

# Implantación del aula invertida en prácticas de laboratorio de Química Orgánica

M. Rico-Santos\*<sup>a</sup>, P. Santiago-Díaz<sup>a</sup>, E. Rodríguez-Pérez<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Química. Campus de Tafira s/n. 38019. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. España

## RESUMEN

En este trabajo se presenta la aplicación de la metodología aula invertida en la asignatura Química Orgánica, impartida en segundo curso del grado en Ingeniería Química, en la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Para ello, se asignó al estudiante la tarea de preparar las prácticas de laboratorio como trabajo autónomo, poniendo a su disposición los materiales académicos diseñados a medida (un manual de prácticas con los fundamentos teóricos y el procedimiento experimental, y una colección de vídeos explicativos sobre el manejo de las técnicas instrumentales básicas requeridas en cada práctica). Antes de la realización de cada experiencia práctica, el estudiante resolverá un cuestionario que le permitirá conocer su grado de preparación para afrontar la experiencia, y una vez realizada esta en el laboratorio, cumplimentará un informe final. Siguiendo este enfoque, los resultados han sido muy positivos en relación con el aprendizaje de las técnicas de laboratorio y fundamentos teóricos de los experimentos desarrollados, así como con la capacidad de pensamiento crítico que desarrollan los estudiantes. Estos se mostraron muy satisfechos con lo aprendido en las prácticas de laboratorio y con la metodología utilizada.

**Palabras clave:** Aprendizaje, Aula invertida, Evaluación, Innovación. Química Orgánica.

## 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha constatado que el método de enseñanza expositivo es ineficaz para la comprensión y asimilación de los conceptos si no está acompañado de actividades en las que los estudiantes interaccionan y se convierten en protagonistas de su aprendizaje<sup>1</sup>. La presentación de contenidos a través de metodologías interactivas como el aprendizaje basado en problemas, el trabajo colaborativo, los estudios de casos, entre otras, puede fomentar y facilitar el aprendizaje del estudiante<sup>2,3</sup>. En este sentido, desde la implantación del Espacio Europeo de Educación Superior se viene exigiendo un cambio de roles de profesores y estudiantes. Los primeros deben convertirse en orientadores y dinamizadores en lugar de transmisores de conocimiento, y los estudiantes deben ser más activos en la construcción de su propio conocimiento. Sin embargo, han sido limitadas las estrategias y acciones a nivel nacional e institucional para implantar estos cambios, que requieren, en primer lugar, la formación de los profesores en metodologías de enseñanza más flexibles, efectivas y activas<sup>4,5</sup>. La metodología de aula invertida ha sido señalada como uno de los modelos para realizar esa transición<sup>6</sup>. Durante la pandemia de COVID-19, este desafío fue afrontado por muchos docentes, que se vieron obligados a preparar los recursos necesarios para facilitar el aprendizaje activo y autónomo del estudiante, obteniendo muy buenos resultados, entre los que destaca la percepción muy positiva de los estudiantes sobre el aula invertida en relación con el aumento de su autonomía en el aprendizaje (Campillo-Ferrer)<sup>7</sup>.

La asignatura Química Orgánica a menudo se considera una disciplina difícil de enseñar y aprender, principalmente porque los estudiantes prefieren recurrir únicamente a la memorización en lugar de razonar utilizando modelos de reactividad química. La mayoría de los estudiantes reproducen secuencias de etapas que han memorizado cuando resuelven problemas, pero no son capaces de explicar o interpretar cada etapa<sup>8</sup>. A todo esto, hay que sumar la dificultad de un nuevo lenguaje de símbolos químicos y esquemas o mecanismos que pueden suponer una barrera para la comprensión y aprendizaje<sup>9-11</sup>. Por ejemplo, en la Figura 1 se representan isómeros del 1,2- y 1,3-dimetilciclohexano.

\*milagros.ricosantos@ulpgc.es

Aunque las fórmulas están dibujadas en dos dimensiones, el estudiante debe entender su disposición tridimensional, y ser capaz de identificar que las dos moléculas superiores son distintas conformaciones del mismo compuesto, mientras que las dos inferiores son compuestos distintos, y que cada vértice es un átomo de carbono con suficientes hidrógenos para completar sus 4 valencias.

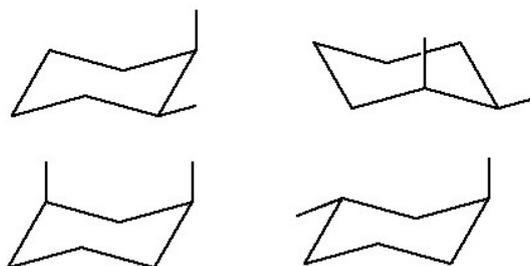


Figura 1. Isómeros del 1,2- y 1,3-dimetilciclohexano

El presente trabajo está basado en la aplicación del aula invertida en el aprendizaje de conceptos básicos de Química Orgánica a través de experiencias de laboratorio. De acuerdo con Arnold-Garza (2014)<sup>12</sup>, el aula invertida es un método de enseñanza en el que se entrega material a los estudiantes (conferencias, comentarios, etc.) a través de medios electrónicos para que los trabajen en casa, y se utiliza el tiempo de clase para aplicar lo aprendido. Solo será provechoso con el debido seguimiento e instrucción del docente. Beyseker y Dawson (2015)<sup>13</sup> han dado una definición más precisa del aula invertida, en la que (1) la mayor transmisión de información se realiza fuera del aula; (2) el tiempo de clase se utiliza para actividades de aprendizaje activas y sociales; (3) requiere que los estudiantes completen actividades/tareas anteriores y posteriores a la clase para beneficiarse plenamente del trabajo en clase. En definitiva, los estudiantes reciben el contenido por adelantado, a través de videos educativos o documentos que preparan en casa, y luego se les pide que realicen en clase actividades de aprendizaje de orden superior con el asesoramiento del docente<sup>14,15</sup>.

Los beneficios del aula invertida son múltiples: i) Los estudiantes están familiarizados con lo que van a aprender; ii) pueden gestionar el tiempo de dedicación a leer los documentos, ver los videos y aprender a su ritmo, sin limitación de tiempo y lugar, en un clima autónomo. Pueden repetir el visionado de videos y la lectura de documentos, por lo que es probable que todos puedan seguir el mismo ritmo, lo que no ocurre en una clase en vivo, en la que se pueden quedar atrás; iii) los estudiantes toman roles activos en su proceso de aprendizaje y reciben retroalimentación de los docentes de inmediato, mejorando su autoconciencia y confianza<sup>14,16</sup>.

En este trabajo se presenta la experiencia de aplicar la metodología “aula invertida” en la asignatura Química Orgánica, impartida en segundo curso del grado en Ingeniería Química, analizando los resultados académicos alcanzados por los estudiantes, así como las consideraciones que han manifestado mediante un cuestionario de satisfacción que utiliza una escala Likert de 5 puntos. El trabajo se estructuró de la siguiente manera:

- Se seleccionaron los experimentos prácticos adecuados;
- Se asignó la preparación previa de esas prácticas de laboratorio como tarea autónoma del estudiante a partir de los materiales académicos confeccionados a medida (un manual de prácticas con los fundamentos teóricos y el procedimiento experimental, y una colección de videos explicativos sobre el manejo de las técnicas instrumentales básicas requeridas en cada práctica).
- Antes de la realización de cada experiencia práctica: (i) el estudiante debía resolver un cuestionario on-line que le permitiría conocer su grado de preparación para afrontar la experiencia; (ii) se produce un debate con el docente para aclarar aspectos no resueltos.
- Una vez realizada la experiencia práctica, el estudiante tendría que realizar un informe final y contestar una encuesta de satisfacción.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Participantes

Los participantes en este estudio (8 mujeres y 4 hombres) son estudiantes de segundo curso de grado en Ingeniería Química (n = 12) impartido en la Escuela de Ingenieras Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria en el curso 2021-2022. Se trata del primer curso presencial después de la pandemia COVID-19, en aulas y laboratorios abiertos y aireados, y manteniendo la distancia social. El número de estudiantes matriculado en la asignatura era muy bajo (15) si lo comparamos con los 37 matriculados en la misma asignatura en el curso anterior. Esto se debió a que muchos estudiantes de los 83 de nuevo ingreso en primer curso (2020-2021), abandonaron el título por las especiales circunstancias de no presencialidad. Además, de acuerdo con la normativa de la universidad, los estudiantes que han realizado las prácticas de laboratorio el primer curso que se matriculan en una asignatura están exentos de repetirlas en los dos cursos posteriores (3 estudiantes), por ello, solo 12 estudiantes matriculados participaron en el proyecto.

### 2.2 Materiales y procedimiento

Este trabajo se basa en el análisis de los resultados académicos obtenidos por los estudiantes, así como en el análisis de sus percepciones sobre distintos aspectos de las prácticas realizadas. El curso práctico se dividió en tres partes con dos tareas de evaluación diferentes: una parte de trabajo previo del estudiante no presencial que incluye un cuestionario on-line de evaluación, una segunda parte presencial de realización del experimento, y una tercera parte no presencial que consistió en la realización de un informe de prácticas con un cuestionario.

La primera parte consistía en el estudio y preparación de los conceptos y fundamentos teóricos de las experiencias prácticas que desarrollarían posteriormente en el laboratorio. La estructura pedagógica para esta parte comprendía la lectura independiente de los manuales de prácticas que describen el fundamento teórico en el que se basa la experiencia, las etapas del procedimiento, así como el instrumental, los reactivos necesarios y sus fichas técnicas de seguridad con las precauciones a tener en cuenta. Las prácticas de laboratorio son: Práctica 1. Separación de sustancias en función de la constante de acidez; Práctica 2. Extracción de la cafeína (uso del soxhlet); Práctica 3. Síntesis e identificación de la propanona (oxidación de alcohol a cetona y purificación por destilación); Práctica 4. Síntesis de la AAS y obtención de jabón (reacciones de esterificación y saponificación); Práctica 5. Preparación de polímeros. Todos los documentos se pusieron a disposición de los estudiantes a través de la plataforma Moodle, en el espacio virtual de la asignatura. Se habilitó un foro de consultas para la supervisión. Además, los estudiantes tenían la posibilidad de realizar consultas a través del correo electrónico.

Para aprender el correcto funcionamiento del instrumental necesario en cada experiencia, se incluyó una serie de vídeos en los que se exponían las operaciones básicas de laboratorio y cómo usar ese instrumental: i) cómo fabricar un filtro; ii) cómo filtrar con un embudo Buchner; iii) uso del rotavapor; iv) extracción con un equipo soxhlet; v) cómo realizar una cromatografía en capa fina; vi) destilación y montaje del equipo de destilación; vii) video sobre fabricación del nylon.

Además, tanto las clases de teoría grabadas, como las colecciones de problemas resueltos, eran colocadas en el espacio virtual de la asignatura. En esos vídeos se explican los fundamentos teóricos de las reacciones utilizadas en las sesiones de prácticas.

Se diseñó un cuestionario previo que el estudiante debía contestar de manera on-line a través de la plataforma Moodle durante los días previos a la sesión de laboratorio, y tras la lectura de los manuales y visionado de los vídeos correspondientes. Estos cuestionarios formaban parte de la evaluación del estudiante.

La segunda parte del trabajo comprende la sesión de prácticas presencial, que comienza con un debate sobre lo que se va a hacer, con la participación activa de los estudiantes, que comparten con los otros lo aprendido y manifiestan sus dudas. En este momento se produce la retroalimentación formativa del docente, que ha analizado los cuestionarios resueltos por el estudiantado antes de la realización del experimento práctico, conoce sus debilidades y resuelve sus dudas. Posteriormente, cada estudiante realiza la experiencia práctica de manera individual, siguiendo la guía y siendo responsable del material, del equipamiento que utiliza y de los resultados de su experiencia.

Una vez finalizada la práctica, el estudiante debe realizar un informe con un cuestionario sobre la experiencia de laboratorio realizada, su fundamento teórico y los resultados obtenidos. Dispone de un plazo de tiempo amplio, ya que se

entrega al final del semestre, lo realiza en su tiempo de trabajo autónomo en casa, y forma parte de la evaluación de la asignatura.

Además, los estudiantes cumplimentan una encuesta de satisfacción en una escala Likert de 5 puntos, con las siguientes valoraciones (muy satisfecho (5); satisfecho (4); neutro (3); insatisfecho (2) y muy insatisfecho (1)). Incluye las siguientes preguntas:

- ¿Estás satisfecho/a con las prácticas de laboratorio de la asignatura Química Orgánica?
- ¿Estás satisfecho/a con la metodología utilizada para comprender las prácticas de laboratorio de la asignatura Química Orgánica?
- ¿Leías los guiones de prácticas? Marcar las opciones que se ajusten a tu experiencia y añade la última.
  - o Los leía en casa, antes de ir a la sesión correspondiente, para entenderlas totalmente.
  - o Solo los leía durante la realización de las prácticas y me quedaban aspectos por entender.
  - o Solo las leía durante la realización de las prácticas y seguía el guion como si fuera una receta de cocina.
  - o Entendía el proceso de mezcla, pero no me paraba a entender los fundamentos químicos.
  - o .....
- ¿Qué método o herramienta hubieras necesitado para entender las prácticas de laboratorio?
- ¿Cómo valoras los vídeos de apoyo a las prácticas?

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados académicos obtenidos en el curso 2021-2022 se recogen en la Tabla 1. Como se puede comprobar, de los doce estudiantes que realizaron las prácticas, aprobaron 10 con buenas calificaciones. Ningún estudiante aprobó las prácticas de laboratorio con una calificación inferior al 6 (sobre 10 puntos).

Tabla 1. Porcentaje de estudiantes que aprueban las prácticas de laboratorio con diferentes calificaciones

Curso	Estudiantes matriculados	Estudiantes en prácticas	Estudiantes aprobados	Estudiantes con calificaciones (%)			
				$\geq 8$	$8 > x \geq 7$	$7 > x \geq 6$	$6 > x \geq 5$
2021-2022	15	12	10	60	30	10	0

Dos estudiantes suspendieron las prácticas: uno incorporado a través del programa “Erasmus” no dominaba el idioma, por lo que no era capaz de seguir las clases ni realizar los cuestionarios. Tampoco respondió el cuestionario de satisfacción. El otro estudiante suspendido realizó los cuestionarios previos, superando 3 de los 6 cuestionarios, y no realizó los informes finales. Este estudiante declaró en la encuesta final que *“solo leía los guiones de prácticas durante la realización de las prácticas y seguía el guion como una receta de cocina”*; *“En algunas prácticas los he utilizado como una receta de cocina, pero en otras he comprendido cómo hacerlo”*. Sin embargo, se mostró satisfecho con las prácticas de laboratorio de la asignatura, con una valoración de 4 sobre 5, y con la metodología utilizada para comprenderlas con la misma valoración. Además, dio las siguientes respuestas a las preguntas *¿Qué método o herramienta hubieras necesitado para entender las prácticas de laboratorio?* *“Ninguno, todo el material que hemos usado para las prácticas han sido los justos y necesarios”* y *¿Te han servido los cuestionarios sobre las prácticas?* *Sí me han servido para orientarme.*

De los 10 estudiantes aprobados, solo 9 respondieron la encuesta de satisfacción. Todos manifestaron que leían los guiones de prácticas en casa, antes de ir a la sesión correspondiente, dando una puntuación de 5 (muy satisfechos) a las prácticas de laboratorio de la asignatura Química Orgánica; en relación con la metodología utilizada para comprender las

prácticas, 6 indicaron estar muy satisfechos (5), y tres valoraron este ítem con un 4 (satisfechos). Entre estos estudiantes, 5 indicaron que no se requieren herramientas adicionales, y los 4 restantes indicaron que se requieren “más vídeos de todas las prácticas”, “más vídeos con la explicación de cada paso”. Todos los estudiantes estuvieron totalmente de acuerdo en valorar positivamente los vídeos y los cuestionarios previos, respondiendo a las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo valoras los vídeos de apoyo a las prácticas?
  - ”son de gran importancia”;
  - “muy positivamente a la hora de visualizar algunos procedimientos que no quedan claros en los guiones de prácticas”;
  - “ayudan a entender cómo se tienen que hacer”;
  - “han sido muy didácticos, claros y muy recomendables”;
  - “están bien explicados”;
  - “útil en todas las ocasiones ya que me resolvían las dudas que tenía”
  - “favorece el hecho de que se vea visualmente algunos aspectos de la misma”;
  - ”muy bien, son una manera de entender mejor los procedimientos”.
  - “los valoro mucho, y bastante bien”
- ¿Te han servido los cuestionarios de prácticas? Los estudiantes contestan que sí, y en algunos casos completan la respuesta indicando lo siguiente:
  - “han sido fundamentales ya que obligan al estudiante a, como mínimo, leerse el guion. Con ello, se puede favorecer el conocimiento adquirido para las prácticas”;
  - “fueron un punto clave para profundizar aún más los contenidos de la práctica”;
  - “sirven para destacar los aspectos más importantes de la práctica”;
  - “ya que de esta manera asistía a la práctica con conocimientos sobre la realización de la práctica”;
  - “porque nos permite entender y comprender la práctica a realizar”;
  - “más o menos”

En general, durante el transcurso de las sesiones de prácticas, se pudo observar que los estudiantes eran menos dependientes de lo que han sido tradicionalmente durante esas sesiones de laboratorio. No requieren la atención que exigían mediante el método de enseñanza tradicional, que consistía en explicar la práctica mediante el método expositivo momentos antes de su realización, así como el funcionamiento del instrumental. Con el método tradicional, los estudiantes mostraban menos confianza en sí mismos, necesitando la aprobación del docente en cada etapa del experimento para estar seguros de que la estaban desarrollando correctamente, y realizando cuestiones sobre el funcionamiento del instrumental constantemente. Esto motivaba que, en algunos casos, se demoraran y no fueran capaces de finalizar la experiencia en el tiempo previsto. Con el método de aula invertida, los estudiantes manifiestan una mayor autonomía y seguridad en su trabajo. El visionado previo de los vídeos les permite saber, por ejemplo, cómo deben recortar los filtros, montar los equipos, utilizar los embudos de decantación, etc. El uso del aula invertida mostró un aumento de la motivación, confianza y del aprendizaje.

En resumen, y de acuerdo con Fautch (2015)<sup>3</sup>, el aula invertida parece la metodología adecuada para la enseñanza de la química experimental en grupos de estudiantes pequeños, teniendo en cuenta su rendimiento (medido por sus calificaciones) y su actitud positiva hacia la clase invertida.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a los estudiantes de segundo curso del grado en Ingeniería Química (curso 2021-2022) su implicación y participación en todas las actividades del curso.

## REFERENCIAS

- [1] Halloun, I. A., (1985), The initial knowledge state of college physics students, *Am. J. Phys.*, 53, 1043–1048, DOI: 10.1119/1.14030.
- [2] Lasry, N., Mazur, E. and Watkins, J., (2008), Peer instruction: From Harvard to the two-year college, *Am. J. Phys.*, 76, 1066–1069, DOI: 10.1119/1.2978182
- [3] Fautch, J. M. The flipped classroom for teaching organic chemistry in small classes: is it effective? *Chem. Educ. Res. Pract.* 16, 179-186 (2015). <https://doi.org/10.1039/C4RP00230J>
- [4] Hicks R. W. and Bevsek H. M. Utilizing Problem-Based Learning in Qualitative Analysis Lab Experiments. *J. Chem. Educ.* 89, 254–257 (2012). <https://doi.org/10.1021/ed1001202>
- [5] Houseknecht J. B., Leontyev A., V. Maloney and C. Welder. Introduction to Active Learning in Organic Chemistry and Essential Terms. ACS Symposium Series Vol. 1336, Capítulo 1, 1-17 (2019) doi: 10.1021/bk-2019-1336.ch001.
- [6] Nouri J. The flipped classroom: for active, effective and increased learning – especially for low achievers. *Int. J. Educ. Technol. High Educ.* 13, 33 (2016). <https://doi.org/10.1186/s41239-016-0032-z>
- [7] Campillo-Ferrer, J.M. and Miralles-Martínez, P. Effectiveness of the flipped classroom model on students' self-reported motivation and learning during the COVID-19 pandemic. *Humanit. Soc. Sci. Commun.* 8, 176 (2021). <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00860-4>
- [8] Bhattacharyya, G. and Bodner, G. M. “It Gets Me to the Product”: How Students Propose Organic Mechanisms. *J. Chem. Educ.* 82, 1402-1407 (2005). <https://doi.org/10.1021/ed082p1402>
- [9] Anderson, T. L. and Bodner, G. M. What can we do about ‘Parker’? A case study of a good student who didn't ‘get’ organic chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.* 9, 93–101 (2008). <https://doi.org/10.1039/B806223B>
- [10] Lafarge, D. L., Morge, L. M. and Meheut M. M. A New Higher Education Curriculum in Organic Chemistry: What Questions Should Be Asked? *J. Chem. Educ.* 91, 173-178 (2014). <https://doi.org/10.1021/ed300746e>
- [11] Talanquer V. Importance of Understanding Fundamental Chemical Mechanisms *J. Chem. Educ.* 2018, 95, 11, 1905–1911 (2018). <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00508>
- [12] Arnold-Garza, S. The Flipped Classroom Teaching Model and Its Use for Information Literacy Instruction. *Communications in Information Literacy*, 8, 7-22 (2014). <https://doi.org/10.15760/comminfolit.2014.8.1.161>
- [13] Abeysekera, L. and Dawson, P.. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. *Higher Educ. Res. Dev.* 34, 1–14 (2015). doi:10.1080/07294360.2014.934336
- [14] Smith, J. D. Student attitudes toward flipping the general chemistry classroom. *Chem. Educ. Res. Pract.* 14, 607–614 (2013). <https://doi.org/10.1039/C3RP00083D>
- [15] Cormier, C. and Voisard, B. Flipped Classroom in Organic Chemistry Has Significant Effect on Students' Grades. *Front. ICT* 4, 30 (2018). <https://doi.org/10.3389/fict.2017.00030>
- [16] Birundha, S. (2020) “Effectiveness of Flipped Classroom in Teaching Organic Chemistry at Standard XI.” *Shanlax International Journal of Education*, vol. 9, no. 1, 2020, pp. 198-204. <https://doi.org/10.34293/education.v9i1.3567>