

# CLASE INVERSA Y APRENDIZAJE ACTIVO PARA INCENTIVAR LA PARTICIPACIÓN Y LA MOTIVACIÓN DE LOS ALUMNOS EN PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA MOLECULAR\*

Andrés González<sup>1,2\*\*</sup> y María F. Fillat<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Celular, Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España.

<sup>2</sup>Instituto Universitario de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos. Mariano Esquillor, Edificio I + D. Campus Río Ebro, Universidad de Zaragoza. 50018 Zaragoza, España.

\*\*Autor de correspondencia: andresglezrod@gmail.com

## RESUMEN

En el presente trabajo se describen y analizan los resultados obtenidos en el aprovechamiento y rendimiento académico de estudiantes de nivel universitario con la introducción de las metodologías de clase inversa y aprendizaje activo en sesiones de prácticas de laboratorio de Biología Molecular. El aprendizaje inverso fue verificado mediante la aplicación de cuestionarios previos en línea cuya evaluación implicó una bonificación del 10% de la nota final de la práctica de laboratorio. El aprovechamiento de las sesiones presenciales de prácticas fue evaluado con un informe final escrito individual y con un cuestionario integrador final en línea. El resultado de este último cuestionario implicó una bonificación adicional del 10% de la nota final de la práctica. Con el objetivo de estimar la apreciación de los propios alumnos sobre el efecto de la innovación en los resultados del proceso de aprendizaje y el interés en la asignatura, se aplicó una pequeña encuesta anónima en línea voluntaria tras finalizar la asignatura. La introducción de la clase inversa y el empleo de metodologías de aprendizaje activo como preguntas y respuestas, debates de aplicación del conocimiento adquirido a nuevas situaciones experimentales, instrucción por pares, instrucción basada en problemas, entre otras metodologías, permitió incrementar el rendimiento académico en comparación con cursos anteriores y una mayor uniformidad en la adquisición del conocimiento y desarrollo de competencias en la totalidad de los estudiantes. La apreciación de los propios alumnos del efecto de la innovación en los resultados del proceso de aprendizaje fue muy positiva y altamente motivadora.

## ABSTRACT

In the present study, we described and analyzed the results obtained after the application of the methodologies of flipped classroom and active learning on achievement and academic performance of university students in laboratory practices of Molecular Biology. Flipped learning was evaluated by short online questionnaires, performed prior to the lab practice, which represented a 10% of the final grade. The student performance in the face-to-face lab practices was evaluated by a final individual report and a further online questionnaire. The results of this final integrative questionnaire represented an additional 10% of the final grade. A short anonym survey was applied online after the finalization of the course in order to value the students' opinion about the influence of these learning innovations on their personal achievement and interest for the course. The introduction of flipped classroom and active learning methodologies such as questions and answers, discussion of application to novel contexts, peer instruction, problem-based learning, among others, led to increase academic performance compared to the same results in previous years as well as a higher homogeneity in learning acquisition and competence development by all the students. Students' opinion of the innovation was highly positive and motivating.

## PALABRAS CLAVE

Clase inversa, Aprendizaje activo, Docencia universitaria, Prácticas de laboratorio.

## KEY WORDS

Flipped classroom, Active learning, University teaching, Laboratory practices.

## INTRODUCCIÓN

En el modelo expositivo tradicional de enseñanza, el aprendizaje se basa casi exclusivamente en la transmisión de información desde el profesor a los alumnos. Los alumnos aprenden lo que los profesores le logran transmitir y demuestran el conocimiento aprendido en la mayoría de los casos, reproduciendo fielmente la información transmitida sin llegar a alcanzar, con frecuencia, un pensamiento crítico (1). Mucho del tiempo de clase con el modelo tradicional de enseñanza se emplea en explicar a los alumnos conocimientos básicos que pudieran adquirir por sí mismos si tan solo ocuparan parte de su tiempo fuera de clase a estudiar y analizar estos contenidos. La clase inversa o clase invertida, conocida en inglés como "flipped classroom", es un nuevo modelo de enseñanza semipresencial donde el profesor, mediante el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs), proporciona a los alumnos previamente a la clase presencial, materiales didácticos variados como monografías, videos y artículos científicos esenciales para una total comprensión y mejor aprovechamiento de la posterior sección de clase junto al profesor, ya sea una clase magistral teórica o una práctica de laboratorio (1, 2). Junto al material didáctico, el profesor deberá incorporar mecanismos que incentiven el estudio y el análisis crítico y profundo del material proporcionado, tales como pequeños cuestionarios comprobatorios del conocimiento cuya calificación suponga una recompensa que repercuta en la nota final de la asignatura (1).

La introducción de la clase inversa ahorra un tiempo vital en la clase presencial que puede ser empleado por el profesor para el desarrollo de metodologías de aprendizaje individual y colaborativo, que fomenten el esfuerzo, el razonamiento crítico, la creatividad y la capacidad de transferencia del conocimiento a nuevas situaciones (3). Según Faust y Paulson (4), el aprendizaje activo es toda actividad que involucra a los estudiantes dentro del aula, que va más allá de la simple escucha pasiva de una charla o clase magistral impartida por el profesor. De esta forma, aplicamos metodologías de aprendizaje activo con el cuestionamiento y la discusión constructiva (5), el aprendizaje basado en equipos (6), el aprendizaje basado

en problemas (7), la enseñanza justo a tiempo (8), la instrucción por compañeros (9) o la ludificación (10), entre otras metodologías educativas innovadoras (4). Todas estas actividades exigen del alumno un rol activo en clase y le permiten ejercitar, practicar, razonar, evaluar y crear, profundizando en el aprendizaje y logrando un mayor aprovechamiento de la clase, todo lo cual se traduce en un mayor nivel de comprensión y satisfacción personal, que cíclicamente inducen a un mayor interés por la asignatura y por el conocimiento en general (1, 2, 11-13).

Con el objetivo de incentivar el uso de las TICs entre los estudiantes de la Universidad de Zaragoza (España), para facilitar y profundizar el aprendizaje no presencial de conceptos teórico-prácticos necesarios para un buen desempeño y aprovechamiento durante las prácticas de laboratorio, así como detectar deficiencias en el conocimiento previo a las prácticas, atender individualidades, incrementar el interés, la atención y el rendimiento de los estudiantes durante las sesiones de prácticas, favorecer la adquisición de competencias y mejorar la calidad de la actividad docente, nos propusimos implementar un proyecto de innovación docente encaminado a la introducción y evaluación de la clase inversa y el aprendizaje activo como nuevas metodologías de aprendizaje en las sesiones de prácticas de laboratorio de Biología Molecular, impartidas en el último curso del Grado de Biotecnología. El estudio tiene el carácter de una encuesta descriptiva y no busca el análisis estadístico experimental de los datos obtenidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Asignatura y estudiantes

La innovación docente fue implementada en el curso 2018-2019, con estudiantes de cuarto curso (último) del Grado de Biotecnología de la Universidad de Zaragoza, España. La innovación fue aplicada a las clases prácticas de laboratorio correspondientes al Área de Bioquímica y Biología Molecular de la asignatura Biotecnología Microbiana. Esta asignatura es obligatoria dentro del programa de estudio, es impartida en su totalidad en el primer cuatrimestre del curso y equivale a 6 créditos ECTS. El Sistema Europeo de Transferencia y Acu-

mulación de Créditos (ECTS, por sus siglas en inglés) es una herramienta del Espacio Europeo de Educación Superior para hacer que las calificaciones y cursos impartidos en cualquier institución europea sean reconocidos con iguales derechos para una titulación estudiada en otro centro similar.

Para las prácticas de laboratorio de Biología Molecular, los estudiantes ( $n=47$ ) se subdividen en 4 grupos de prácticas, integrados por 10 a 12 alumnos como máximo cada uno, a fin de lograr un mejor aprovechamiento del material de laboratorio y favorecer la atención de individualidades. Cada grupo de prácticas recibe 3 sesiones de laboratorio en días consecutivos, con 4 horas de trabajo en cada sesión.

### **Metodologías de aprendizaje**

La innovación consistió en incorporar metodologías de aprendizaje inverso en el Anillo Digital Docente (ADD) de la Universidad de Zaragoza, con el objetivo de recapitular o profundizar conceptos teórico-prácticos imprescindibles para un buen desempeño, aprovechamiento y seguridad durante las prácticas de laboratorio. El ADD, también conocido como Campus Virtual, es una plataforma en línea de apoyo a la docencia basada en la herramienta de gestión de aprendizaje Moodle. Esta plataforma se emplea para la docencia no presencial y para dar soporte en línea a la docencia presencial.

La inclusión de metodologías de aprendizaje inverso en las prácticas de laboratorio de Biología Molecular transfirió al estudio individual no presencial parte del tiempo usualmente empleado en la clase presencial para recapitular contenidos previos, mayormente teóricos, imprescindibles para un desarrollo satisfactorio de la práctica y un correcto aprovechamiento de los nuevos conocimientos teórico-prácticos y competencias adquiridas en la clase presencial. De esta forma, con la clase inversa se produjo una transferencia de tiempo y tareas que ahorró tiempo en la clase presencial, lo que permitió al profesor incorporar nuevas herramientas de aprendizaje activo, como ejercicios basados en preguntas y respuestas, debates de aplicación del conocimiento adquirido a nuevas situaciones experimentales, instrucción por pares, instrucción basada en problemas, entre otras metodologías.

### **Herramientas de retroalimentación o *feedback***

El estudio previo o aprendizaje inverso por parte de los alumnos del material docente seleccionado disponible en el ADD fue verificado mediante la aplicación de cuestionarios previos en línea, cuya evaluación implicó una bonificación del 10% de la nota final de la práctica de laboratorio.

El aprovechamiento de las sesiones de prácticas fue evaluado con un informe final escrito individual y con el cuestionario integrador final, también disponible en el ADD. El resultado de este último cuestionario implicó una bonificación adicional del 10% de la nota final de la práctica. A partir de un banco de preguntas, previamente confeccionado por los profesores en el ADD de la asignatura y validado por la Comisión de Garantía de la Calidad del Grado de Biotecnología, se diseñaron 4 cuestionarios previos y 4 cuestionarios finales, uno diferente para cada uno de los 4 grupos de prácticas. Las figuras 1 y 2 muestran ejemplos reales de cuestionarios previo y final aplicados a uno de los grupos de práctica.

Con el objetivo de estimar la apreciación de los propios alumnos sobre el efecto de la innovación en los resultados del proceso de aprendizaje y el interés en la asignatura, se incorporó en el ADD al finalizar las prácticas, una pequeña encuesta anónima.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El 100% de los estudiantes matriculados en la asignatura que debían cursar las clases prácticas ( $n=47$ ) participaron en la innovación. Todos los estudiantes cumplieron los cuestionarios de evaluación del estudio previo disponibles en el ADD antes de la primera sesión de prácticas y todos cumplieron el cuestionario final integrador, disponible en el ADD tras finalizar las prácticas de cada grupo. El 100% de los estudiantes aprobó ambos cuestionarios, tanto el cuestionario de evaluación del estudio previo como el cuestionario final de evaluación del aprovechamiento de las prácticas. La nota media obtenida por los estudiantes en los cuestionarios de evaluación del estudio previo fue de 9,32 sobre 10, lo cual refleja un alto índice de participación de los alumnos en el estudio no presencial indicado,

Una vez estudiados los materiales incluidos en el Add (Guión de Prácticas y Materiales de Estudio Previo), indique a continuación cuáles constituyen afirmaciones correctas en cuanto a los temas que se tratarán en las prácticas de Biología Molecular:

Seleccione una o más de una:

- a. *Escherichia coli* es una biofábrica para la producción de proteínas recombinantes
- b. *Escherichia coli* no puede ser utilizada para la producción de proteínas eucarióticas
- c. Los ensayos o *screenings* de expresión permiten definir las condiciones óptimas de expresión recombinante en el sistema de expresión elegido.
- d. La fase de crecimiento y el volumen del inóculo pueden repercutir en los rendimientos de la expresión recombinante.
- e. La inducción de la expresión recombinante usualmente se realiza en la fase estacionaria del cultivo, cuando el cultivo ha alcanzado su número máximo de células.
- f. La electroforesis en gel de poliacrilamida con SDS permite estimar los niveles de expresión de proteínas recombinantes
- g. En el sistema discontinuo o de Laemmli, la proteína migrará a través de dos geles contiguos distintos que cumplen funciones diferentes.
- h. La cromatografía de afinidad de unión a metales aprovecha la capacidad de interacción de los residuos de cisteína con los metales divalentes para facilitar la purificación de una proteína a la cual se ha fusionado un péptido o cola rica en cisteínas.
- i. En el SDS-PAGE, las proteínas migran en función de su tamaño y su conformación nativa
- j. En el Western blot, el bloqueo con albúmina o proteínas de la leche minimiza la interacción inespecífica de los anticuerpos con la membrana
- k. La flavodoxina sustituye a la ferredoxina en la cadena fotosintética de transporte de electrones de cianobacterias durante condiciones de estrés férrico
- l. En la técnica de Western blot, la transferencia de proteínas desde el gel hacia la membrana ocurrirá solo si se aplica una diferencia de potencial.

**Figura 1.** Ejemplo de cuestionario previo aplicado a alumnos de cuarto curso del Grado de Biotecnología de la Universidad de Zaragoza, para comprobar el aprendizaje inverso indicado por el profesor en clases prácticas de Biología Molecular.

#### Pregunta 1

Necesitamos evaluar la actividad de unión al DNA de un regulador transcripcional mediante la técnica de retardo en gel (EMSA), en la cual la proteína y el promotor diana se mezclan bajo condiciones *in vitro* optimizadas. Si la proteína es activa, formará un complejo con el DNA. Este complejo al ser posteriormente aplicado a una electroforesis en gel de poliacrilamida experimentará un retardo en la migración en comparación con la proteína sola, debido a su mayor tamaño. ¿Qué tipo de electroforesis emplearía en el EMSA?:

Seleccione una:

- a. PAGE nativa
- b. SDS-PAGE con betamerceptoetanol
- c. SDS-PAGE sin betamerceptoetanol
- d. Da igual el tipo de electroforesis, lo importante es que la proteína esté activa cuando se mezcle con el DNA

#### Pregunta 2

Durante el Western blot frente a una proteína recombinante X, una muestra de extracto crudo soluble fue separada mediante SDS-PAGE, tras la electrotransferencia se bloqueó con leche desnatada, se empleó un antisuero policlonal como anticuerpo primario y un conjugado anti-IgG-peroxidasa como anticuerpo secundario. El revelado del Western nos mostró una alta reactividad cruzada frente a proteínas inespecíficas de la muestra. ¿Qué estrategia pudiera emplear para intentar disminuir la reactividad cruzada?:

Seleccione una:

- a. Aumentar la concentración de proteínas de la muestra de extracto crudo
- b. Aumentar la concentración de la leche desnatada en el bloqueo
- c. Absorber el antisuero policlonal frente al extracto crudo de la misma cepa de *E. coli* empleada como hospedero para producir la proteína X recombinante.
- d. Disminuir el voltaje en la electrotransferencia

**Figura 2.** Preguntas de cuestionario final aplicado a alumnos de cuarto curso del Grado de Biotecnología de la Universidad de Zaragoza. El cuestionario final evalúa de forma integradora el aprendizaje y el desarrollo de competencias mediante ejercicios de aplicación del conocimiento adquirido a situaciones experimentales diferentes a aquellas vistas en la práctica.

previo al inicio de las prácticas. El cumplimiento de las indicaciones del estudio previo se apreció no solo en la nota de los cuestionarios (Fig. 3), sino en la participación e implicación de los estudiantes en las actividades de aprendizaje activo. Una mayoría de estudiantes participó activamente en estos ejercicios y respondió y/o debatió adecuadamente las preguntas y los temas en ellos tratados; en tal sentido, la clase inversa contribuyó efectivamente a alcanzar los resultados de motivación, participación y aprovechamiento deseados.

La evaluación de los cuestionarios previos así como los ejercicios de aprendizaje activo realizados durante cada una de las sesiones de laboratorio contribuyeron no solo a identificar y corregir deficiencias en la base de conocimientos teórico-prácticos que deberían haber desarrollados los estudiantes en niveles anteriores de la enseñanza, sino además permitieron identificar individualidades en el proceso de aprendizaje, posibilitando un trabajo más personalizado del profesor con estos estudiantes.

La nota final de la práctica refleja el aprovechamiento global de cada estudiante, incluyendo su preparación previa para la práctica (clase inversa), la asistencia, puntualidad, el desempeño y la participación del estudiante durante las sesiones de prácticas, así como el grado de análisis y aplicación de los conocimientos obtenidos durante las sesiones presenciales. Para valorar todos estos criterios, la nota final fue ponderada teniendo en cuenta los siguientes porcentajes y actividades:

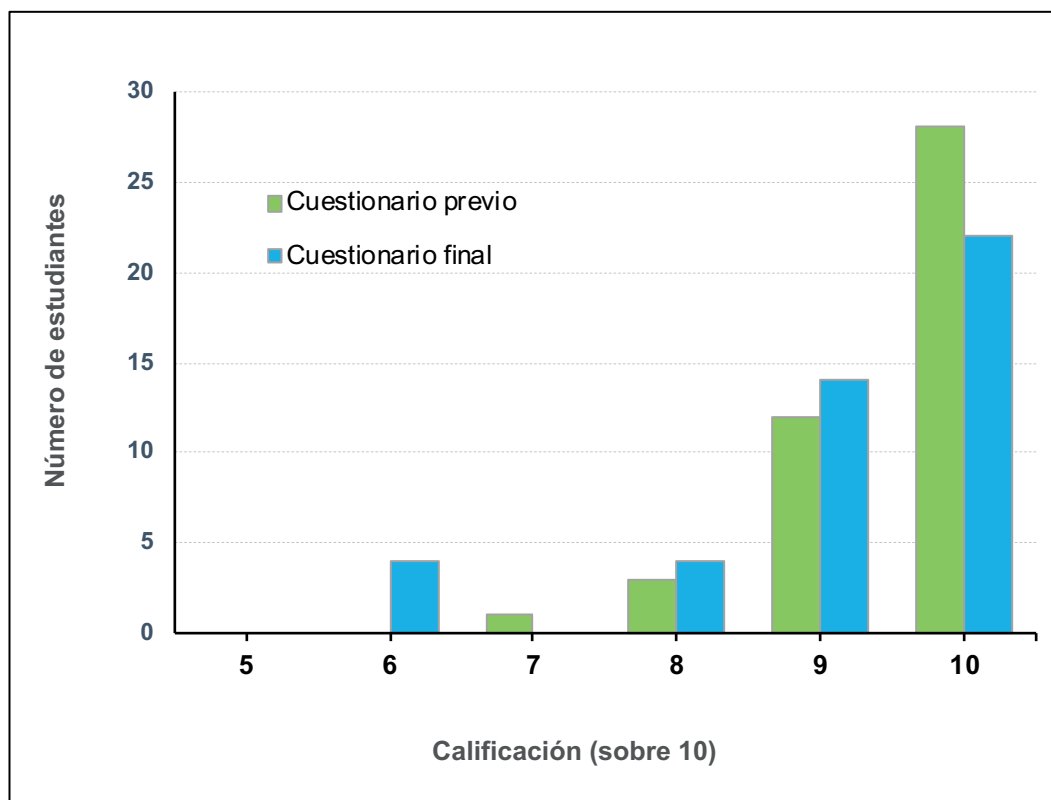
- Asistencia, puntualidad y desempeño en el laboratorio: 50%
- Informe final individual escrito: 30%
- Cuestionario inicial en ADD, previo a la práctica: 10%
- Cuestionario integrador final en ADD, posterior a la práctica: 10%

El informe final ha sido el método tradicional de evaluación del desarrollo de nuevos conocimientos y competencias durante las sesiones de prácticas de laboratorio. En este ejercicio, cada estudiante debe elaborar y entregar un informe o memoria final escrita, de no más de 4 folios, donde se detallen los resultados obtenidos durante la ejecución de cada experimento de la práctica y se discutan

críticamente estos resultados. La discusión de los resultados deberá reflejar si los mismos eran esperados o no, analizar cualquier variación de los resultados individuales respecto a los resultados esperados, indicar cualquier error experimental o cambio en el protocolo inicialmente propuesto y argumentar sobre las posibles implicaciones de estos cambios o errores en el resultado obtenido. Se incluirán en el informe las fotos, esquemas, cálculos, diagramas, etc., que el alumno estime necesario para reflejar y discutir sus resultados. Más que el resultado experimental en sí, en el informe se evalúa la calidad en la escritura y presentación de los resultados, la entrega a tiempo y en especial la profundidad en la discusión de los resultados obtenidos. La fecha de entrega de los informes para cada grupo es definida e indicada por el profesor durante la práctica y usualmente se corresponde con 1-2 semanas tras finalizada la última sesión de prácticas de cada grupo.

Con la innovación incluimos un nuevo método de evaluación del aprendizaje y el desarrollo de competencias durante las sesiones de prácticas: el cuestionario final integrador. Tras finalizar la última sesión de prácticas, los profesores ponen a disposición de los alumnos un nuevo cuestionario en línea en el ADD de la asignatura, que estará disponible hasta una semana después de culminada la práctica. A diferencia del cuestionario previo y como su nombre lo indica, este cuestionario final evaluará de forma integradora, los principales aspectos del conocimiento teórico-práctico adquirido durante las sesiones de prácticas, principalmente mediante ejercicios de aplicación del conocimiento adquirido a situaciones experimentales diferentes a aquellas vistas en la práctica. La nota media de la evaluación de este cuestionario final fue de 9,44 sobre 10, lo cual indica un excelente aprovechamiento en la mayoría de los estudiantes del conocimiento teórico-práctico impartido en las sesiones de prácticas de esta asignatura tras la implementación de la innovación (Fig. 3).

Los resultados favorables de la innovación sobre el proceso de aprendizaje y el desarrollo de competencias en los estudiantes en las prácticas de Biología Molecular de la asignatura Biotecnología Microbiana se lograron apreciar objetivamente al comparar los resultados académicos obtenidos en este curso,

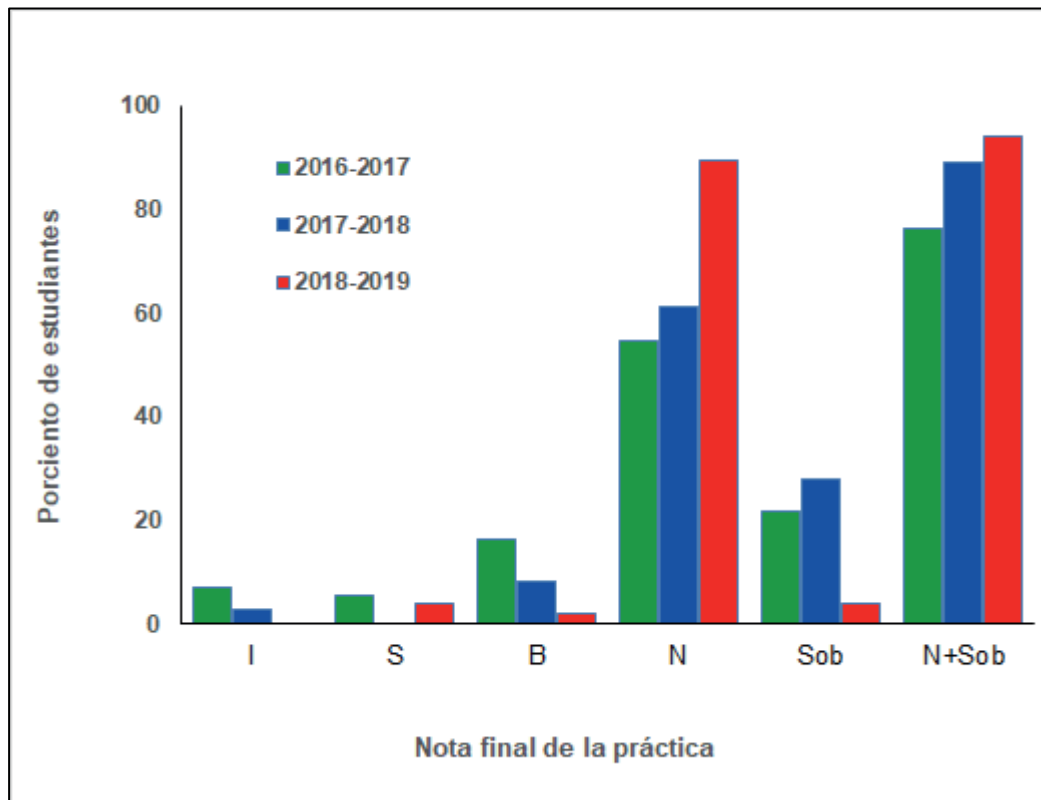


**Figura 3.** Resultados de la calificación de los cuestionarios previo y final. El cuestionario previo se realiza en línea antes del inicio de las sesiones presenciales de laboratorio y evalúa la preparación del estudiante gracias al aprendizaje inverso. El cuestionario final se realiza en línea tras finalizar las sesiones de prácticas y evalúa el desarrollo de competencias durante las prácticas de laboratorio. La nota de cada cuestionario representa un 10% de la nota final de la práctica.

con aquellos de cursos anteriores, 2016-2017 y 2017-2018, donde no se utilizó la técnica de la clase inversa. Como se aprecia en la figura 4, el número total de estudiantes con buena nota (notable + sobresaliente) se incrementó con respecto a promociones de cursos anteriores. De esta forma, los resultados de nuestra experiencia sugieren que el incremento en los niveles de aprovechamiento en el proceso de aprendizaje, alcanzado con la introducción de la clase inversa y las metodologías de aprendizaje activo, repercute directamente en el rendimiento académico de los estudiantes, de forma similar a lo observado en investigaciones previas (10-12).

Sin embargo, el resultado cualitativo más importante de la aplicación de la innovación en nuestra asignatura radicó en la uniformidad en la adquisición del conocimiento en la totalidad de los estudiantes del curso. Curiosamente, un mayor grado de exigencia en el proceso evaluativo, con un incremento del número de evaluaciones procedentes de cuestionarios y del desempeño y participación de los alumnos

en actividades de aprendizaje activo, resultó en una disminución del número de estudiantes con nota de sobresaliente; sin embargo, la inmensa mayoría de los estudiantes matriculados en la asignatura obtuvieron una nota calificada como notable, con muy pocos casos de notas inferiores. En cursos anteriores, no todos los alumnos alcanzaban el mismo grado de desarrollo de competencias en las prácticas, existiendo incluso casos de insuficiencia (Fig. 4). Este análisis de los resultados académicos sugiere que la aplicación de las nuevas metodologías de aprendizaje, incluyendo el aprendizaje inverso apoyado en la plataforma Moodle y ejercicios de aprendizaje activo durante las clases presenciales, aumenta la calidad del proceso de enseñanza. La observación de necesidades individuales en el proceso de aprendizaje y el trabajo con estos estudiantes permitió una mayor homogeneidad en los resultados académicos de la clase y un número mayor de estudiantes con nota notable-sobresaliente. Estos resultados eran esperados teniendo en cuenta anteriores experiencias en



**Figura 4.** Resultados académicos obtenidos por los estudiantes de último curso del Grado de Biotecnología de la Universidad de Zaragoza en las prácticas de Biología Molecular, en tres promociones consecutivas. El número total de estudiantes matriculados en la asignatura en cada curso fue:  $n=55$  (2016-2017),  $n=36$  (2017-2018) y  $n=47$  (2018-2019). I: insuficiente, S: suficiente, B: bien, N: notable, Sob: sobresaliente.

la aplicación del aprendizaje activo en estudiantes de nivel universitario. Varios estudios previos han demostrado que la aplicación de metodologías de aprendizaje activo incrementa la integración de los estudiantes, minimiza impedimentos emocionales y psicológicos experimentados por determinados alumnos en el proceso de aprendizaje y disminuye la brecha entre alumnos aventajados y no aventajados (13-15).

La apreciación de los propios alumnos del efecto de la innovación en los resultados del proceso de aprendizaje fue muy positiva y altamente motivadora. Tras finalizar la asignatura, antes de los exámenes, se incorporó en el ADD una pequeña encuesta en línea solicitando a los estudiantes su opinión personal sobre el impacto de esta nueva metodología de estudio y evaluación sobre su proceso de aprendizaje, su aprovechamiento académico en la asignatura, su interés por la asignatura en particular y por la investigación científica en general. La encuesta tuvo un carácter anónimo y se indicó que su cumplimentación no

era obligatoria ni tendría impacto sobre la nota final de la asignatura. De los 47 estudiantes matriculados en la asignatura, 21 estudiantes (44,7%) cumplieron la encuesta. El 100% de los encuestados tuvo una opinión favorable sobre la innovación, considerando que el estudio previo les permitió entender mejor algunos conceptos y procedimientos del laboratorio, favoreciendo un mayor rendimiento y aprovechamiento de las sesiones de prácticas presenciales. El 95% de los estudiantes encuestados consideró que sería conveniente/interesante la aplicación de esta metodología de aprendizaje y evaluación para incrementar el rendimiento y el interés de los estudiantes en otras asignaturas del Grado.

## CONCLUSIONES

Las ventajas del modelo de aprendizaje inverso para mejorar la calidad del aprendizaje universitario es un hecho contrastado. La clase inversa permite a los profesores y

estudiantes emplear parte del tiempo presencial en profundizar en el conocimiento, en debatir, en analizar, en transferir y aplicar el conocimiento a nuevas situaciones. El alumno adquiere un rol protagónico y transforma sus hábitos de estudio, aumenta su motivación por el conocimiento, aprende a trabajar en equipo. El profesor es capaz de adaptar la clase a las necesidades cognitivas de los estudiantes, profundizando en aquellos contenidos que representan un mayor grado de dificultad según las herramientas

de retroalimentación utilizadas, ofreciendo además la oportunidad de detectar y trabajar las necesidades individuales. Uno de los resultados más visibles de la aplicación del modelo inverso de aprendizaje, como lo corrobora el presente estudio, es el incremento en la homogeneidad del desarrollo de competencias. Los alumnos más rezagados trabajan más y son motivados por el resto de estudiantes, mejorando sustancialmente el aprovechamiento en general y la calidad del proceso de aprendizaje.



## REFERENCIAS

- Prieto A. Flipped learning: aplicar el modelo de aprendizaje inverso. Primera edición. Madrid, España: Narcea Ediciones; 2017.
- Medina JL. La docencia universitaria mediante el enfoque del aula invertida. Primera edición. Barcelona, España: Octaedro; 2016.
- Knight J, Wood WB. Teaching more by lecturing less. *Cell Biol Educ.* 2005; 4(4):298-310.
- Faust JL, Paulson DR. Active learning in the college classroom. *J Excell Coll Teach.* 1998; 9(2):3-24.
- McTighe J, Wiggins G. Essential questions: opening doors to student understanding. First edition. Alexandria, Virginia, U.S.A.: Association for Supervision & Curriculum Development; 2013.
- Michaelsen LK, Knight AB, Fink LD. Team-based learning: a transformative use of small groups in college teaching. First edition. Sterling, Virginia, USA: Stylus Publishers; 2002.
- Hmelo-Silver CE. Problem-based learning: what and how do students learn? *Educ Psychol Rev.* 2004; 16(3):235-266.
- Novak G, Gavrín A, Christian W, Patterson E. Just-in-time teaching: blending active learning with web technology. First edition. Upper Saddle River, New Jersey, U.S.A.: Prentice-Hall; 1999.
- Mazur E. Peer instruction: a user's manual. First edition. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice-Hall; 1997.
- Fuster-Guilló A, Pertegal-Felices ML, Jimeno-Morenilla A, Azorín-López J, Rico-Soliveres ML, Restrepo-Calle F. Evaluating impact on motivation and academic performance of a game-based learning experience using kahoot. *Front Psychol.* 2019; 10:2843.
- Freeman S, Eddy SL, McDonough M, Smith MK, Okoroafor N, Jordt H, Wenderoth MP. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2014; 111(23):8410-8415.
- Freeman S, O'Connor E, Parks JW, Cunningham M, Hurley D, Haak D, Dirks C, Wenderoth MP. Prescribed active learning increases performance in introductory biology. *CBE Life Sci Educ.* 2007, 6(2):132-139.
- David C. Haak DC, HilleRisLambers J, Pitre E, Freeman S. Increased structure and active learning reduce the achievement gap in introductory biology. *Science.* 2011; 332(6034):1213-1216.
- Jordt H, Eddy SL, Brazil R, Lau I, Mann C, Brownell SE, King K, Freeman S. Values affirmation intervention reduces achievement gap between underrepresented minority and white students in introductory biology classes. *CBE Life Sci Educ.* 2017; 16(3):ar41.
- Theobald EJ, Hill MJ, Tran E, Agrawal S, Arroyo EN, Behling S, Chambwe N, Cintrón DL, Cooper JD, Dunster G, Grummer JA,



Hennessey K, Hsiao J, Iranon N, Jones L, Jordt H, Keller M, Lacey ME, Littlefield CE, Lowe A, Newman S, Okolo V, Olroyd S, Peacock BR, Pickett SB, Slager DL, Caviedes-Solis IW, Stanchak KE, Sundaravandan V, Valdebenito C, Williams CR, Zinsli

K, Freeman S. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020; 117(12):6476-6483.