

Aula invertida en una asignatura básica del Grado en Biología

Carlos M. González-Alcón

Departamento de Matemáticas, Estadística e Investigación Operativa. Universidad de La Laguna
Apartado 456. 38200 San Cristóbal de La Laguna. Santa Cruz de Tenerife.

RESUMEN

Con el fin de paliar el abandono en la parte dedicada a ecuaciones diferenciales en una asignatura de matemáticas del Grado en Biología se decidió impartirla mediante aula invertida. Se describe cuál ha sido el proceso de implementación y los resultados obtenidos durante dos cursos académicos. Se ha obtenido una menor tasa de abandono del tema (más estudiantes comienzan a responder la pregunta en el examen final) pero los resultados no son claros en cuanto a calificaciones.

Keywords: aula invertida, docencia invertida, ecuaciones diferenciales, matemáticas

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza tradicional podría describirse como un proceso en el que el profesor imparte en el aula los contenidos, que más tarde son reforzados por el alumno mediante su trabajo personal en casa. La inversión del aula (*flipped classroom*) pretende que sea el estudiante el que, con la orientación del profesor y ayudado de material adecuado, asimile de manera autónoma los conceptos teóricos, reservando el tiempo de aula para la resolución de dudas y problemas, debates u otras actividades ya sea de forma individual o por grupos^{1,2}.

En la enseñanza de las matemáticas en educación superior se ha empleado y experimentado con esta nueva metodología docente en multitud de ocasiones, como muestra los 61 estudios publicados entre 2013 y 2016 que fueron revisados por Lo, Hew y Chen⁷. Desde entonces se han seguido publicando otros casos de estudio^{5,6}.

Fundamentos de Matemáticas es una de las asignaturas básicas del Grado en Biología de la Universidad de La Laguna que se imparte en el primer cuatrimestre del primer curso. Los contenidos se han estructurado en cuatro temas, de los cuales los tres primeros se han tratado en alguna medida durante el bachillerato. El cuarto tema, dedicado a las ecuaciones diferenciales, no ha sido visto con anterioridad en las enseñanzas preuniversitarias. En él hemos venido observando dificultades y un alto nivel de abandono. Esto se traducía en que una cuarta parte de los alumnos dejaba sin hacer la pregunta correspondiente del examen final (ver tabla 1, años 2017 y 2018).

Ante este problema se propuso impartir esta última parte del temario mediante aula invertida con el fin de motivar al alumnado y evitar ese ‘bloqueo mental’ que hacía que muchos descartaran desde el primer momento preparar esa parte de la materia. Se puso en práctica en los cursos 2018-19 y 2019-20.

2. PLANIFICACIÓN DEL AULA INVERTIDA

Con la metodología docente de aula invertida se pretende que el estudiante tome un papel más protagonista en su aprendizaje. Deberá enfrentarse a los contenidos de manera personal mediante trabajo individual. El docente pasa a un segundo plano, pero esto no supone una inhibición ni desentenderse del proceso sino todo lo contrario. Es necesaria una planificación más cuidadosa y preparar con antelación el material y las actividades. En el aula el protagonismo también lo siguen teniendo los alumnos que con frecuencia trabajarán en grupo, mientras que el instructor hace labores de moderador y catalizador, controlando que ninguno se quede atascado y que la clase lleva el ritmo requerido. Todo esto supone un mayor trabajo previo del docente, pero un desarrollo de las clases más dinámico y estimulante para todos los implicados. A continuación resumimos cuál fue la labor previa que hubo que realizar para lo cual hubo que documentarse^{2,4}.

Preparación del material

El tema de ecuaciones diferenciales ha de desarrollarse durante siete sesiones de teoría (grupos grandes) y tres de problemas (grupos pequeños), junto con dos prácticas de ordenador (grupos de laboratorio). El profesorado de la asignatura había elaborado en cursos precedentes unos apuntes del tema. Para cada una de las siete sesiones se concretó qué parte se quería trabajar y cuál era el material que se pondría a disposición de los estudiantes.

Decidido lo anterior se elaboró un documento en el que para cada sesión:

1. Se enumeran los conceptos clave que se pretende tratar.
2. Se indica la sección de los apuntes que corresponde trabajar.
3. Se enlaza a un máximo de tres vídeos que tratan esos conceptos, algunos de elaboración propia pero la mayoría de otras fuentes, en inglés una buena parte.
4. Se proporciona software para la simulación y estudio de ecuaciones y sistemas de ecuaciones diferenciales elaborado por el profesorado de la asignatura y ejecutable online con cualquier navegador.
5. Se propone un cuestionario de autoevaluación.

Como excepción a este esquema la sesión cuarta se reserva para hacer una prueba de evaluación.

A esto se añade un calendario donde se puede apreciar cómo quedan las diferentes sesiones en el tiempo para cada grupo, tanto las de 'teoría' como las de problemas y las prácticas.

Información al alumnado

Todo el plan de trabajo con la información y los enlaces oportunos se encontraba accesible y bien estructurado en el aula virtual de la asignatura. Pero tan importante como la planificación es informar al alumnado de cómo se pretende impartir el tema en cuestión. Pocos de ellos (22% según la encuesta que se pasó al finalizar) han recibido docencia previamente con la metodología de aula invertida. Así que a mitad del cuatrimestre, en la primera sesión del profesor que se encargaría de ese tema, se informó con cierto detalle, y se volvió a insistir en ello justo antes de comenzar. En el curso 2019-20, para ayudar a que las dos primeras sesiones del tema quedaran más espaciadas, se comenzó el tema 4 cuando quedaba todavía una sesión del tema anterior. La idea es que tengan una primera experiencia con la metodología con margen para rectificar para la segunda sesión.

El aula invertida requiere del alumnado una mayor madurez y compromiso con su aprendizaje. Por esto es de vital importancia que todos sean conscientes de la metodología que se va a utilizar y de que deben preparar la materia con antelación a cada una de las sesiones. La actitud activa del estudiante es clave en el éxito de la propuesta. Romper la cultura de 'vengo a clase a recibir y ya me lo estudiaré en casa' es uno de los retos a los que se enfrenta esta forma de impartir la docencia.

Contenido de las sesiones

Una vez establecidos cuáles son los conceptos que se quieren trabajar en cada sesión y el material que se va a utilizar queda diseñar el contenido de las sesiones presenciales. Si el alumnado ya se ha preparado el temario previamente, ¿qué resta por hacer en clase? Es aquí donde radica el atractivo de este enfoque.

En el caso de la asignatura que nos ocupa se trata de impartir contenidos básicos que, hablando en general, se puede decir que son algo lejanos a los intereses primarios de la mayoría de los estudiantes. Se han matriculado en un grado en Biología y se encuentran con una asignatura que es vista más como un obstáculo que como una oportunidad de dotarse de herramientas intelectuales que les sean de ayuda durante el resto de sus estudios. Dejar la parte más teórica para su asimilación fuera del aula permite dedicar las sesiones de trabajo con los alumnos a aplicar esos conceptos a situaciones de interés biológico más inmediato y a interpretar en términos biológicos los resultados encontrados.

Se propuso para las diferentes sesiones el estudio mediante ecuaciones diferenciales de distintos modelos aplicados al crecimiento de organismos o de poblaciones enteras bajo diferentes supuestos, o de sistemas de interés biotecnológico como es un quimiostato. Sobre estos modelos se van aplicando los distintos conceptos a trabajar: clasificación de las ecuaciones, campos de direcciones, familias de soluciones, equilibrios y su clasificación, trayectorias, líneas y planos de fase, nulclinas, etc. La última sesión se destinó directamente a tratar de distintas aplicaciones a las ciencias de la vida (zoología, ecología, metabolismo, biotecnología).

Evaluación

Algunas de las actividades desarrolladas a lo largo del tema formaron parte de la evaluación continua de la asignatura.

Los ítems que se consideraron evaluables fueron:

- Los cuestionarios de autoevaluación. Estos servirán al alumnado para comprobar que se han adquirido los conceptos marcados para cada sesión. Por ello el cuestionario se configura para que en caso de que la respuesta sea errónea haya una segunda oportunidad de responder (aunque con cierta penalización). Aunque en el curso 2018-19 estos cuestionarios no contaron para la nota de ninguna manera, sí fueron evaluables en el curso siguiente.
- La prueba escrita (sesión cuarta).
- La asistencia a las sesiones.
- La participación activa en las sesiones.

3. EJECUCIÓN Y RESULTADOS

Uso del material y asistencia

Los cinco cuestionarios de autoevaluación fueron completados en el curso 2019-20 por un total de 100 alumnos distintos de los 146 matriculados, entre 71 y 74 cada uno. En cuanto a la asistencia un 50% estuvo en al menos cinco de las siete sesiones, mientras que el 37% no apareció nunca. De los 90 estudiantes distintos que asistieron a las sesiones, 37 de ellos tuvo alguna intervención relevante (a título individual o representando a su equipo). La participación activa del alumnado se registra entregando el profesor sobre la marcha un tique al alumno que hace una aportación valiosa. Al finalizar la clase lo devuelve al profesor con su nombre escrito. El tique tiene distinto color si se trata de una aportación individual o como portavoz de su equipo.

Desarrollo de las sesiones

Se pidió a los estudiantes que se organizaran en equipos de unos cinco componentes que se sentarían en el aula de forma que pudieran trabajar juntos. Estos equipos se mantendrían a lo largo de todas las sesiones del tema. Las clases, de unos 55 minutos, comenzaban con resolución de dudas sobre los conceptos propuestos para esa sesión o preguntas del profesor que sirvieran de repaso. Después se presentaba una situación inicial con distintas cuestiones que se iban trabajando sucesivamente por equipos y resolviendo públicamente de forma secuencial por voluntarios. Finalmente se proponía una nueva cuestión similar para trabajar por grupos. En casi todo momento se procuraba que la iniciativa y el protagonismo recayera sobre el alumnado. De esta manera las preguntas que planteaban los estudiantes se procuraba en primera instancia que fueran otros estudiantes quienes las respondieran. Durante el tiempo de trabajo en equipo el profesor supervisaba, aclaraba dudas y se aseguraba que que ningún equipo se quedara trabado o desenganchado.

La sesión cuarta consistió en una prueba escrita realizada de forma individual. Al terminar el tiempo fijado se intercambian los ejercicios. El examen se resuelve en su totalidad en la pizarra y cada alumno corrige y puntúa el ejercicio de un compañero.

Rendimiento académico

En la tabla 1 puede apreciarse la mejora en el número de alumnos que realiza el ejercicio 4 del examen, correspondiente a ecuaciones diferenciales. En cuanto al rendimiento en la pregunta aumentó de forma considerable en el primer año en el que se utilizó aula invertida (enero de 2019), para volver al rendimiento habitual al año siguiente. Esto se pudo deber a que la pregunta de ese primer curso fue similar a la planteada en la evaluación de la sesión cuarta, mientras que la del año 2020 cubría la segunda parte del tema, referida a sistemas de ecuaciones. Además en año 2019 el porcentaje de presentados al examen fue especialmente bajo.

Para estudiar el efecto que haya podido tener la participación en las actividades del aula invertida sobre el desempeño en el examen final se representó el total de puntuación obtenida en el aula invertida así como de las puntuaciones solo en los cuestionarios sobre las puntuaciones en el ejercicio 3 (funciones) y el 4 (ecuaciones diferenciales). Esto nos permite apreciar el verdadero efecto y aislarlo de otros pues alumnos que trabajan más o están más motivados obtienen mejores resultados en todas las preguntas, con independencia del método utilizado. En la figura 1 se aprecia este efecto: el trabajo en el aula invertida parece que influye también en el tema 3 de funciones con el que no está vinculado más que

parcialmente (líneas de regresión rojas). A la vista de las regresiones sobre las calificaciones en la pregunta 4 (líneas azules) parece que el aula invertida añade poco, o bien las actividades del aula invertida ayudaron también a mejorar el desempeño en el ejercicio sobre funciones.

Tabla 1. Desempeño en el examen de la primera convocatoria. Los números indican medias de las puntuaciones sobre 100. El examen consta de cuatro preguntas. Se muestran por separado y sobre un total de 100 las puntuaciones de la media de las preguntas 1 y 2, de la pregunta 3 (funciones) y la 4 (ecuaciones diferenciales). La materia correspondiente a las dos últimas es impartida por el mismo profesor. Para las dos últimas preguntas se muestra el porcentaje de alumnos que deja en blanco el ejercicio.

año	examen	matriculados presentados	p1 y p2	funciones		ec. diferenciales	
				p3	en blanco	p4	en blanco
2017	29.04	67.72%	37.02	24.47	11%	17.65	27%
2018	32.67	70.45%	40.11	28.60	10%	21.86	25%
2019	39.61	51.61%	40.05	29.05	2%	49.30	8%
2020	34.64	61.70%	45.75	26.92	8%	16.99	13%

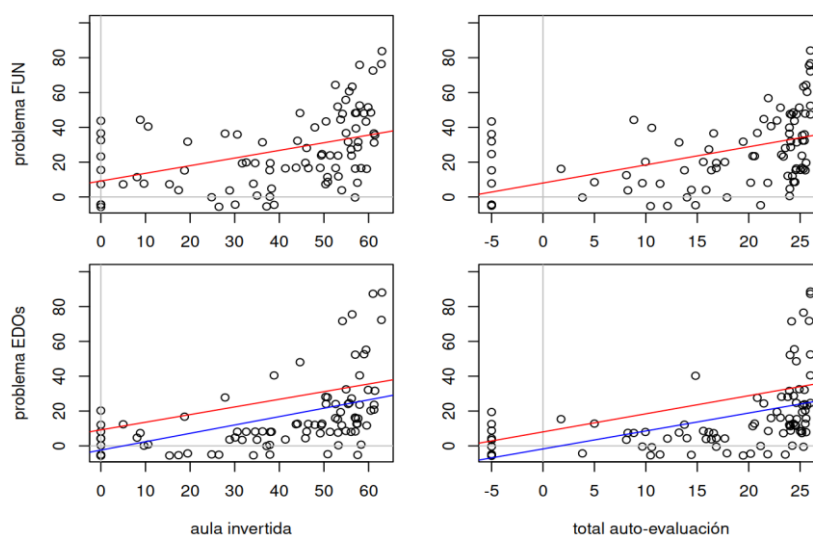


Figura 1. Influencia sobre la puntuación obtenida en las preguntas 3 (fila superior) y 4 (fila inferior) de la docencia mediante aula invertida. En las gráficas de la izquierda para el eje horizontal se han sumado todas las notas obtenidas en las distintas actividades que configuraron el aula invertida; en las de la derecha únicamente las puntuaciones en los cuestionarios, donde el valor -5 indica que el estudiante no realizó ninguno. En el eje vertical se pusieron (sobre 100) las calificaciones en las dos preguntas, asignando un valor de -5 a los ejercicios que fueron dejados en blanco en el examen. Las líneas rojas son regresiones sobre puntuaciones en el problema 3 y las azules sobre el 4.

Satisfacción del alumnado

Se realizaron encuestas a los estudiantes al finalizar el cuatrimestre y antes del examen final para estudiar su nivel de satisfacción con la docencia del tema y los materiales utilizados. En general prefieren la docencia habitual en la que el profesor explica los contenidos. Se les pedía también señalar lo que les había gustado más y menos y que sugirieran mejoras. Las respuestas del primer año permitieron rectificar y mejorar algunas cuestiones:

- *Mejora en los materiales:* Se añadieron algunos vídeos de ejercicios resueltos por el profesor. Se mejoraron y amplió el número de los cuestionarios de autoevaluación. Se mejoraron los apuntes del profesor.

- *Ajustes en la programación*: la primera sesión se adelantó para que tuviera lugar antes de la última clase del tema anterior. Se suprimió un caso práctico que constituía la sesión cuatro que se convirtió en la sesión de evaluación.
- *Diseño de la evaluación* en la guía docente, que no había quedado establecida en la primera implementación.
- *Organización de los equipos de trabajo*: se hicieron estables, manteniéndose invariantes a lo largo de todas las sesiones. Cuando salía un estudiante a realizar una cuestión que se había trabajado por equipos se evaluaba a todos los miembros presentes del equipo.

Tras el segundo año otras vías de mejora se presentan, como puede ser la elaboración propia de más vídeos que pueden sustituir a algunos de los propuestos, o la mejor adecuación de los cuestionarios de autoevaluación.

A la pregunta resumen *En general, ¿cómo valoras la experiencia de haber trabajado el tema de esta manera?* contestaron ‘negativa’ un 32%, mientras que al 23% les pareció indiferente y un 45% lo valoraba de forma positiva.

4. CONCLUSIONES

El uso de docencia invertida parece que ha mejorado algo la motivación del alumnado aumentando su confianza al afrontar un tema considerado difícil. Apreciamos que ha colaborado a romper una cierta ‘cultura del abandono’ y su retroalimentación negativa entre las distintas promociones de estudiantes.

El cambio a este tipo de docencia le resulta costoso al estudiante y hay que contar con cierta oposición por su parte. El aula invertida le supone más responsabilidad y trabajar por su cuenta los contenidos teóricos. Sin embargo las sesiones se hacen más participativas y muchos destacan el trabajo en grupo como una de los aspectos positivos a señalar, junto con el hecho de que se pueden trabajar y discutir ejemplos más aplicados interpretando las consecuencias biológicas de los hechos matemáticos encontrados.

Con todo lo anterior, la mejora en el desempeño final en la materia no está clara, como ya ha sido señalado en distintos trabajos^{1,3,7}. Poner en práctica este tipo de docencia ha requerido por parte del profesorado mucho más esfuerzo previo, si bien hace el trabajo en el aula más gratificante para todos los implicados, tanto estudiantes como instructores.

REFERENCIAS

- [1] Aguilera-Ruiz, C., Manzano-León, A., Martínez-Moreno, I., Lozano-Segura, M.C., Casiano Yanicelli, C., “EL MODELO FLIPPED CLASSROOM”, *International Journal of Developmental and Educational Psychology* 4(1), 261-266 (2017). Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349853537027>
- [2] Bergmann, J., Sams, A., [Flip your classroom: reach every student in every class every day]. Eugene, OR.; Alexandria, VA.: ISTE; ASCD (2012).
- [3] Ferrero, M., “¿Qué dice la investigación sobre el aula invertida?”, *Cuaderno de Cultura Científica*, 5 marzo 2020, <<https://culturacientifica.com/2020/03/05/que-dice-la-investigacion-sobre-el-aula-invertida/>> (5 octubre 2020). <https://culturacientifica.com/2020/03/05/que-dice-la-investigacion-sobre-el-aula-invertida/>
- [4] Flippeando Tajamar – Sesiones de formación para docentes, canal de Youtube <https://www.youtube.com/channel/UCpI7N1Drd4P_vp-XLy6Kp4g> (5 octubre 2020). https://www.youtube.com/channel/UCpI7N1Drd4P_vp-XLy6Kp4g
- [5] Johnston, B.M., “Implementing a flipped classroom approach in a university numerical methods mathematics course”, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(4), 485-498 (2017), DOI: [10.1080/0020739X.2016.1259516](https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1259516).
- [6] Krouss, P., Lesseig, K., “Effects of a Flipped Classroom Model in an Introductory College Mathematics Course”, *PRIMUS*, 30(5), 617-635 (2020) DOI: [10.1080/10511970.2019.1625471](https://doi.org/10.1080/10511970.2019.1625471).
- [7] Lo C.K., Hew, K.F., Chen, G., “Toward a set of design principles for mathematics flipped classrooms: A synthesis of research in mathematics education”, *Educational Research Review* 22, 50-73 (2017), DOI: [10.1016/j.edurev.2017.08.002](https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.002).

