

APRENDER QUÍMICA DE NIVEL UNIVERSITARIO CON EL USO DE AULA INVERTIDA EN DOCENCIA VIRTUAL

*Learning Higher Education Chemistry using flipped classroom in a virtual teaching
context*

Patricia Almendros [p.almendros@upm.es]

Mónica Montoya [monica.montoya@upm.es]

*Grupo de Innovación Educativa en Química y Análisis Agrícola. Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas
Universidad Politécnica de Madrid
Av. Puerta de Hierro 2-4, 28040 Madrid, España*

Icía Pablo-Lerchundi [iciar.depablo@upm.es]

*Grupo de Investigación ForPROFE. Instituto de la Ciencias de la Educación.
Universidad Politécnica de Madrid
Profesor Aranguren, 3, 28040 Madrid, España*

Patricia Ruiz-Galende [patricia.ruiz@alumnos.upm.es]

Fabio Revuelta [fabio.revuelta@upm.es]

*Grupo de Sistemas Complejos y Grupo de Innovación Educativa "Física Interactiva". Escuela
Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas
Universidad Politécnica de Madrid
Av. Puerta de Hierro 2-4, 28040 Madrid, España*

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de la metodología de aula invertida en un contexto de docencia virtual -provocado por la pandemia por COVID-19- en la enseñanza de la Química, en comparación con la metodología tradicional. Los estudiantes que siguieron la metodología de aula invertida (Grado de Ingeniería Agroambiental) debían revisar materiales creados a tal efecto antes de la clase, utilizando el tiempo de ésta para resolver dudas y ejercicios. Los alumnos de método tradicional (Grado de Ingeniería Agrícola) asistieron a clases y sesiones de ejercicios en línea. Se evaluó si la implementación de la metodología de aula invertida mejoró el aprendizaje de los estudiantes y su participación en la asignatura, para ello se estudiaron la influencia de las metodologías en la nota de evaluación y la valoración de los estudiantes. Los resultados indicaron que el aula invertida condujo a una menor procrastinación y aumentó la participación de los estudiantes en asistir a clases y completar actividades. Sin embargo, se observó una alta tasa de absentismo bajo condiciones de aprendizaje virtual, independientemente del método de enseñanza seguido. Los estudiantes expresaron satisfacción con las actividades de aula invertida, indicando que les permitía un enfoque individualizado y respetar su ritmo de aprendizaje. Los comentarios negativos se centraron en la ausencia de interacción para resolver dudas en la fase asíncrona, en contraposición a las clases magistrales donde las dudas se pueden resolver inmediatamente. Aunque no se observan diferencias en las calificaciones entre metodologías, el aula invertida ha resultado satisfactoria, proponiéndose ampliar su uso en cursos posteriores, tras realizar las mejoras pertinentes.

Palabras-Clave: Innovaciones educativas; Enseñanza de la química; Educación superior; Métodos de enseñanza; Educación virtual.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of the flipped-classroom methodology in a virtual teaching context -prompted by the COVID-19 pandemic- in the instruction of Chemistry, as compared to the traditional approach. On the one hand, students following the flipped-classroom methodology (Bachelor's Degree in Agri-environmental Engineering) were required to review materials prepared for this purpose prior to the sessions, devoting the class time to address queries and engage in exercises. On the other hand, students the traditional method (Bachelor's Degree in Agricultural Engineering) attended on-line lectures and exercise sessions. The study assessed whether the implementation of the flipped-classroom methodology enhanced students' learning and their participation in the subject, investigating the influence of the methodologies on assessment grades and student appraisals. The findings indicated that the flipped-classroom approach reduced procrastination and increased student engagement in attending classes and completing activities. Nevertheless, a high rate of absenteeism was observed under virtual learning conditions, irrespective of the teaching method followed. Students expressed contentment with the flipped classroom activities, highlighting that it facilitated individualized learning and accommodated their learning pace. Negative feedback revolved around the lack of real-time interaction for query resolution in the asynchronous phase, as opposed to lecture-based classes where questions can be immediately addressed. While no discernible differences in grades between methodologies were observed, the flipped-classroom approach proved satisfactory, warranting its expanded use in subsequent courses following necessary improvements.

Keywords: Educational innovation; Chemistry teaching; Higher education; Teaching methods; On-line teaching.

INTRODUCCIÓN

El aula invertida como modelo de aprendizaje activo en un contexto de docencia virtual

La situación epidemiológica provocada por la COVID-19 obligó a cambiar la forma de organizar el proceso de enseñanza - aprendizaje y supuso un reto para toda la comunidad educativa, que tuvo que adaptarse de manera abrupta a modalidades de aprendizaje a distancia. Esto se logró mediante el uso de diversos formatos y plataformas, a menudo sin una formación de los docentes adecuada y en ocasiones sin que existieran las condiciones infraestructurales y pedagógicas óptimas para hacerlo (Area Moreira, Bethencourt Aguilar & Martín Gómez, 2020; García-Peñalvo, Corell, Abella-García & Grande, 2020; Lorenzo Martín, Reinoso Tapia, Usategui Martín & Delgado Iglesias, 2022). Unido a ello, nos encontramos con una educación universitaria en la que el proceso de enseñanza - aprendizaje ha sufrido una transformación basada en la necesidad de que los estudiantes desarrollen diferentes competencias transversales, como el desarrollo de la capacidad crítica, la habilidad para resolver problemas, el trabajo en equipo o la comunicación efectiva. Todo ello sin restar importancia a las competencias específicas de las diferentes materias. Este proceso no es posible con un modelo expositivo, centrado en el docente. Es necesario que el estudiante “aprenda haciendo” y que pase de ser un sujeto pasivo, de una tarea realizada principalmente por el docente, a ser un sujeto agente protagonista de su propio aprendizaje (Tourón, 2021).

Al conjunto de métodos, técnicas y estrategias que se utilizan en esta noción del proceso de enseñanza - aprendizaje, en cuyo centro se sitúa al estudiante, se les denomina genéricamente metodologías activas y se ubican bajo una concepción inductiva del aprendizaje (Sams & Bergmann, 2013; Tourón, 2021). Una de estas metodologías es el aula invertida, procedente del inglés *flipped classroom*, que se centra en la reorganización del tiempo de enseñanza y una participación activa del alumno en su aprendizaje. En este enfoque la instrucción directa se mueve del espacio de aprendizaje grupal al espacio de aprendizaje individual. Como resultado, el espacio grupal, es decir, el tiempo dedicado a las clases, se transforma en un entorno de aprendizaje dinámico e interactivo en el que el educador guía a los

estudiantes a medida que aplican conceptos y se involucran creativamente en la materia. El modelo de aula invertida implica un enfoque de aprendizaje combinado con instrucción sincrónica y asincrónica. La transmisión de contenidos teóricos se lleva a cabo antes de las sesiones de clase, al propio ritmo de los estudiantes y empleando medios como vídeos, audios y otros recursos (Alarcon-Fortepiani, 2021) a utilizar en un trabajo autónomo individual. Durante la instrucción sincrónica se produce la interacción entre los estudiantes y entre éstos y el docente, así como la aplicación práctica con resolución de problemas, ejemplificaciones y aplicación de la materia a la vida real, permitiendo un aprendizaje más experiencial y adaptado al mundo real (Bishop & Verleger, 2013; Mason, Shuman, & Cook, 2013), fomentando un aprendizaje activo auténtico (Strelan, Osborn, & Palmer, 2020).

Esta metodología ha sido aplicada en diferentes contextos, entornos y niveles educativos, tanto en docencia presencial, como en semipresencial u on-line. En ellos se percibe un denominador común: una mayor implicación del alumnado en su aprendizaje, más satisfacción y mayor motivación, en definitiva, preferencia por la acción sobre la exhibición (Tourón, 2021). La mayoría de las ventajas del aula invertida se relacionan, además de con la citada motivación y satisfacción del estudiantado (Awidi & Paynter, 2019; Chu, et al., 2019), con sus resultados de aprendizaje, tanto en términos de desarrollo de competencias transversales, como de específicas de las titulaciones (Akçayır & Akçayır, 2018) e, incluso, con el reflejo en sus calificaciones (Fornons Jou & Palau Martín, 2016; Gopalan, 2019; Mason et al., 2013; Strelan et al., 2020). Esta metodología permite aprovechar mejor el tiempo de clase a través de planteamientos más activos para el alumnado, permitiéndole mayor implicación en su propio aprendizaje y, por ende, mayor autonomía (Akçayır & Akçayır, 2018; Gaviria Rodríguez, Arango Arango, Valencia Arias & Bran Piedrahita, 2019; O’Flaherty & Phillips, 2015). En un contexto desfavorable a priori, como la docencia a distancia acaecida por la pandemia por COVID-19, el aula invertida puede ofrecer una alternativa atractiva y viable de transmitir y trabajar los contenidos necesarios de una asignatura. De forma complementaria, el uso de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), que suele acompañar a este modelo de enseñanza (Gaviria Rodríguez et al., 2019), lo torna especialmente indicado para el contexto que nos ocupa.

Por todo ello, el aula invertida como metodología educativa fue recomendada como un método eficaz para el aprendizaje a distancia durante la situación epidemiológica debida a la COVID-19 por varias universidades e instituciones en diferentes países del mundo (Collado-Valero et al., 2021). Durante el confinamiento, numerosos profesores universitarios consideraron la enseñanza virtual como una oportunidad para desarrollar la metodología de aula invertida y mejorar la calidad de la docencia educativa universitaria a distancia. Sin embargo, ejecutarla de una forma adecuada requiere por parte del profesorado, por un lado, reorganizar el contenido a desarrollar en las sesiones asíncronas para discriminar lo prescindible de lo imprescindible, priorizando de este modo los contenidos relevantes, además de seleccionar y/o crear los recursos apropiados para el trabajo individual previo a las sesiones sincrónicas (Tomas, Doyle & Skamp, 2019). Y, por otro lado, rediseñar las actividades a realizar en las sesiones sincrónicas, que deben estar centradas en el estudiante, fomentando su participación activa e incrementando la interacción con sus compañeros, así como con el docente en un entorno a distancia.

Asimismo, la aceptación de la metodología por parte del alumnado, reflejada en su compromiso para realizar las actividades requeridas, tanto previo a las clases, como durante o después de las mismas, resulta clave para el correcto aprovechamiento y el éxito en el proceso de enseñanza – aprendizaje. La necesidad de asumir una alta autodisciplina como estudiante, puede conllevar algunas de las principales dificultades en la implantación del aula invertida, atenuando los resultados positivos (Akçayır & Akçayır, 2018; Gaviria Rodríguez et al., 2019; Mason et al., 2013; Missildine, Fountain, Summers, & Gosselin, 2013; Sosa Díaz & Palau Martín, 2018).

Con todo, y teniendo en cuenta el contexto de docencia a distancia impuesta por las circunstancias sanitarias globales, se decidió implementar el aula invertida como metodología activa, buscando facilitar la adquisición de competencias por parte del alumnado en una situación adversa y, si no mejorar los resultados de aprendizaje, al menos no empeorarlos con respecto a otros cursos. El objetivo de este estudio fue, por tanto, comparar el efecto del uso de la metodología activa de aula invertida respecto a la docencia tradicional a través de clases magistrales, con especial interés por ver su efecto sobre la tasa de aprobados, la tasa de

abandono y la motivación del alumnado. El contexto concreto es una asignatura básica de Química de primer curso de dos titulaciones de Grado en Ingeniería, impartida a distancia.

Características de la asignatura e implementación de aula invertida

Química es una asignatura obligatoria del primer curso (primer semestre) común a los grados en Ingeniería Agroambiental e Ingeniería Agrícola de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y Biosistemas (ETSIAAB) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). En ella se imparten contenidos relacionados con principios básicos de química y sus aplicaciones en la ingeniería. Tiene una carga de 6 ECTS, que suponen 165 horas de trabajo del alumnado distribuidas en 72 horas de trabajo presencial en el aula y en el laboratorio, y 93 horas de trabajo no presencial en sus casas.

El temario se divide en dos Unidades Temáticas (UT): en la primera Unidad Temática (UT1) se tratan disoluciones, operaciones básicas y cinética. En la segunda Unidad Temática (UT2) se explican diferentes equilibrios químicos (ácido-base, redox, equilibrios de precipitación y de complejos). De cara a abordar el amplio temario, y en aras de la mejora en el proceso de enseñanza- aprendizaje, los últimos años se han integrado diferentes metodologías que complementan la clase magistral, siendo una de ellas el aula invertida.

La metodología de aula invertida en la asignatura de Química fue implementada por primera vez en el Grado en Ingeniería Agroambiental en el curso 2017/2018 en un tema de la UT2: "Equilibrios de precipitación". En los cursos posteriores se ha seguido trabajando este tema mediante aula invertida, llevando a cabo mejoras tanto propuestas por el alumnado como debidas a deficiencias observadas por las profesoras implicadas (Almendros, Montoya & Pablo-Lerchundi, 2021). Debido a la situación actual, provocada por la pandemia, la docencia en los diferentes grados de la Universidad Politécnica de Madrid se planteó a distancia para la totalidad del curso 2020/2021. Sin embargo, la manera de impartir la misma asignatura varió de una titulación a otra. Mientras que en el Grado en Ingeniería Agrícola la docencia se llevó a cabo según la modalidad de clase magistral on-line en su totalidad, en el Grado en Ingeniería Agroambiental se implementó la metodología de aula invertida en dos partes del temario. Una de ellas en la UT1, correspondiente al tema "Mecanismos de reacción en cinética", correspondiendo la otra parte a la UT2, en concreto al tema "Equilibrios de precipitación". La elección de estos temas se tomó considerando que los contenidos son adecuados para cualquier perfil de alumno y que, asimismo, se pueda alcanzar sin gran dificultad el nivel requerido con el material ofrecido.

MÉTODO

El estudio se llevó a cabo en varias etapas. En la primera, se llevó a cabo la planificación, diseñando el estudio con el objetivo de comparar la efectividad de la metodología de aula invertida con la metodología tradicional en la enseñanza de la asignatura de Química. Se establecieron los criterios de selección de la muestra y se planificaron las intervenciones y la recopilación de datos. Posteriormente se llevó a cabo la implementación de la metodología, un grupo de estudiantes siguió la metodología de aula invertida, mientras que otro grupo siguió la metodología tradicional. Se crearon y proporcionaron los materiales y recursos necesarios para ambas metodologías. En una tercera etapa, y durante el curso académico, se llevó a cabo la recopilación de datos: calificaciones de los estudiantes en las Pruebas Calificadas, ejercicios de clase y prácticas de laboratorio. Además, se proporcionó una encuesta a los estudiantes que siguieron la metodología de aula invertida para obtener su retroalimentación. En la última etapa se llevó a cabo el análisis de datos, realizando análisis estadísticos para determinar si había diferencias significativas en el rendimiento entre los dos grupos

Muestra

En este estudio comparativo se buscó analizar la efectividad de dos metodologías de enseñanza (aula invertida y metodología tradicional) en la asignatura de Química en los Grados de Ingeniería Agroambiental e Ingeniería Agrícola. Para ello se utilizó un muestreo de conveniencia. Los participantes de la muestra fueron los estudiantes de primer curso de los Grados en Ingeniería Agroambiental e Ingeniería Agrícola de la Universidad Politécnica de

Madrid que cursaron la asignatura obligatoria de Química durante el primer semestre del curso 2020/2021. La muestra se compone de 165 estudiantes, divididos en dos grupos según la metodología de enseñanza que recibieron. El grupo de estudiantes que siguieron las clases on-line según la metodología tradicional (clase magistral y clases de ejercicios) fue el correspondiente al grupo del Grado en Ingeniería Agrícola, compuesto por 112 alumnos, 67,9% del total. Los estudiantes del Grado en Ingeniería Agroambiental, compuesto por un total de 53 alumnos (32,1% del total), siguieron las clases on-line por la metodología tradicional, excepto en las dos partes del temario indicadas previamente donde se utilizó la metodología de aula invertida. El porcentaje de mujeres y hombres de la muestra fue de 32,1% y 67,9%, respectivamente. De los alumnos del Grado en Ingeniería Agroambiental, quienes siguieron la temática a través de aula invertida, un 54,7% fueron hombres frente al 45,3% que fueron mujeres. De los alumnos del Grado de Ingeniería Agrícola, un 74,1% fueron hombres y un 25,9% mujeres. El alumnado de ambos grupos se puede definir como heterogéneo y con un nivel muy variable, tanto en cuanto a comprensión de conocimientos como a motivación por aprender y participar. Ninguno de los alumnos había tenido experiencia previa con el modelo de aula invertida a nivel universitario.

Procedimiento e instrumentos

En la Figura 1 se muestran los pasos llevados para la aplicación del aula invertida, indicando también el agente responsable de cada etapa.

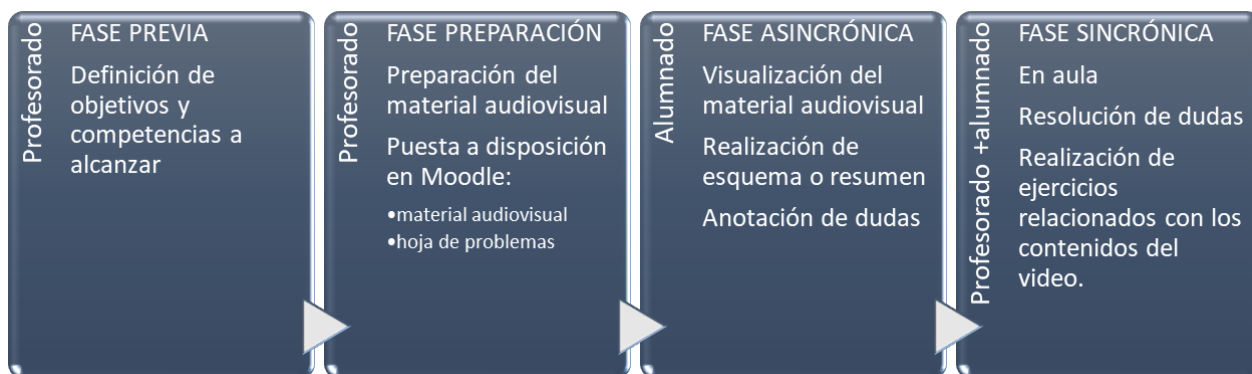


Figura 1 - Temporización de aula invertida llevada a cabo y agente responsable de cada etapa.

El material utilizado fue diferente según la parte del temario:

Tema Mecanismos de reacción en cinética (UT1): para su estudio se puso a disposición del alumnado en la plataforma Moodle material audiovisual que consistió en un vídeo de creación propia realizado por las profesoras con el programa Camtasia®. Contenía una explicación práctica de esta parte del temario y constaba de una duración de 25 minutos. También se dispuso en el aula virtual (*Moodle*) material común a los dos Grados: presentación del tema y hojas de ejercicios.

Tema Equilibrios de precipitación (UT2): para su estudio se habilitaron en *Moodle* 4 vídeos, también realizados por las profesoras de la asignatura (ver Figura 2). Su duración osciló entre los 10 y los 15 minutos y su contenido cubría la totalidad del contenido del tema. Para practicar los contenidos trabajados en cada vídeo se prepararon cuestionarios de respuesta múltiple y con preguntas al azar, que los alumnos podían responder en el aula virtual, sin límite de intentos. También se pusieron a disposición de los alumnos diferentes hojas de ejercicios.

La relación entre la solubilidad molar y el producto de solubilidad (K_{ps}) depende de la estequiometría de la sal:

AgI K_s=8,5 10⁻¹⁷
PbCl₂ K_s=1,6 10⁻⁵
CaSO₄ K_s=2,4 10⁻⁵

¿Cuál es la más soluble?

$\text{AgI} \downarrow \rightleftharpoons \text{Ag}^+ (\text{aq}) + \text{I}^- (\text{aq})$ <p>[]_{equilibrio} s s</p> $K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{I}^-] = s^2$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">$s = \sqrt{K_{ps}}$</div>	$\text{PbCl}_2 \downarrow \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{Cl}^- (\text{aq})$ <p>[]_{equilibrio} s 2 s</p> $K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2$ $K_{ps} = s \cdot (2s)^2 = 4s^3$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">$s = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}}$</div>	$\text{CaSO}_4 \downarrow \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$ <p>[]_{equilibrio} s s</p> $K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$ $K_{ps} = s^2$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">$s = \sqrt{K_{ps}}$</div> <p style="text-align: center;">$s = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$</p>
--	---	--

Figura 2 - Captura de pantalla del vídeo utilizado en el tema de equilibrios de precipitación.

Los estudiantes que siguieron la metodología de aula invertida debían visualizar los vídeos y trabajar los documentos de apoyo teóricos antes del comienzo del tema correspondiente. Se les aconsejó realizar un esquema o resumen y anotar las dudas. Las sesiones comenzaron con la resolución de las dudas surgidas, profundizando sólo en aquellos aspectos teóricos en los que los estudiantes mostraban alguna dificultad. Seguidamente, se realizaban ejercicios prácticos relacionados con esa parte del temario.

En el Grado en Ingeniería Agrícola, en el que se empleó una metodología docente tradicional, se impartieron clases magistrales y de resolución de ejercicios. Los estudiantes tenían a su disposición las presentaciones del tema y las hojas de ejercicios, al igual que los alumnos de Ingeniería Agroambiental. Las clases, impartidas siempre en formato on-line, fueron grabadas por lo que los alumnos pudieron acceder a ellas posteriormente.

La asignatura se evaluó con dos Pruebas Calificadas (PC) comunes a los alumnos de los dos grados. La PC1 se llevó a cabo después de la impartición de la UT1 y una de las preguntas del examen corresponde con la parte impartida con aula invertida: “Mecanismos de reacción”. La PC2 se llevó a cabo al final de curso y también una de las preguntas se corresponde con el tema de “Equilibrios de precipitación”, perteneciente a la UT2 e impartido con aula invertida. En la evaluación de la asignatura se tienen en cuenta las notas de ambas PC (con un valor del 32% PC1 y el 43% PC2 en la nota final), los ejercicios de clase (10% del valor total) y las prácticas de laboratorio (15%).

A final de curso los alumnos que siguieron aula invertida respondieron a una encuesta para conocer su valoración (implicación y satisfacción) sobre la metodología implantada. La encuesta constaba de 16 preguntas, 8 de ellas de escala Likert, 4 de opción múltiple y 4 preguntas abiertas. En ellas se abordaba la metodología empleada, el tiempo dedicado, el material utilizado y las mejoras propuestas.

Para el análisis de los datos se han tenido en cuenta las notas obtenidas por los alumnos en las preguntas específicas de la PC1 y PC2, las notas globales de las PC, las notas finales de la asignatura y las notas de clase (que valoran el trabajo continuo de los alumnos y la participación y entrega de los ejercicios de apoyo propuestos).

Se ha realizado un análisis de la varianza (ANOVA) y test de separación de medias (Test LSD, p<.05) para determinar la existencia de diferencias en función de la metodología seguida. Para ello, se ha utilizado Statgraphics-Plus 5.1 software (Manugistic Inc., Rockville, MD,USA).

D

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia del aula invertida en la nota de evaluación de competencias específicas

Las competencias específicas que se deben alcanzar en la asignatura de Química se evalúan por medio de las dos PC. Los temas impartidos con la metodología de aula invertida (Grado en Ingeniería Agroambiental) o metodología tradicional (Grado en Ingeniería Agrícola) corresponden a sendas preguntas en las PC. Es decir, en cada una de las PC los alumnos tienen que responder a una pregunta correspondiente al temario desarrollado con estas metodologías. Tanto la PC1 como la PC2 es común para los alumnos de ambos grados.

Como se observa en la Figura 3, el porcentaje de alumnado que obtuvo en las PC una puntuación igual o superior a la mitad de su valor fue superior en el caso de clase magistral que en el de aula invertida. Es destacable que prácticamente la totalidad de estos estudiantes realizaron un seguimiento continuo de la asignatura, participando en las actividades de clase.

En la Figura 4 se muestra que prácticamente el 100% de los alumnos que superan las preguntas específicas de ambas PC han participado activamente en la asignatura, implicándose y realizando las actividades propuestas. El porcentaje de los alumnos que siguieron aula invertida y obtuvieron nota de clase fue superior que en el caso de clase magistral. De acuerdo con Silva, Silva-Neto y Leite (2021), el aula invertida impulsa a los estudiantes a ser responsables de comprender el contenido teórico antes de asistir a las clases, por lo que las actividades propuestas en el aula utilizadas para que practiquen y, sobre todo, apliquen ese conocimiento a su propio aprendizaje han podido influir en una mayor motivación de estos alumnos. Sin embargo, los porcentajes de éxito en las preguntas específicas de sendas PC son ligeramente inferiores que los de estudiantes que recibieron clase magistral.

		CLASE MAGISTRAL						AULA INVERTIDA					
		≥5		<5		NP		≥5		<5		NP	
Nota pregunta específica PC1		22,5 %		54,1 %		23,4 %		18,9 %		47,2 %		34,0 %	
Nota de clase		#0	=0	#0	=0	#0	=0	#0	=0	#0	=0	#0	=0
		100 %	0,0 %	63,3 %	36,7 %	15,4 %	84,6 %	100 %	0,0 %	88,0 %	12,0 %	38,9 %	61,1 %
¿Supera PC1?		72,0 %		15,8 %		4,5 %		70,0 %		4,5 %		0,0 %	
		28,0 %		84,2 %		95,5 %		30,0 %		95,5 %		100 %	
¿Supera asignatura?		100 %		36,8 %		45,5 %		60,0 %		36,4 %		0,0 %	
		0,0 %		63,2 %		54,5 %		40,0 %		63,6 %		100 %	

		CLASE MAGISTRAL						AULA INVERTIDA					
		≥5		<5		NP		≥5		<5		NP	
Nota pregunta específica PC2		16,2 %		46,8 %		36,9 %		13,2 %		50,9 %		35,8 %	
Nota de clase		#0	=0	#0	=0	#0	=0	#0	=0	#0	=0	#0	=0
		94,4 %	5,6 %	67,3 %	32,7 %	36,6 %	63,4 %	100 %	0,0 %	70,8 %	29,2 %	68,2 %	31,8 %
¿Supera PC2?		88,2 %		100 %		8,6 %		5,9 %		42,9 %		0,0 %	
		11,8 %		0,0 %		91,4 %		94,1 %		57,1 %		100 %	
¿Supera asignatura?		94,1 %		100 %		22,9 %		17,6 %		71,4 %		5,9 %	
		5,9 %		0,0 %		77,1 %		82,4 %		28,6 %		94,1 %	

Figura 3 - Porcentajes de alumnos (respecto al total de matriculados) que superan la Prueba Calificada 1 (PC1) y la Prueba Calificada 2 (PC2) y la asignatura en función de la nota obtenida en las preguntas específicas, en las PC1 y PC2 y la nota de clase (todas sobre 10 puntos), respecto al total de alumnos que siguen el tema con clase magistral o aula invertida, respectivamente.

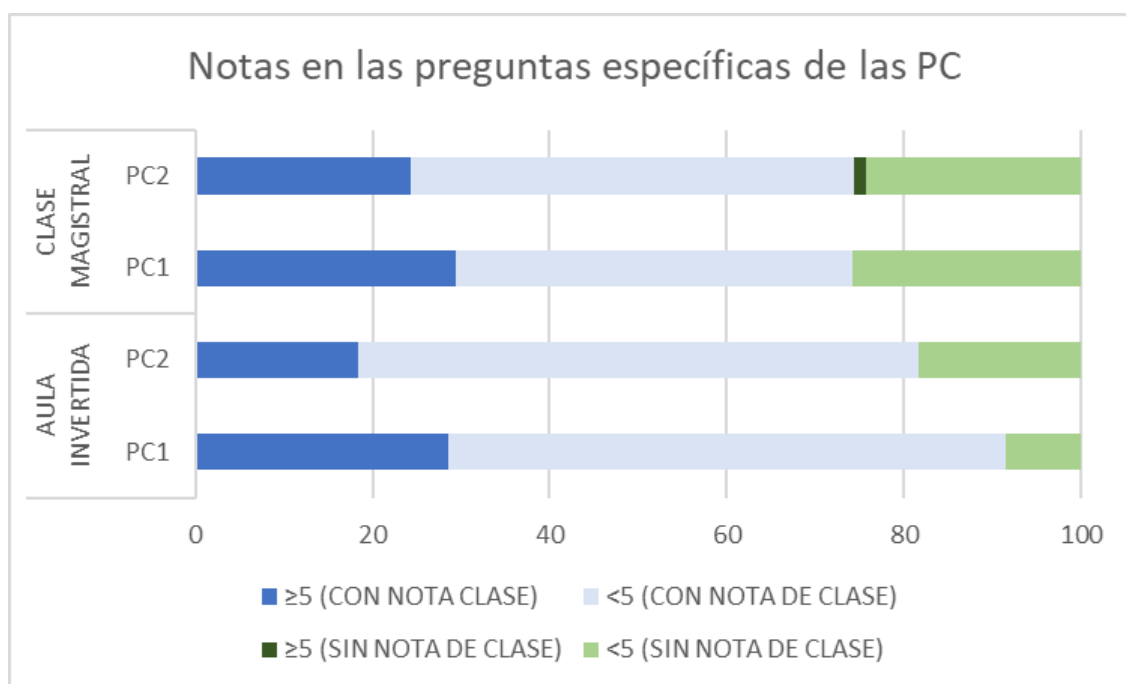


Figura 4 - Porcentaje de alumnos presentados a las Pruebas Calificadas (PC), que realizan o no las actividades de clase propuestas (con o sin nota de clase, respectivamente) y la nota obtenida en las preguntas específicas de cada PC.

Aproximadamente la mitad de los alumnos obtuvieron una nota inferior a 5,0 sobre 10 en la pregunta específica (Figura 3), independientemente de la metodología impartida. También existe un porcentaje muy alto de alumnos que no se presentaron a estas PC: uno de cada cuatro alumnos de clase magistral no se presentó a la PC1, siendo esta proporción mayor (uno de cada tres alumnos) en el caso de los estudiantes que siguieron aula invertida. El porcentaje de alumnos no presentados aumentó en la PC2, respecto a la PC1, alcanzándose porcentajes cercanos al 36%. Los datos obtenidos indican una alta tasa de absentismo y un aumento de esta a lo largo del curso en ambas metodologías docentes.

Las notas de las preguntas específicas de ambas PC están relacionadas con la tasa de éxito de la asignatura. Menos del 50% de los alumnos que obtuvieron notas inferiores a la mitad de su valor en estas preguntas superaron la asignatura. Asimismo, un porcentaje muy alto de los estudiantes que obtuvieron unas notas superiores a 5 sobre 10 en las preguntas específicas superaron la asignatura, alcanzando en algún caso el 100% de éxito. Estos porcentajes de éxito son mayores en el caso de los estudiantes que siguieron clase magistral.

En la Figura 5 se representan las notas obtenidas por cada alumno en la pregunta específica relacionada con las partes del temario en las que se usó aula invertida en uno de los grupos y se relaciona con la nota esperada según la nota global obtenida en el examen (teniendo en cuenta el valor de esta pregunta sobre la puntuación total del examen, ambas sobre 10 puntos).

Los puntos situados por encima de la diagonal indican notas esperadas mayores que las notas obtenidas, por el contrario, los puntos por debajo de la diagonal indican notas obtenidas mayores a las esperadas (Figura 5). Se observa que en el caso de la PC1 el 35,3% de los alumnos de clase magistral y el 48,6% de los que tuvieron oportunidad de utilizar aula invertida obtuvieron una nota en la pregunta específica mayor a la esperada (puntos situados por debajo de la diagonal). Para el caso de la pregunta específica de la PC2 se observó que el 28,6% de los alumnos de aula magistral y el 41,9% de los alumnos de aula invertida obtuvieron una nota mayor a la esperada. Estos resultados muestran que, en general, los alumnos tienen mayores dificultades con estas partes del temario en comparación a otros temas, ya que menos de la mitad de los alumnos obtienen una nota mayor en estas preguntas específicas que la esperada, según la nota global del examen.

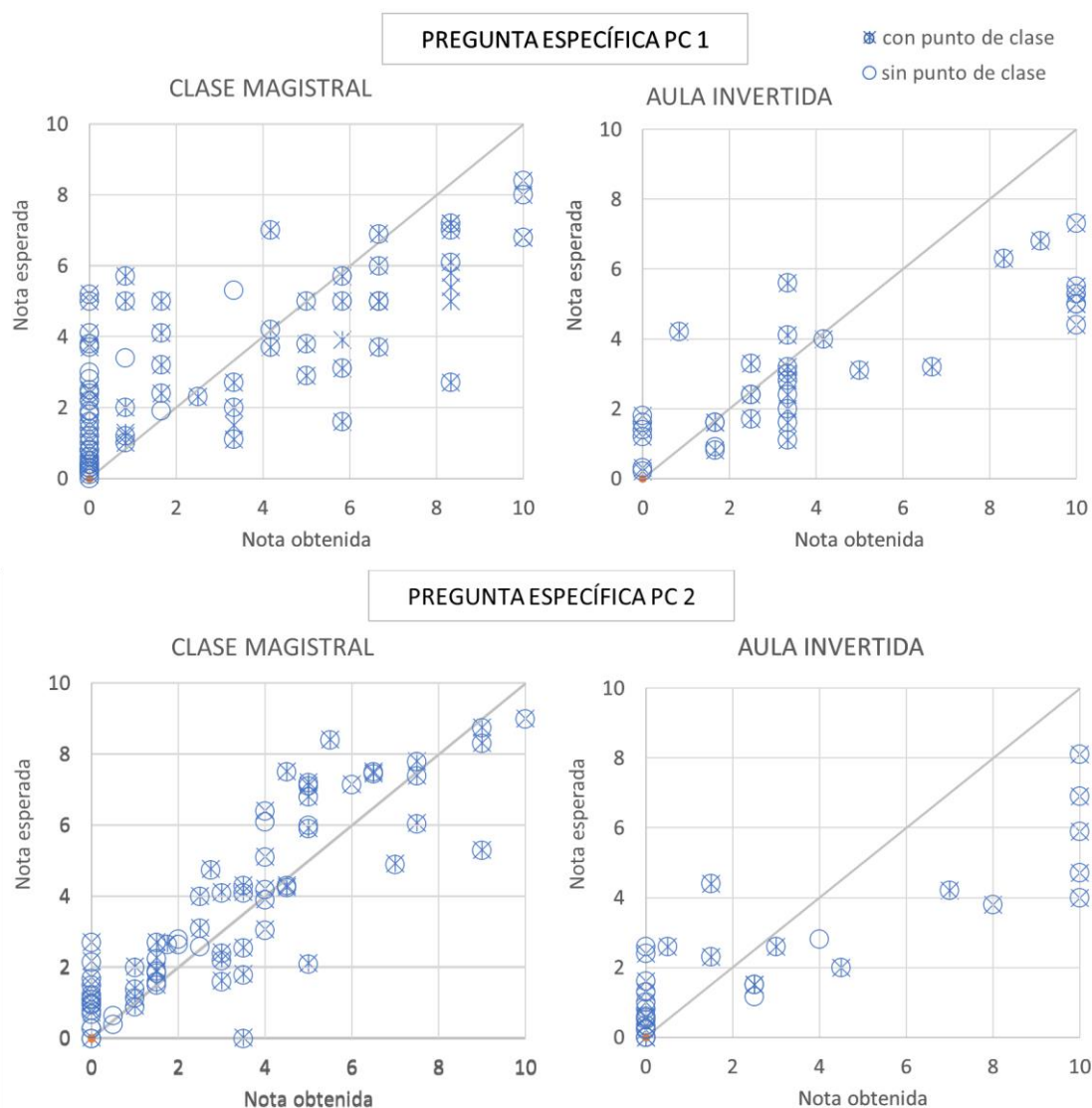


Figura 5 - Nota esperada frente a la obtenida en las preguntas específicas de las pruebas calificadas (PC1 y PC2), para los alumnos que realizan un seguimiento de las actividades planteadas (con punto de clase) y para los que no (sin punto de clase).

En el caso de quienes siguieron las clases participando activamente, es decir, que obtuvieron nota de clase debido a la realización de las diferentes actividades propuestas, la proporción de alumnado que obtuvo una nota mayor de la esperada en las preguntas específicas aumentó en todos los casos. Este porcentaje en los estudiantes que siguieron la asignatura por clase magistral alcanzó el 42,0% y 33,3% para las preguntas específicas de la PC1 y PC2, respectivamente (Figura 5). En el caso de los alumnos que siguieron activamente la metodología de aula invertida, estos porcentajes alcanzaron valores de 71,9% y 45,8% para las preguntas específicas de las PC1 y PC2, respectivamente.

Estos resultados indican que la metodología de aula invertida ayudó a que los estudiantes alcanzaran las competencias específicas relativas a esa parte del temario con mayor facilidad que quienes siguieron la clase magistral, especialmente aquellos alumnos que se implicaron en las actividades propuestas. Los estudiantes que no se implicaron en estas actividades y pertenecían al grupo en el que se impartió esta docencia mediante aula invertida, en general también obtuvieron mejores resultados, lo que puede indicar que los vídeos y el material específico preparado para esta metodología resultó de apoyo, facilitando la resolución correcta de las preguntas específicas y obteniéndose por ello puntuaciones más altas en estas preguntas que en las asociadas a otra parte del temario.

Aunque se observó que solamente existieron diferencias estadísticas en las notas del examen de la PC2 y en la nota de clase (Test LSD de Fisher, $p < 0,05$), dependiendo de la metodología utilizada, los contrastes entre los alumnos que siguieron el curso por clase magistral o aula invertida se hacen visibles en la representación gráfica de la distribución normal de las calificaciones obtenidas. En la Figura 6 se representa la curva de Gauss que relaciona las notas obtenidas por los alumnos con la proporción relativa de alumnos (frecuencia) que obtiene cada puntuación en las preguntas específicas, PC1 y PC2, nota de clase y nota final de la asignatura. Se observa que la nota media obtenida por los alumnos que siguieron aula invertida solamente fue superior respecto a los alumnos que siguieron clase magistral, en la nota de clase, alcanzando un valor medio de 0,60 respectivamente frente a la nota media de 0,37 de los alumnos que siguieron la asignatura mediante clase magistral.

Por otro lado, la nota media obtenida en la PC2, supone una diferencia entre las medias de un 12% (\bar{x} aula invertida = 2,3 y \bar{x} clase magistral = 3,5). De acuerdo con las notas medias de las dos preguntas específicas y con la distribución Gaussiana obtenida, se puede sugerir que la metodología de aula invertida ha sido satisfactoria en las partes del temario en las que se ha llevado a cabo y sería conveniente ampliar esta metodología activa a otras partes de este en las que los alumnos encuentren unas mayores dificultades.

Respecto a la nota final de la asignatura también se observa en la Figura 6 la tendencia de mayor nota media en el grupo de clase magistral, aunque minimizada (4% de diferencia entre las notas medias) ya que para el cálculo de esta nota se tienen en cuenta las PC1, PC2, nota de clase y nota de prácticas de laboratorio. Aunque diferentes autores han reportado que utilizando la metodología de aula invertida las calificaciones mejoraban respecto al uso de clase magistral (Fornons Jou & Palau Martín, 2016; Gopalan, 2019; Mason et al., 2013; O'Flaherty & Phillips 2015; Strelan et al., 2020; Almendros et al., 2021), las condiciones en las que se ha desarrollado este curso no han supuesto una ventaja a este respecto.

Los resultados de nuestro trabajo confirman los obtenidos por diferentes estudios realizados en situaciones de enseñanza virtual, que señalan que bajo un modelo on-line, la estrategia de enseñanza de aula invertida no mejora el desempeño de los estudiantes en comparación con aquellos que siguen la metodología de clase magistral (Alarcon-Fortepiani, 2021; Almendros et al, 2021). Sousa-Santos, Peset-González y Muñoz-Sepúlveda (2021), obtuvieron que la metodología de aula invertida con fase síncrona presencial ofrece mejores tasas de éxito y una menor tasa de abandono en comparación con la enseñanza totalmente on-line.

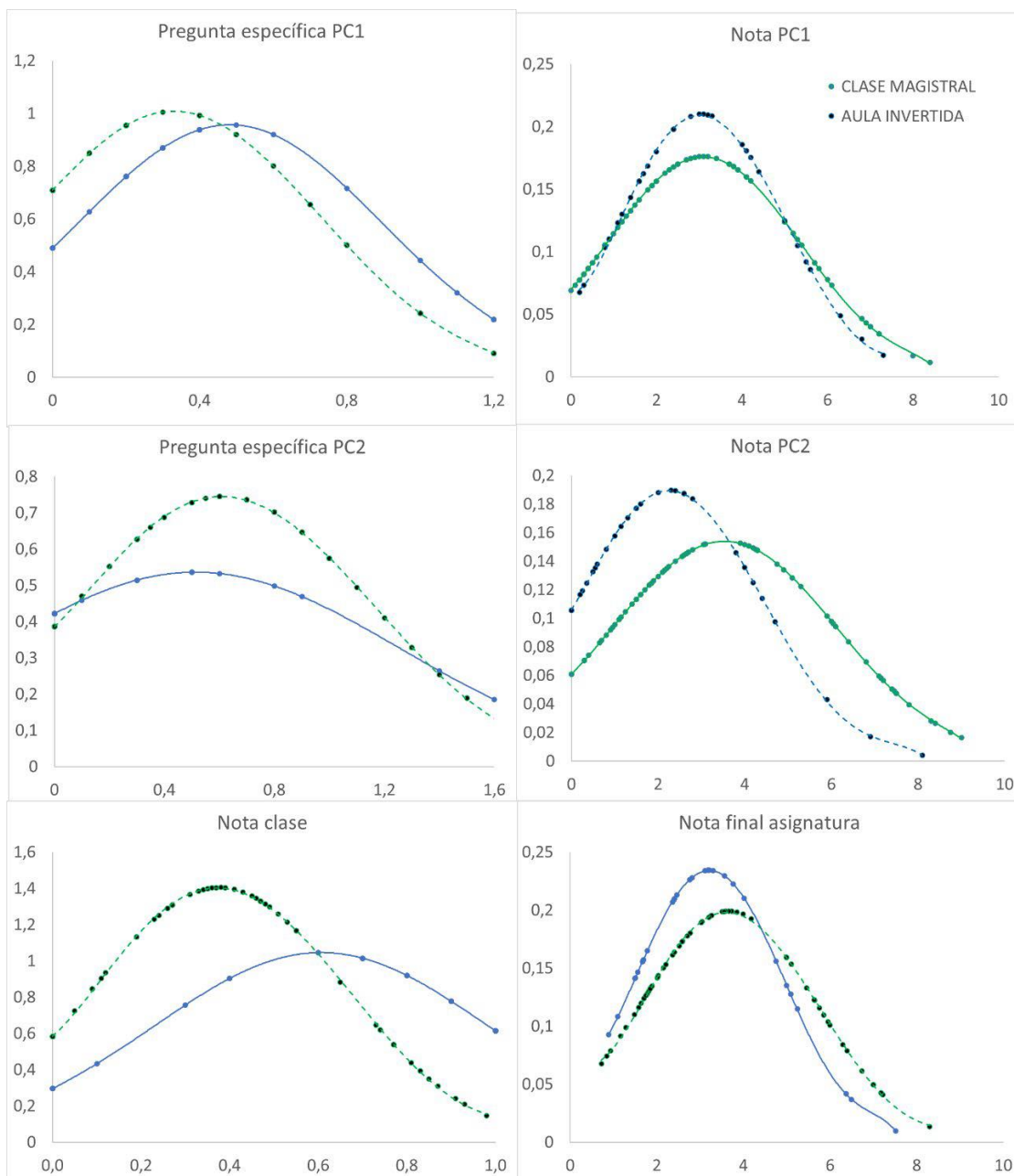


Figura 6 - Distribución normal (curva de Gauss) que relaciona las notas obtenidas (eje abscisas) con la frecuencia de alumnos que obtiene cada calificación en las preguntas específicas (eje ordenadas), Pruebas Calificadas 1 (PC1) y 2 (PC2), nota de clase y la nota final de la asignatura por los alumnos que siguieron clase magistral o aula invertida.

Satisfacción de los alumnos con la participación en aula invertida

Los resultados recogidos de las encuestas muestran que, en general, los alumnos están satisfechos con las actividades realizadas (Figura 7), indican que esta metodología les gustó más que la tradicional (clase magistral) y que les había resultado bastante interesante.

Los estudiantes encuestados afirman que la metodología de aula invertida permite dedicar el tiempo de la clase a las actividades prácticas, siendo más beneficioso para el proceso de aprendizaje y aumentando así su interés en la asignatura. Algunos comentarios indican que es una forma de sentirse obligado a trabajar la asignatura de una forma más continua y llevarla al día. Los estudiantes que utilizan aula invertida tienen una reducción significativa en el

comportamiento de procrastinación, aumentando sus habilidades de autorregulación lo que se refleja en un cambio en el enfoque de las responsabilidades de aprendizaje (Gonda, Pavlovičová, Tírpáková & Ďuriš, 2021).

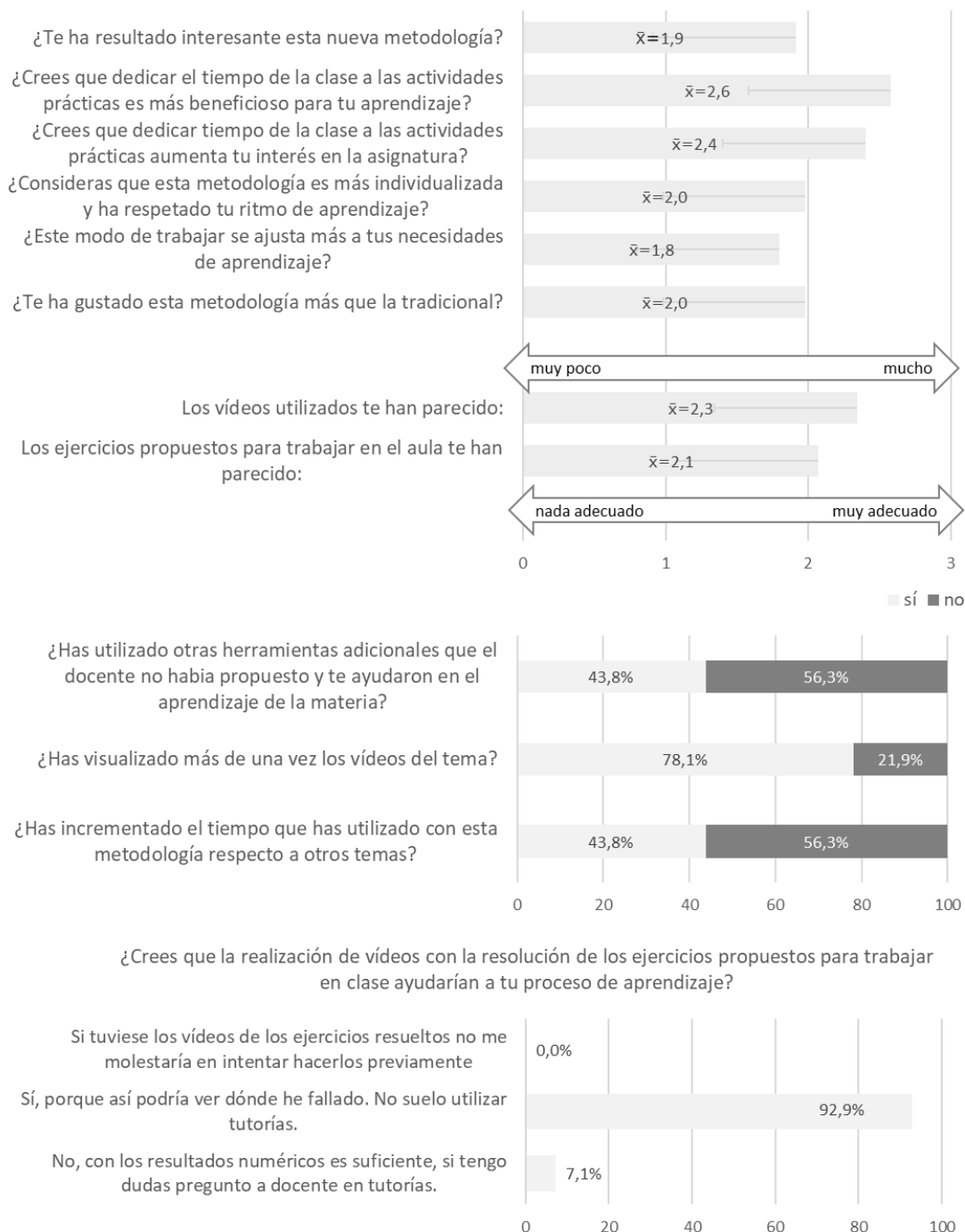


Figura 7 - Respuestas a la encuesta de los alumnos que siguieron el tema por aula invertida.

Los alumnos también expresan que el trabajo previo realizado en la resolución de dudas ayuda a que los conceptos se entiendan mucho mejor (ver Figura 7). Cuando los alumnos reciben la clase magistral el trabajo personal se realiza posteriormente a ésta. Por lo tanto, las dudas que puedan surgir se resuelven exclusivamente en tutorías, siendo el porcentaje de alumnos que hace uso de ellas muy bajo. Una ventaja del aula invertida es que, si se realiza convenientemente el trabajo previo, las dudas se resuelven al inicio de las clases, por lo que los alumnos se enfrentan

a las actividades prácticas con los conceptos trabajados y las dudas resueltas (Silva et al., 2021).

El 43,8% de los encuestados indicó que había incrementado el tiempo de estudio con los temas de aula invertida respecto a los temas impartidos por clase magistral. La media del tiempo dedicado al estudio de cada tema de aula invertida fue de 11,8 horas por alumno, con unos tiempos máximos y mínimos indicados por los alumnos de 130 y 2 horas, respectivamente.

Los estudiantes también resaltan que la metodología es más individualizada y respeta el ritmo de aprendizaje propio, ajustándose mejor a sus necesidades. De acuerdo con Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez y Martínez-Castillo (2014), el aula invertida permite promover un ritmo individual de avance y desarrollar habilidades de aprendizaje autodirigido. El trabajo personal previo permite que el nivel de conocimientos una vez que se llega al aula sea más homogéneo, ya que los estudiantes han podido trabajar los materiales dispuestos a su ritmo y ajustándolo a sus necesidades particulares (Hinojo Lucena, Aznar Díaz, Romero Rodríguez & Marín Marín, 2019; Sousa-Santos., 2021). Varios comentarios indicaron la ventaja que supone tener los vídeos disponibles permanentemente. El 78,1% de los alumnos visualizó más de una vez estos vídeos.

Con respecto al material proporcionado, indican que los vídeos son adecuados, ya que ayudan a entender los conceptos, aunque podrían mejorarse (varios alumnos hacen referencia a una calidad de sonido mejorable). Algunos de los comentarios revelaron que, en los vídeos, al ser breves, se selecciona el contenido más importante, lo que según su opinión les confiere algunas ventajas como que se necesita menos tiempo para entenderlo, tienen el contenido resumido y pueden tomar apuntes a su ritmo. Uno de los inconvenientes que indican los estudiantes es que el tiempo para ver los vídeos y asimilar la teoría antes de la clase es limitado. También consideran que sería apropiado que los vídeos contasen con más ejemplos prácticos y con ejercicios más avanzados.

Las actividades que se utilizaron en el aula virtual para trabajar los contenidos las consideran adecuadas, ya que ayudan a trabajar los conceptos explicados en los vídeos. Aunque el 92,9% de los encuestados considera que la realización de vídeos con la resolución de los ejercicios propuestos ayudaría a su proceso de aprendizaje.

Por otro lado, el 43,8% de los alumnos utilizó otras herramientas adicionales que el profesorado no había propuesto. Otros comentarios de los alumnos hacen referencia a las condiciones de docencia virtual, indicando la dificultad de trabajar en grupos a distancia y la pérdida de interacción alumno-profesor. Algunos autores informan de la necesidad de utilizar el aula invertida en combinación con el modelo tradicional ya que la relación directa con el profesor es clave en determinados contenidos más prácticos y que requieren un acompañamiento más personalizado (González-Velasco, Feito-Ruiz, González-Fernández, Álvarez-Arenal & Sarmiento-Alonso, 2021; Tomas et al., 2019). Díez-Gutiérrez y Gajardo-Espinoza (2020) indican que las tecnologías son una herramienta cada vez más enriquecedora para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero no son una alternativa a la relación educativa presencial.

Los comentarios negativos sobre el aula invertida se centran en la falta de interacción directa entre los estudiantes y el profesorado para la resolución de las dudas surgidas en la fase asíncrona. En el modelo tradicional de clases magistrales los estudiantes pueden plantear preguntas y aclarar dudas en el momento, lo que proporciona una sensación de apoyo continuo y un espacio para resolver cualquier confusión de manera inmediata. Sin embargo, en la fase asíncrona de la metodología de aula invertida no hay una disponibilidad inmediata para resolver esas dudas, lo que puede resultar en la sensación de no poder avanzar adecuadamente en el aprendizaje. Algunas soluciones pueden incluir la implementación de foros en línea para preguntas y respuestas o la programación regular de sesiones de resolución de dudas.

Respecto a cómo mejorarían esta metodología, los estudiantes indican que sería conveniente dar más tiempo entre la visualización de los vídeos y las clases. Varios alumnos hacen referencia a que sería conveniente incluir una mayor proporción de temario a impartir con esta metodología. Esta sugerencia pone de manifiesto la necesidad de crear otros recursos audiovisuales complementarios propios como vídeos de resolución de ejercicios o ampliar los temas de la asignatura a impartir mediante esta metodología.

CONCLUSIONES

Este estudio estuvo motivado por la necesidad de conocer el efecto de diferentes metodologías docentes en la docencia virtual provocada por la pandemia de COVID-19. Por un lado, el aula invertida, como metodología docente activa que se centra en el alumno como agente activo y en el profesor como guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y, por otro lado, la clase magistral como un modelo expositivo, centrado en el docente como transmisor de conocimientos. Nuestros resultados sugieren que la metodología de aula invertida ha sido satisfactoria en las partes del temario en las que se ha llevado a cabo y sería conveniente ampliarla a otras partes de este en las que los alumnos encuentren unas mayores dificultades, así como crear otros recursos audiovisuales complementarios propios como vídeos de resolución de ejercicios. El uso de aula invertida en este contexto de docencia virtual ha supuesto algunos beneficios sobre la clase magistral. Primero, una menor procrastinación, obteniéndose un mayor porcentaje de alumnos que siguen la asignatura activamente, realizando las actividades de clase. Adicionalmente, la creación y utilización de material específico facilita el estudio de la asignatura, tanto para los estudiantes que siguen la asignatura de una forma continua como para los que utilizan este material para la preparación de la asignatura de forma autónoma.

Sin embargo, no se han observado diferencias en las calificaciones finales de la asignatura en función de la metodología (aula invertida o clase magistral). Aunque contradiga algunas de las ventajas atribuidas al aula invertida, como la mejora de las notas del alumnado (Almendros et al., 2021; Fornons Jou & Palau Martín, 2016; Gopalan, 2019; Mason et al, 2013; O'Flaherty & Phillips 2015; Strelan et al., 2020), resulta congruente con otros estudios como el de Gillette et al. (2018), que indican que no se encuentran diferencias significativas en las calificaciones finales, cuando se comparan grupos que implementan aula invertida con aquellos en los que se imparte clase magistral. En nuestro caso concreto, entendemos que el contexto de docencia virtual ha supuesto una dificultad relevante para el pleno aprovechamiento de la metodología de aula invertida, tal y como confirman otros trabajos (Alarcon-Fortepiani, 2021; Ruiz-Galende, Montoya, Pablo-Lerchundi, Almendros & Revuelta., 2021; Sousa-Santos et al., 2021).

Además, en estas condiciones de docencia virtual se observó una alta tasa de absentismo y un aumento de esta a lo largo del curso con ambas metodologías docentes. Se trata de una problemática que debería ser abordada en el futuro de cara a un seguimiento más fructuoso de esta modalidad docente. En el caso concreto de la metodología de aula invertida, al tratarse de estudiantes de primer curso universitario, podría encontrarse también cierta resistencia en ellos a metodologías activas que les exigen mayor responsabilidad sobre su propio aprendizaje, ya que arrastran expectativas concretas sobre el rol del profesorado desde su Educación Secundaria (Tomas et al., 2019). Por ello, resulta fundamental trabajar al inicio de curso y durante el desarrollo de la metodología, competencias transversales como el trabajo autónomo o el autocontrol, así como transmitir al alumnado la relevancia de su compromiso con su propio aprendizaje.

En general, aunque las condiciones en las que se ha desarrollado este curso no han supuesto una diferencia entre las dos metodologías respecto a las calificaciones finales de la asignatura, la metodología de aula invertida ha resultado satisfactoria en las partes del temario en las que se ha llevado a cabo. Por tanto, sería conveniente ampliar esta metodología activa a otras partes del temario en las que los estudiantes encuentren una mayor dificultad, además de crear recursos audiovisuales complementarios propios, como vídeos de resolución de ejercicios.

Agradecimientos

Este trabajo ha estado financiado por los Proyecto de Innovación Educativa IE1920.2002 e IE22.2009, así como por el Proyecto de Aprendizaje-Servicio APS22.2003 de la Universidad Politécnica de Madrid. M. Montoya es beneficiaria de una ayuda para la recualificación del sistema universitario español – Modalidad Margarita Salas – para 2021-2023 del Ministerio de Universidades y la Universidad Politécnica de Madrid (RD 289/2021) financiada por la Unión Europea-NextGenerationEU.

REFERENCIAS

- Alarcon Fortepiani, M.L. (2021). Implementing an Exclusively On-line Flipped Classroom Model in Optometry During the Pandemic. *The FASEB Journal*, 35(S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2021.35.S1.04251>
- Almendros, P., Montoya, M., & Pablo-Lerchundi, I. (2021) Aula invertida y trabajo colaborativo en Química. *Educación Química*, 32(4), 142–153. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.78412>
- Akçayır, G., & Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education*, 126, 334-345. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021>
- Area Moreira, M., Bethencourt Aguilar, A., & Martín Gómez, S. (2020). De la enseñanza semipresencial a la enseñanza online en tiempos de Covid19.: Visiones del alumnado.” *Campus Virtuales*, 9(2), 35-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8005979>
- Awidi, I. T., & Paynter, M. (2019). The impact of a flipped classroom approach on student learning experience. *Computers & Education*, 128, 269-283. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.013>
- Bishop, J., & Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. ponencia presentada en 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, United States of America, 23-26 de junio, 23.1200.1 - 23.1200.18
- Chu, T., Wang, J., Monrouxe, L., Sung, Y., Kuo, C., Ho, L., & Lin, Y. (2019). The effects of the flipped classroom in teaching evidence based nursing: A quasi-experimental study. *PloS one*, 14(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210606>
- Collado-Valero, J., Rodríguez-Infante, G., Romero-González, M., Gamboa-Ternerero, S., Navarro-Soria, I., & Lavigne-Cerván, R. (2021). Flipped Classroom: Active Methodology for Sustainable Learning in Higher Education during Social Distancing Due to COVID-19. *Sustainability*, 13(10),5336. <https://doi.org/10.3390/su13105336>
- Díez-Gutiérrez, E.J., & Gajardo-Espinoza, K. (2020). Educar & Evaluar en Tiempos de Coronavirus: la Situación en España. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 10(2), 102-134. <https://doi.org/10.17583/remie.2020.5604>
- Fornons Jou, V., & Palau Martín, R.F. (2016). Flipped classroom en la asignatura de matemáticas de 3º de Educación Secundaria Obligatoria. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (55). <https://doi.org/10.21556/edutec.2016.55.284>
- García-Peñalvo, F.J., Corell, A., Abella-García, V., & Grande, M. (2020). Online assessment in higher education in the time of COVID-19. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21, 26. <https://doi.org/10.14201/eks.23013>
- Gaviria Rodríguez, D., Arango Arango, J., Valencia Arias, A., & Bran Piedrahita, L. (2019). Percepción de la estrategia aula invertida en escenarios universitarios. *Revista mexicana de investigación educativa*, 24(81), 593-614. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662019000200593
- Gillette, C., Rudolph, M., Kimble, C., Rockich-Winston, N., Smith, L., & Broedel-Zaugg, K. (2018). A meta-analysis of outcomes comparing flipped classroom and lecture. *American journal of pharmaceutical education*, 82(5), 433-440. <https://doi.org/10.5688/ajpe6898>
- Gonda, D., Pavlovičová, G., Tirpáková, A., & Ďuriš, V. (2021). Setting Up a Flipped Classroom Design to Reduce Student Academic Procrastination”, *Sustainability*, 13(15), 8668. <https://doi.org/10.3390/su13158668>
- González-Velasco, C., Feito-Ruiz, I., González-Fernández, M., Álvarez-Arenal, J.L., &

- Sarmiento-Alonso, N. (2021). Does the teaching-learning model based on the flipped classroom improve academic results of students at different educational levels?”, *Revista Complutense de Educación*, 32(1), 27-39. <https://doi.org/10.5209/rced.67851>
- Gopalan, C. (2019). Effect of flipped teaching on student performance and perceptions in an Introductory Physiology course. *Advances in Physiology Education*, 43(1), 28–33. <https://doi.org/10.1152/advan.00051.2018>
- Hinojo Lucena, F.J., Aznar Díaz, I., Romero Rodríguez, J.M., & Marín Marín, J.A. (2019). Influencia del aula invertida en el rendimiento académico: Una revisión sistemática.” *Campus virtuales: revista científica iberoamericana de tecnología educativa*, VIII(1), 9-18. <http://www.uajournals.com/campusvirtuales/journal/14/1.pdf>
- Lorenzo Martín, E., Reinoso Tapia, R., Usategui Martín, R., & Delgado Iglesias, J. (2022). Spanish secondary school teachers' digital competence in COVID-19 time. *Investigaciones En Enseñanza De Las Ciencias*, 27(3), 59–77. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n3p59>
- Martínez-Olvera, W., Esquivéz-Gámez, I. E., & Martínez-Castillo, J. (2014). Aula invertida o modelo invertido de aprendizaje: Origen, sustento e implicaciones. *Los modelos tecno-educativos, revolucionando aprendizaje del siglo XXI*, 143-160. http://tebaevmartinez.com/documentos/Aula_Invertida_o_Modelo_Invertido_de_Aprendizaje.pdf
- Mason, G. S., Shuman, T.R., & Cook, K. E. (2013) Comparing the Effectiveness of an Inverted Classroom to a Traditional Classroom in an Upper-Division Engineering Course. *IEEE Transactions on Education*, 56(4) 430–435. <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2249066>
- Missildine, K., Fountain, R., Summers, L., & Gosselin, K. (2013). Flipping the classroom to improve student performance and satisfaction. *Journal of Nursing Education*, 52(10), 597-599. <https://doi.org/10.3928/01484834-20130919-03>
- O’Flaherty, J., & Phillips, C. (2015). The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *The Internet and Higher Education*, 25, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.02.002>
- Ruiz-Galende, P., Montoya, M., Pablo-Lerchundi, I., Almendros, P., & Revuelta, F. (2021). El aula invertida para la docencia de Física The flipped classroom for Physics teaching. *Actas del VI Congreso Internacional sobre aprendizaje, innovación y cooperación, CINAIC 2021*, 508–513. <https://doi.org/10.26754/CINAIC.2021.0098>.
- Sams, A., & Bergmann, J. (2013). Flip your students’ learning. *Educational leadership*, 70(6) 16–20. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1015329>
- Silva, B. R. F. da, Silva-Neto, S. L. da, & Leite, B. S. (2021). Sala de aula invertida no ensino da química orgânica: um estudo de caso”. *Química Nova*, 44(4), 493-501. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170677>
- Sosa Díaz, M.J., & Palau Martín, R.F. (2018). Flipped Classroom en la Formación Inicial del Profesorado: Perspectiva del alumnado. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 16(2), 249-264. <https://doi.org/10.4995/redu.2018.7911>
- Sousa-Santos, S., Peset-González, M.J., & Muñoz-Sepúlveda, J.A. (2021) La enseñanza híbrida mediante flipped classroom en la educación superior. *Revista de Educación*, 391, 123–147. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-391-473>
- Strelan, P., Osborn, A., & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 30, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>
- Tomas, L., Doyle, T., & Skamp, K. (2019). Are first year students ready for a flipped classroom? A case for a flipped learning continuum. *International Journal of Educational Technology in*

Higher Education, 16(1), 1-22. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0135-4>

Tourón, J. (2021). The flipped classroom model: a challenge for student-centered teaching. *Revista de Educación*, (391), 11–14. <https://www.educacionyfp.gob.es/revista-de-educacion/en/dam/jcr:8cca642b-9e8e-4e60-b36a-c46d4a19966b/00intro-touronigl.pdf>

Recebido em: 08.05.2023

Aceito em: 30.09.2023