes para la interpretación de los espectros de masas. A continuación, los estudiantes trabajaron en grupos de 4-5 miembros (formados aleatoriamente) resolviendo ejercicios relacionados con esta temática. Durante esta actividad en grupo, los profesores fueron resolviendo las dudas planteadas por los estudiantes, aunque no se les aportó las soluciones de los ejercicios. A continuación, se facilitó material relacionado con la materia para profundizar en el aprendizaje de este tema y que trabajasen de manera autónoma durante una semana (aula invertida). La segunda sesión presencial (2h) se inició resolviendo las dudas derivadas del material leído, así como de los conceptos básicos explicados y, seguidamente, los grupos formados en la primera sesión continuaron trabajando en la resolución de los ejercicios. Estos ejercicios se resolvieron juntamente con el profesor (aprendizaje colaborativo estudiante-profesorado) aportándose un *feedback* instantáneo. La actividad de evaluación continua de dicha estrategia se llevó a cabo mediante dos ejercicios de interpretación de espectros, el primero propuesto justo al final de la segunda sesión y el segundo en la prueba de síntesis final de la asignatura.

La segunda estrategia 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” a un



grupo de 32 estudiantes del curso académico 2019-20. En esta actividad, se facilitó inicialmente al estudiante el material adecuado sobre la temática 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 Socratic* (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.

Para evaluar la aplicabilidad y utilidad de dichas estrategias en la mejora de la adquisición de estos conocimientos en espectrometría de masas por parte de los estudiantes, se utilizaron ejercicios correspondientes a la prueba de síntesis final del curso 2016-17 (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 estrategias de aprendizaje basadas en aula invertida y utilizadas como actividades de evaluación continua para mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en los dos primeros contenidos complejos identificados: la identificación de espectros y la espectrometría de masas en tándem (fragmentación).



MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

Estrategia aplicada a la interpretación de espectros

Con respecto a los conocimientos relacionados con la interpretación de espectros, se utilizó una metodología de aprendizaje activo basada en el aula invertida combinada con el trabajo colaborativo en equipos, la cual se llevó a cabo tal como se describe en el apartado de metodología. Esta estrategia se utilizó durante el curso 2018-2019 en un grupo de estudio de 24 estudiantes. Para evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes se realizaron dos pruebas de evaluación: una actividad de evaluación continua que consistía en un ejercicio de interpretación de espectros, y que se llevó a cabo al finalizar la estrategia de aprendizaje, y un segundo ejercicio de interpretación de espectros que se realizó en la prueba final de síntesis de la asignatura (realizada al final del semestre). La Figura 1 compara, para cada uno de los estudiantes, la nota obtenida en ambos ejercicios. Esta comparación permite evaluar no solo el grado de aprendizaje de los estudiantes con relación a los conocimientos de interpretación de espectros sino también la consolidación de dichos conocimientos. Así, como se puede observar, la mayoría de los estudiantes obtienen notas superiores a 5 y, además, los resultados en el ejercicio de la prueba final de síntesis son similares o ligeramente superiores a los obtenidos en la actividad de evaluación continua realizada al finalizar la estrategia de aprendizaje utilizada. Esto permite constatar que los estudiantes han consolidado su aprendizaje. Bien es cierto que, para algunos estudiantes, los resultados empeoraron considerablemente en la prueba final de síntesis (por ejemplo, los estudiantes 3, 11 y 20).

Con el fin de evaluar la utilidad de la estrategia de aprendizaje activo utilizada para mejorar los conocimientos en la interpretación de espectros de los estudiantes, se utilizó como ejercicio en la prueba final de síntesis del grupo en estudio (curso 2018-2019, 24 estudiantes), el mismo ejercicio que realizaron en su prueba final de síntesis los estudiantes de un curso anterior (curso 2016-2017, 34 estudiantes) cuyo proceso de aprendizaje se basaba en clases magistrales, y que se consideró como grupo control. La Figura 2 compara los resultados obtenidos en ambos ejercicios. Los resultados, como era de esperar, mejoran considerablemente cuando se utilizan estrategias de aprendizaje activo como la de aula invertida con trabajo colaborativo en equipos. En general, los porcentajes de suspensos y aprobados disminuyen, se mantienen los porcentajes de notables y matrículas de honor, y aumenta considerablemente el porcentaje de excelentes.

Estrategia aplicada a la espectrometría de masas en tándem

En el caso de los conocimientos relacionados con la espectrometría de masas en tándem, se utilizó la estrategia de aprendizaje activo de aula invertida, trabajando individualmente y empleando dispositivos móviles, la cual se llevó a cabo tal como se describe en el apartado de metodología. Esta estrategia fue utilizada durante el curso 2019-2020 en un



MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

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, que para los estudiantes fue 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 Figura 3 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). Como se puede observar, los resultados tienden a ser similares o a mejorar considerablemente 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 (Figura 4). 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 (por ejemplo, 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, de nuevo 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 Figura 5 compara los resultados obtenidos en ambos ejercicios. 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 suspendía dicho ejercicio. La mejora de los resultados al utilizar estrategias de aprendizaje activo basadas en aula invertida es muy notable, y muchísimo mejor que en el caso de los conocimientos sobre la interpretación de espectros discutido anteriormente. 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 han desarrollado y aplicado dos estrategias de aprendizaje activo basadas en aula invertida para la mejora en la adquisición de los conocimientos sobre espectrometría de masas de los estudiantes del Máster Universitario en Química Analítica de la Universidad de Barcelona.

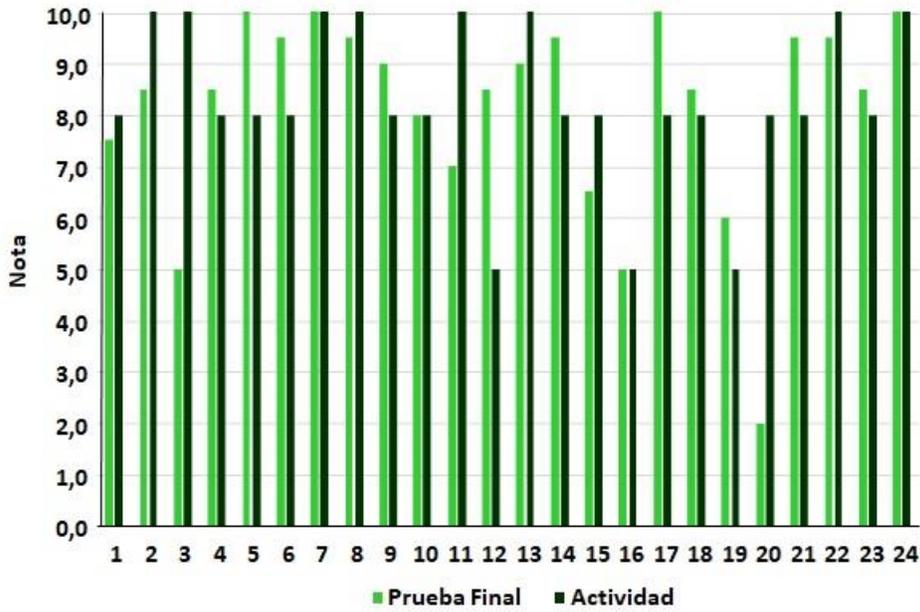
Al comparar los resultados entre las actividades de evaluación continua (llevadas a cabo al final de las estrategias) y los ejercicios correspondientes en las pruebas finales de síntesis (llevadas a cabo al final de la asignatura), en general, se observan resultados similares, lo que confirma la consolidación de los conocimientos trabajados con dichas estrategias 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.

Ambas estrategias permiten 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 de los grupos 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.

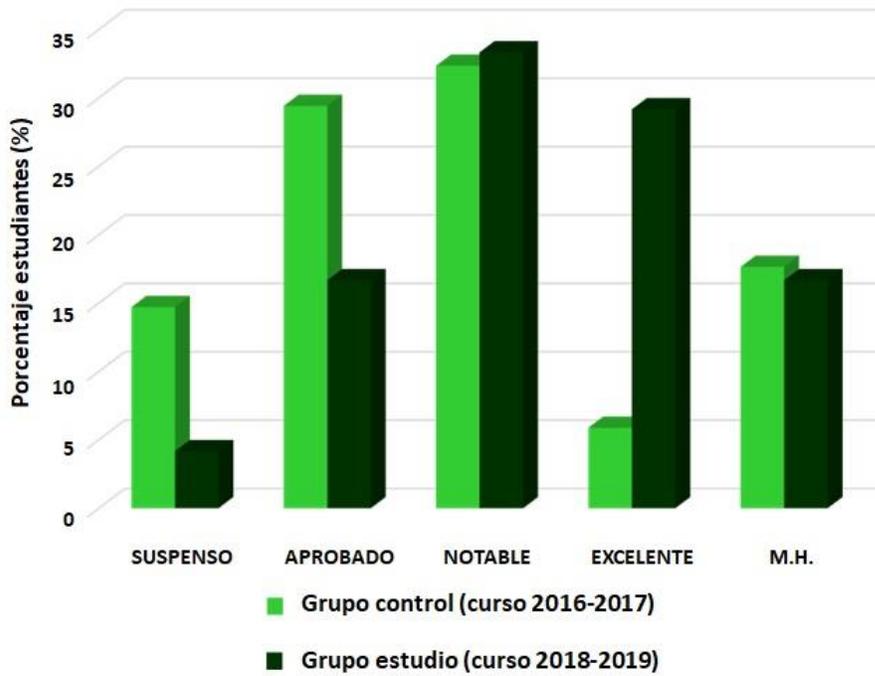


MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

5.1. FIGURA 1



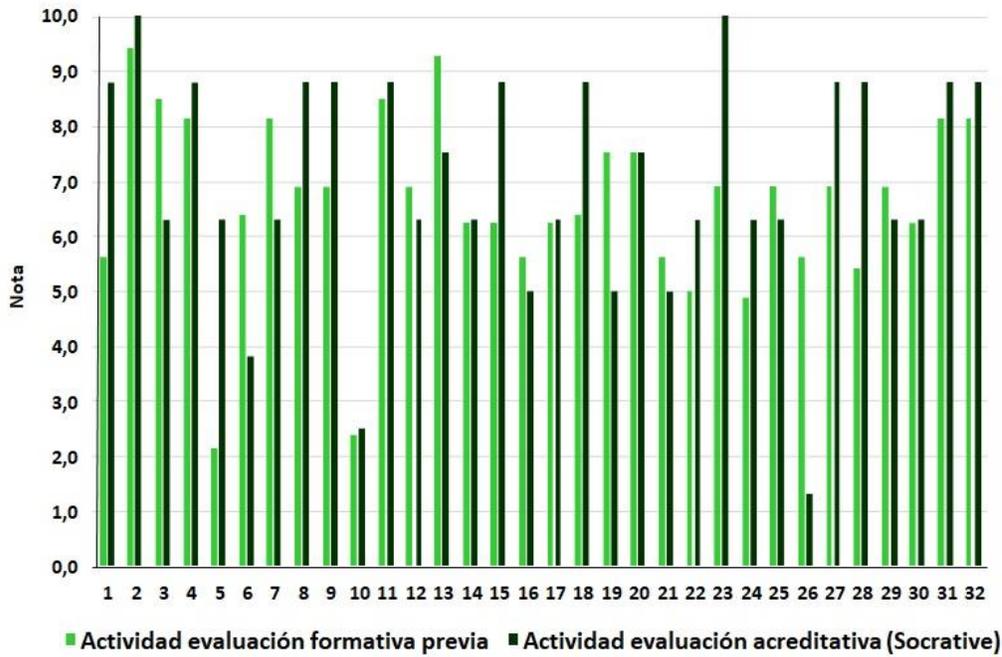
5.2. FIGURA 2



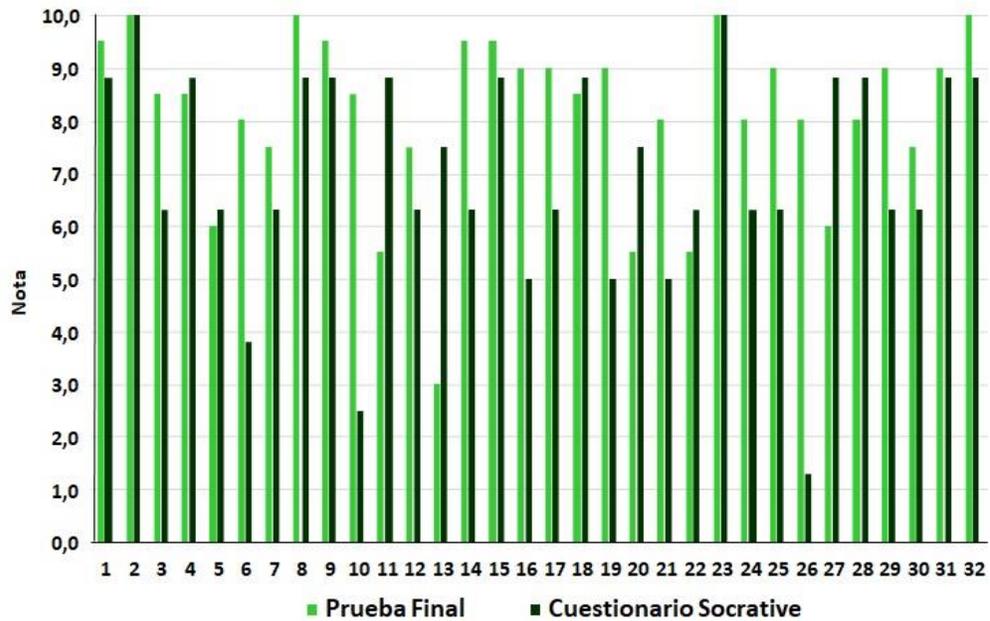


MÁS ALLÁ DE LAS COMPETENCIAS: NUEVOS RETOS EN LA SOCIEDAD DIGITAL

5.3. FIGURA 3

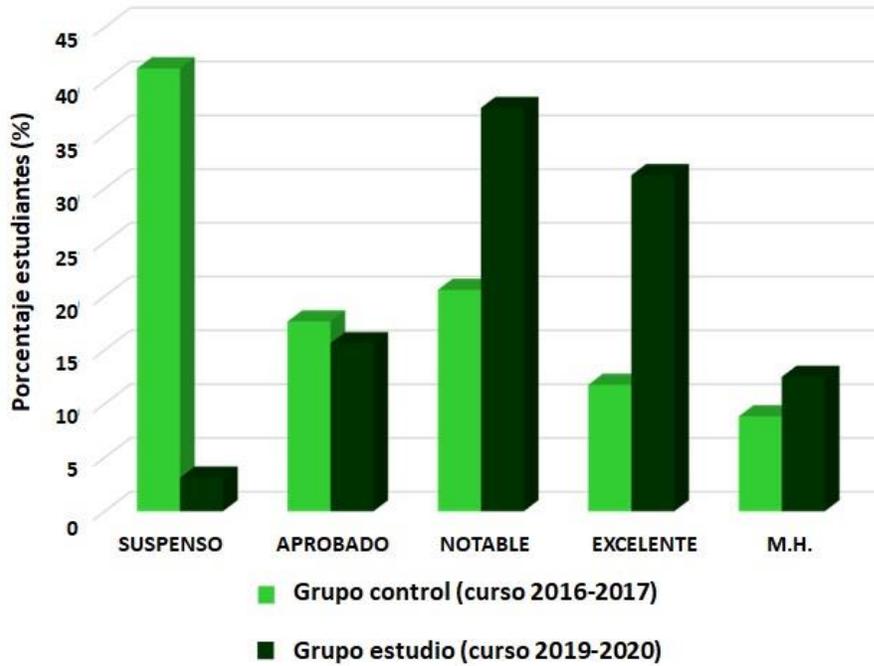


5.4. FIGURA 4





5.5. FIGURA 5





6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (según normativa APA)

Barkley, E.F., Cross, K.P. y Major, C.J. (2012). *Técnicas de aprendizaje colaborativo*. Ediciones Morata S.L.

Brown, S. y Glasner, A. (2007). *Evaluar en la Universidad. Problemas y Nuevos enfoques*. Narcea S.A. de Ediciones.

Brown, S. y Pickford, R. (2013). *Evaluación de habilidades y competencias en Educación Superior*. Narcea S.A. de Ediciones.

Medina, J.L. (2016). *La docencia Universitaria mediante el enfoque del aula invertida*. Ediciones Octaedro S.L.

Noguero, F.L. (2012). *Metodología participativa en la Enseñanza Universitaria*. Narcea S.A. de Ediciones.

Estrategias de Aula Invertida para Mejorar los Conocimientos de Espectrometría de Masas en Estudiantes del Máster Universitario en Química Analítica de la Universidad de Barcelona



Guillem Campmajó, Ane Arrizabalaga-Larrañaga, Juan Francisco Ayala-Cabrera, Encarnación Moyano, Francisco Javier Santos y Oscar Núñez

Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica, Universidad de Barcelona. Martí i Franquès, 1-11, 08028 Barcelona, España. e-mail: gcampmajó@ub.edu



INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

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.

De este modo, el aula invertida [1] 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.). Además, esta actividad se puede realizar de forma autónoma fuera del aula, permitiendo una mayor dedicación del tiempo presencial a la resolución de dudas y problemas (feedback), proporcionando al profesor información sobre los conocimientos adquiridos por los estudiantes y mejorando así el proceso de aprendizaje.

Otro factor a 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, incluyendo la Universidad. Actualmente, los estudiantes las tienen totalmente integradas en su vida diaria (ordenadores portátiles, smartphones, etc.), lo cual las presenta como 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 adecuada para impulsar el proceso de aprendizaje [2]. Esta estrategia pedagógica se fundamenta en el hecho de que las personas creen conocimiento conjuntamente y que este proceso les haga crecer y enriquecerse mutuamente [3]. 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 generar un ambiente verdaderamente colaborativo para lograr un objetivo.

En este trabajo, se han desarrollado dos estrategias de aprendizaje basadas en aula invertida, utilizadas como actividades de evaluación continua, que tienen como objetivo la mejora de conocimientos en Espectrometría de Masas en estudiantes del Máster Universitario en Química Analítica de la Universidad de Barcelona.

ESTRATEGIA 1: AULA INVERTIDA + TRABAJO COLABORATIVO EN EQUIPOS

OBJETIVO: Mejora del aprendizaje y los conocimientos sobre la Interpretación de Espectros de Masas

GRUPO DE ESTUDIO: Asignatura "Espectrometría de Masas", Curso 2018-2019, Grupo de 24 estudiantes

GRUPO CONTROL: Asignatura "Espectrometría de Masas", Curso 2016-2017, Grupo de 34 estudiantes. Metodología Aprendizaje: Clase Magistral

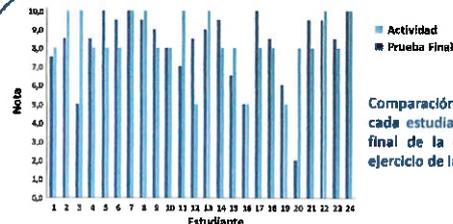
METODOLOGÍA:



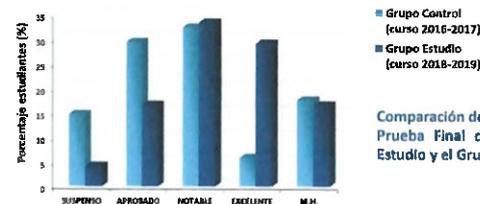
EVALUACIÓN:

- Ejercicio de interpretación de espectros (propuesto al final de la estrategia)
 - Ejercicio de Interpretación de espectros (prueba final de la asignatura)
- Mismo ejercicio que el realizado en el curso 2016/17 por el Grupo Control

RESULTADOS:



Comparación de las notas obtenidas para cada estudiante en la actividad realizada al final de la estrategia de aprendizaje y el ejercicio de la prueba final de síntesis



Comparación de las notas del ejercicio en la Prueba Final de Síntesis entre el Grupo Estudio y el Grupo control

La estrategia de aprendizaje utilizada muestra una clara mejora en los resultados obtenidos, demostrando su idoneidad para la mejora de los conocimientos sobre interpretación de espectros de los estudiantes.

ESTRATEGIA 2: AULA INVERTIDA, DISPOSITIVOS MÓVILES Y APRENDIZAJE INDIVIDUALIZADO

OBJETIVO: Mejora del aprendizaje y los conocimientos sobre la Espectrometría de Masas en Tándem

GRUPO DE ESTUDIO: Asignatura "Espectrometría de Masas", Curso 2019-2020, Grupo de 32 estudiantes

GRUPO CONTROL: Asignatura "Espectrometría de Masas", Curso 2016-2017, Grupo de 34 estudiantes. Metodología Aprendizaje: Clase Magistral

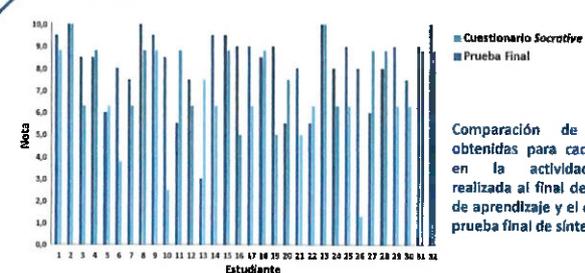
METODOLOGÍA:



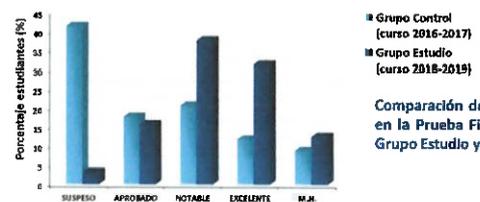
EVALUACIÓN:

- Cuestionario a través de la App Socrative
 - Ejercicio de espectrometría de masas en tándem (prueba final de la asignatura)
- Mismo ejercicio que el realizado en el curso 2016/17 por el Grupo Control

RESULTADOS:



Comparación de las notas obtenidas para cada estudiante en la actividad Socrative realizada al final de la estrategia de aprendizaje y el ejercicio de la prueba final de síntesis



Comparación de las notas del ejercicio en la Prueba Final de Síntesis entre el Grupo Estudio y el Grupo control

La estrategia de aprendizaje utilizada muestra una clara mejora en los resultados obtenidos, demostrando su idoneidad para la mejora de los conocimientos sobre espectrometría de masas en tándem de los estudiantes.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

- Se han desarrollado y aplicado dos estrategias de aprendizaje basadas en aula invertida para la mejora de los conocimientos sobre espectrometría de masas de los estudiantes del Máster Universitario en Química Analítica de la Universidad de Barcelona.
- Al comparar los resultados entre las actividades de evaluación continua (llevadas a cabo al final de la estrategia) y el ejercicio correspondiente en la Prueba Final de Síntesis, en general, se observan resultados similares, lo que confirma la consolidación de los conocimientos trabajados con dichas estrategias 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.
- Ambas estrategias permiten claramente mejorar los resultados 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 de los grupos de estudio con el grupo control.

REFERENCIAS

- [1] Medina, J.L. (2016). La docencia Universitaria mediante el enfoque del aula Invertida. Ediciones Octaedro S.L.
- [2] Barkley, E.F., Cross, K.P. y Major, C.J. (2012). Técnicas de aprendizaje colaborativo. Ediciones Morata S.L.
- [3] Noguera, F.L. (2012). Metodología participativa en la Enseñanza Universitaria. Narcea S.A. de Ediciones.

AGRADECIMIENTOS

- Proyecto 2018PID-UB/011 "Noves estratègies d'aprenentatge amb avaluació continuada formativa i acreditativa en l'assignatura "Espectrometría de Masas" del Máster Universitario en Química Analítica" del Programa de Recerca, Innovació i Millora de la Innovació i l'Aprenentatge (RIMDA) de la Universidad de Barcelona.
- Esta innovación forma parte del Grupo Consolidado de Innovación Docente GINDO-UB/166 NEAQA "Noves Estratègies d'Aprenentatge en Química Analítica" del Programa de Recerca, Innovació i Millora de la Innovació i l'Aprenentatge (RIMDA) de la Universidad de Barcelona.

NUEVAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE DE EVALUACIÓN CONTINUA FORMATIVA Y ACREDITATIVA EN LA ASIGNATURA “ESPECTROMETRÍA DE MASAS” DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN QUÍMICA ANALÍTICA

Proyecto RIMDA 2018PID-UB/011

**Encarnación Moyano, Francisco Javier Santos, Oscar Núñez,
Juan Francisco Ayala-Cabrera, Ane Arrizabalaga, Guillem Campmajó**

Sección de Química Analítica, Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



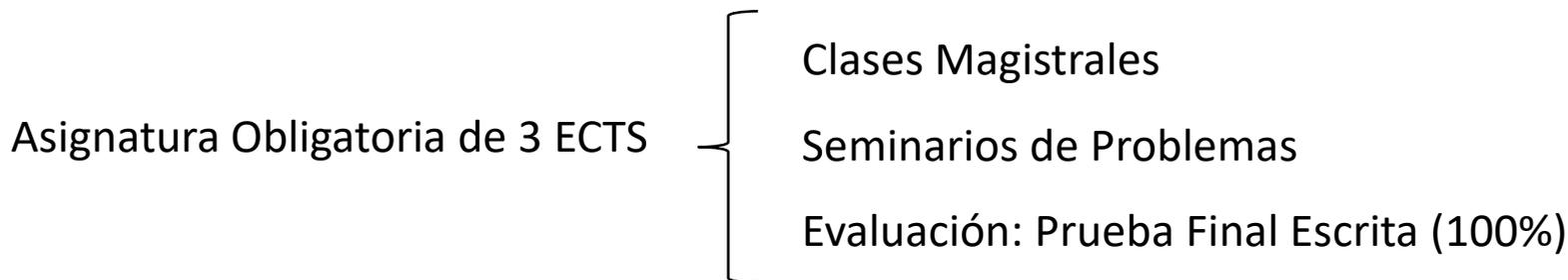
APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ESTUDIANTE



Implementación del EEES bastante desigual:

- Asignaturas
- Grado, Máster, etc.

ASIGNATURA “ESPECTROMETRÍA DE MASAS” (Máster Universitario de Química Analítica)



Asignatura compleja, con cierta dificultad para los alumnos:

- Teorías, Principios, Instrumentación, Interpretación de espectros, Aplicaciones...
- No se trabaja la espectrometría de masas en profundidad en el Grado de Química

OBJETIVO:

IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

- EVALUACIÓN CONTINUA (FORMATIVA / ACREDITATIVA)
- INCIDIR EN CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA
- TRABAJAR COMPETENCIAS TRANSVERSALES

PROYECTO:

Curso 2018/19 – Curso 2021/22
1^{er} Semestre – 4 Acciones

IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTENIDOS MÁS DIFÍCILES:

- Interpretación de Espectros
- Espectrometría de masas en tándem (fragmentación)
- Los mecanismos de ionización
- Definición de conceptos relacionados con la espectrometría de masas (terminología)
- ...

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE:

- AULA INVERTIDA
- ESTUDIO DE CASOS
- TRABAJO COLABORATIVO

INTERPRETACIÓN DE ESPECTROS

AULA INVERTIDA
TRABAJO COLABORATIVO EN EQUIPOS

Curso 2018/19 – Grupo de 24 estudiantes

ESPECTROMETRÍA DE MASAS EN TÁNDEM

AULA INVERTIDA
DISPOSITIVOS MÓVILES
APRENDIZAJE INDIVIDUALIZADO

Curso 2019/20 – Grupo de 32 estudiantes

GRUPO CONTROL

Curso 2016/17 – Grupo de 34 estudiantes

INTERPRETACIÓN DE ESPECTROS

Curso 2018/19 – Grupo de 24 estudiantes

AULA INVERTIDA TRABAJO COLABORATIVO EN EQUIPOS

Sesión de 2 h

1h: Explicación por parte del docente

1h: Trabajo grupal (4-5 miembros)
(ejercicios de interpretación de espectros)

Material
Interpretación
Espectros

Sesión de 2 h

30 min: Dudas sobre interpretación espectros

1h 30 min: Trabajo grupal
(ejercicios de interpretación de espectros)

Resolución conjunta de los ejercicios

Evaluación:

- Ejercicio de interpretación de espectros (propuesto al final de la estrategia)
- **Ejercicio de interpretación de espectros (prueba final de la asignatura)**

Mismo ejercicio que el realizado en el curso 2016/17 por el Grupo Control

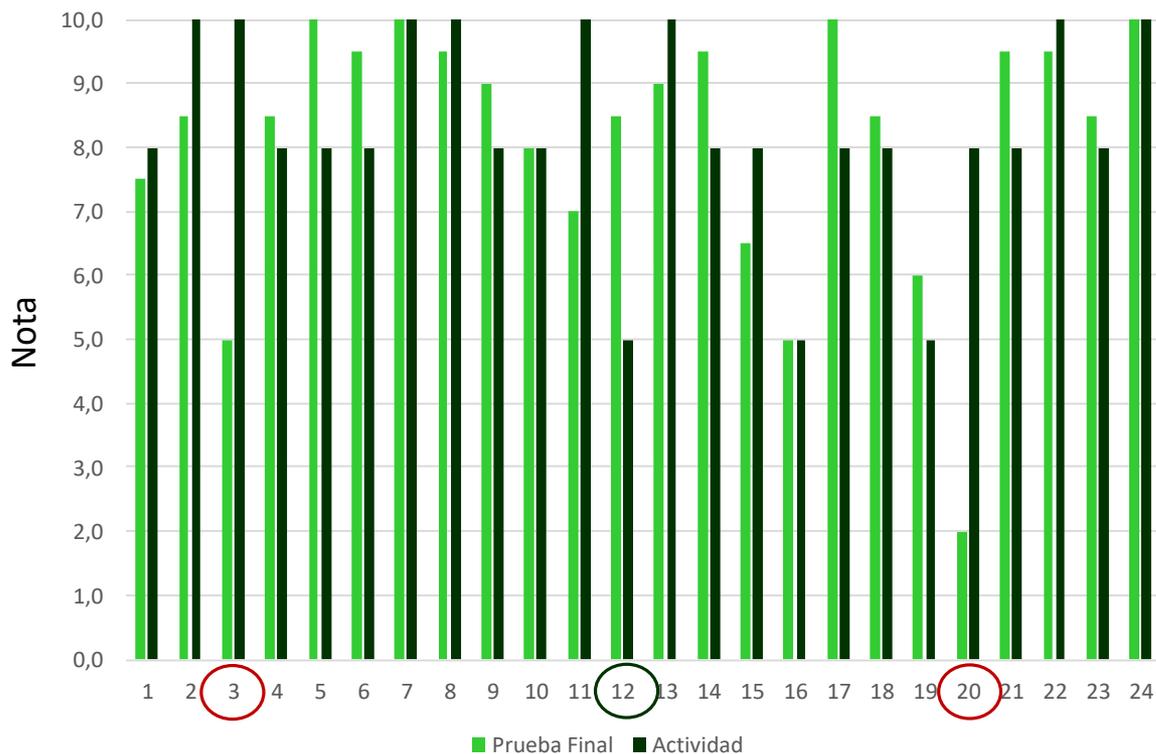
INTERPRETACIÓN DE ESPECTROS

AULA INVERTIDA TRABAJO COLABORATIVO EN EQUIPOS

Curso 2018/19 – Grupo de 24 estudiantes

RESULTADOS

PRUEBA FINAL vs. ACTIVIDAD



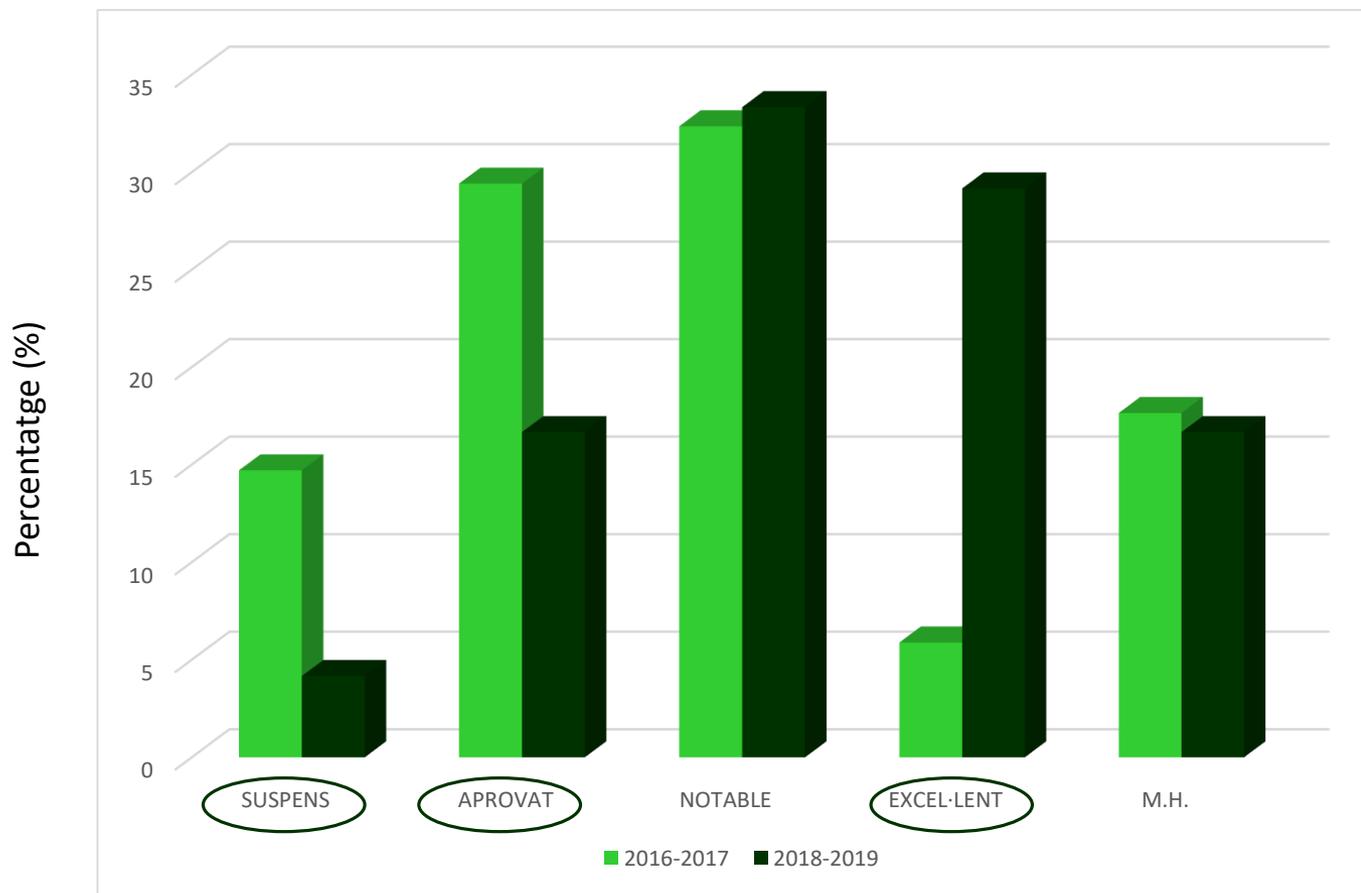
INTERPRETACIÓN DE ESPECTROS

AULA INVERTIDA TRABAJO COLABORATIVO EN EQUIPOS

Curso 2018/19 – Grupo de 24 estudiantes

RESULTADOS

PRUEBA FINAL GRUPO vs. GRUPO CONTROL



ESPECTROMETRÍA DE MASAS EN TÁNDEM

Curso 2018/19 – Grupo de 32 estudiantes

AULA INVERTIDA
DISPOSITIVOS MÓVILES
APRENDIZAJE INDIVIDUALIZADO

Material MS/MS

Capítulo
Libro Referencia
(2 semanas)

Prueba de comprensión (por escrito)

4 preguntas clave sobre
MS/MS



Sesión de 2 h

1 h 15 min: Micro-clase, resolución
de dudas

45 min: Cuestionario *App Socrative*
(dispositivos móviles)

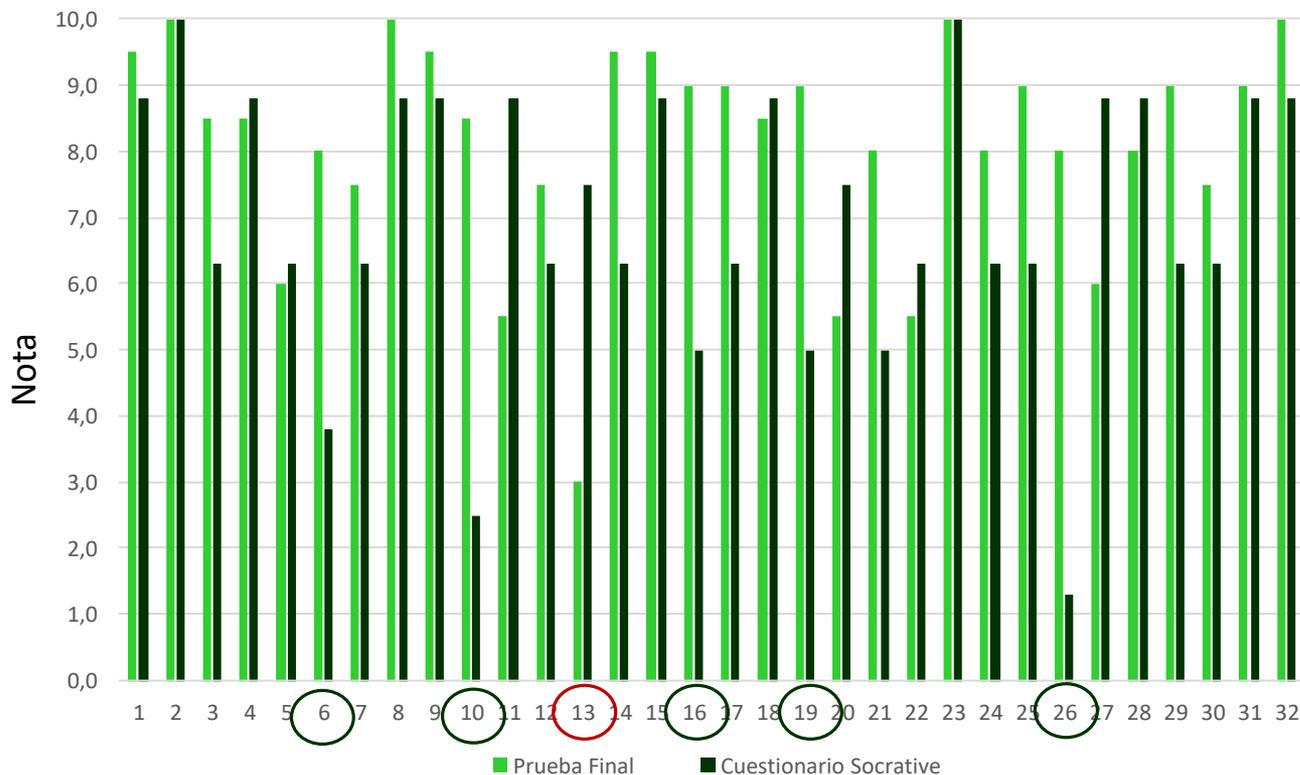
Evaluación:

- Cuestionario *App Socrative*
- **Ejercicio de espectrometría de masas en tándem (prueba final de la asignatura)**

Mismo ejercicio que el realizado en el curso 2016/17 por el Grupo Control

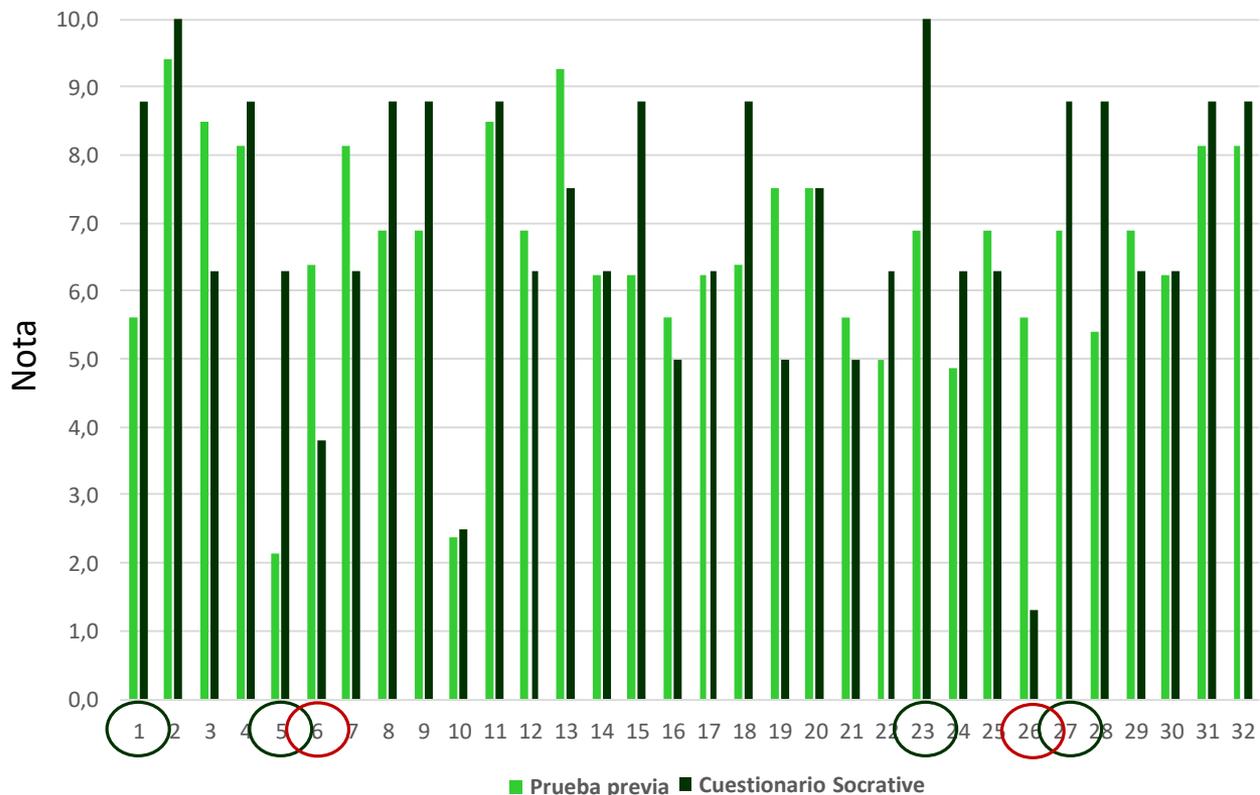
RESULTADOS

PRUEBA FINAL vs. ACTIVIDAD



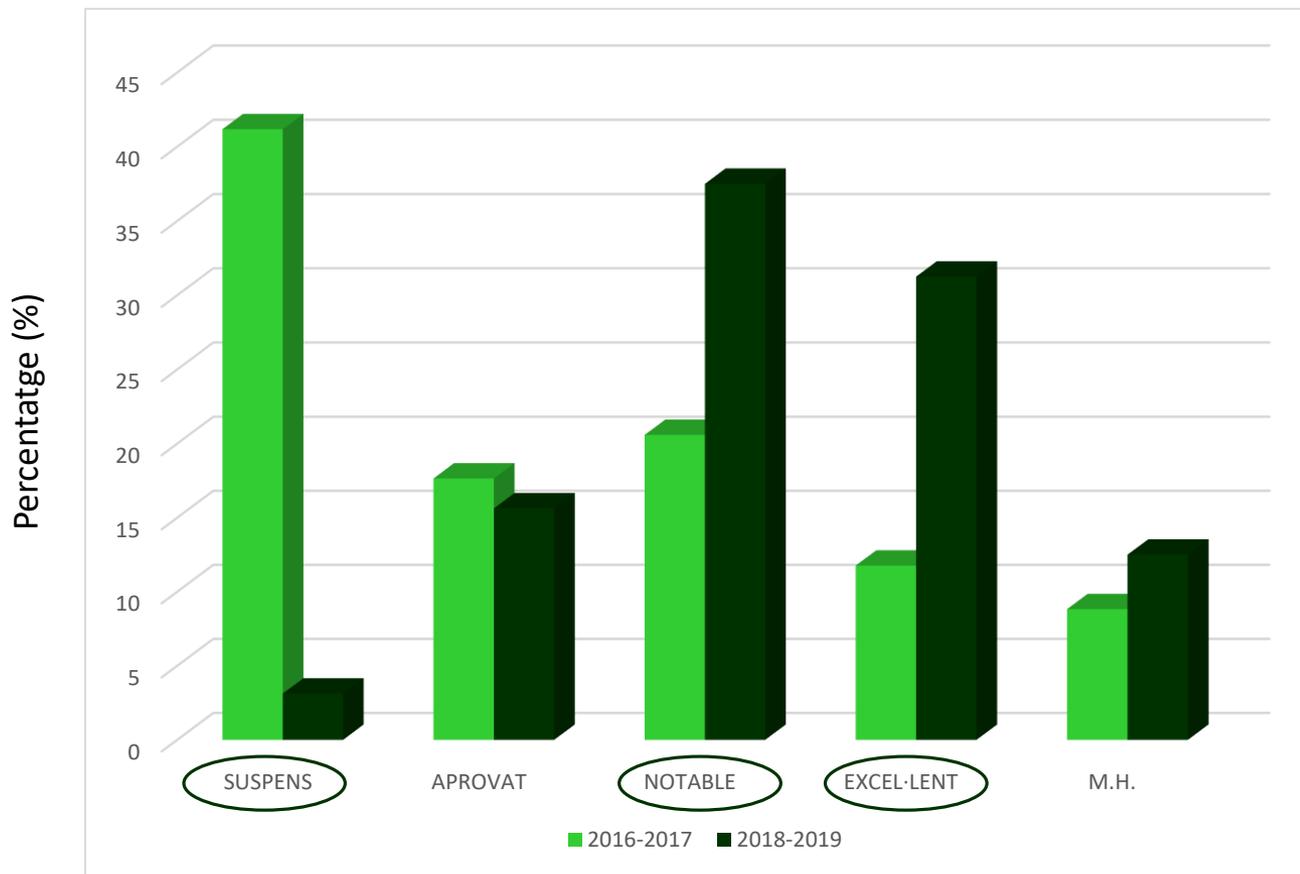
RESULTADOS

PRUEBA PREVIA vs. ACTIVIDAD SOCRATIVE



RESULTADOS

PRUEBA FINAL GRUPO vs. GRUPO CONTROL



CONCLUSIONES Y RESUMEN

- Las estrategias de aprendizaje llevadas a cabo, *a priori*, permiten mejorar la adquisición de conocimientos y competencias específicas de la asignatura Espectrometría de Masas
- Los resultados comparados con el grupo control (Clases Magistrales) mejoran considerablemente:
 - Tipología del alumnado
 - Evidencia basada en el criterio de expertos
- Lógicamente, será necesario implementar estas estrategias en más grupos, así como desarrollar nuevas.

NUEVAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE DE EVALUACIÓN CONTINUA FORMATIVA Y ACREDITATIVA EN LA ASIGNATURA “ESPECTROMETRÍA DE MASAS” DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN QUÍMICA ANALÍTICA

Proyecto RIMDA 2018PID-UB/011

MUCHAS GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

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 Campmajó¹, Ane Arrizabalaga-Larrañaga¹, Juan Francisco Ayala-Cabrera¹, Encarnación Moyano¹, Francisco Javier Santos¹, Oscar Núñez^{1,2}

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

² 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.

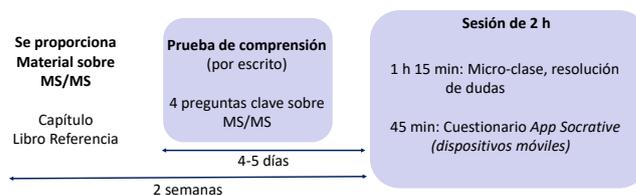


Fig. 1. Esquematización de la implementación de la estrategia de aula invertida utilizada.

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).

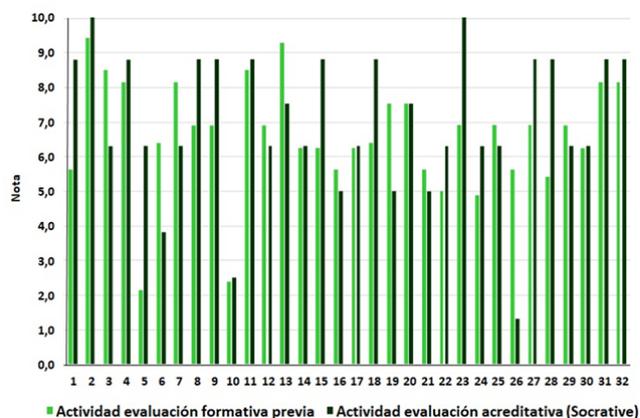


Fig. 2. Comparación, para cada estudiante, entre las notas obtenidas en las dos actividades de evaluación (formativa y acreditativa) durante la implementación de la estrategia de aula invertida (n=32).

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).

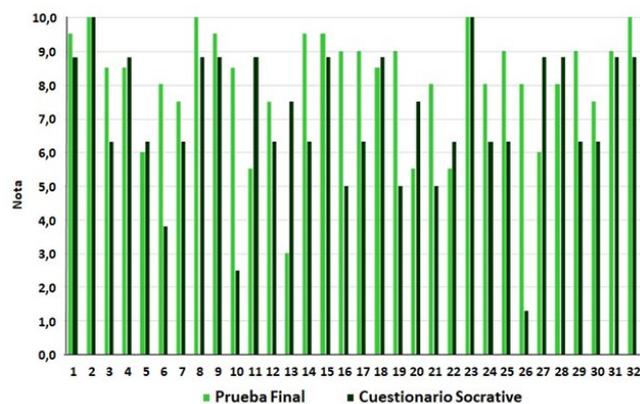


Fig. 3. Comparación, para cada estudiante, entre las notas obtenidas en el ejercicio de la prueba final de síntesis (al final de la asignatura) y la actividad acreditativa (cuestionario *Socrative*) realizada durante la implementación de la estrategia de aula invertida (n=32).

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.

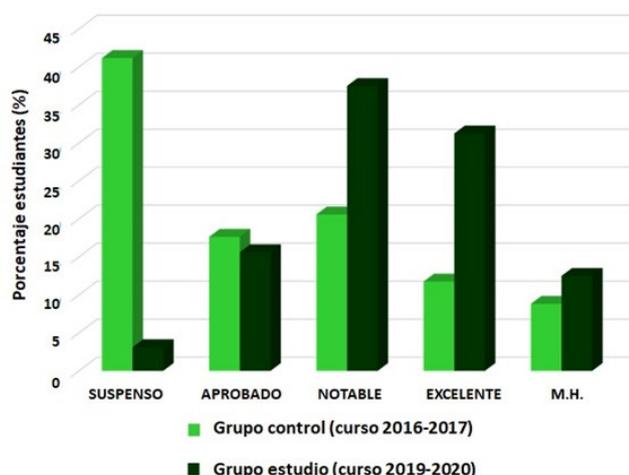


Fig. 4. Comparación de los resultados obtenidos en el ejercicio de espectrometría de masas en tándem de las pruebas finales de síntesis entre el grupo de estudio (curso 2019-2020, aula invertida, n=32) y el grupo control (curso 2016-2017, clases magistrales, n=34).

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.